

MONITORAGGIO

DI SOSTANZE POTENZIALMENTE ODORIGENE

COMUNE DI SAN MARTINO DI LUPARI (PADOVA)

Via Monte Cristallo



20/11/2025 – 08/01/2026



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

P. Baldan, D. Dallan, A. De Bortoli, F. Manente, C. Piranese

Unità Organizzativa Qualità dell'Aria

A. Merlo, R. Millini, C. Zemello

Hanno collaborato

Dipartimento Provinciale di Padova

Unità Organizzativa Supporto ai Controlli Ambientali

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.

10 giugno 2026

CAPITOLI

1	DESCRIZIONE DEL MONITORAGGIO	4
1.1	INTRODUZIONE E OBIETTIVI SPECIFICI	4
1.2	CARATTERIZZAZIONE DEL SITO E TEMPISTICHE DI REALIZZAZIONE.....	4
1.3	INQUINANTI MONITORATI.....	5
1.3.1	<i>Riferimenti normativi</i>	<i>6</i>
1.4	INFORMAZIONI SULLA STRUMENTAZIONE E SULLE ANALISI	7
2	CARATTERIZZAZIONE CHIMICA DELLE SOSTANZE.....	8
2.1	SOSTANZE DETERMINATE CON FREQUENZA ORARIA.....	8
2.2	INQUINANTE DETERMINATO CON FREQUENZA GIORNALIERA	14
2.3	SOSTANZE DETERMINATE CON FREQUENZA SETTIMANALE	14
3	STIMA DEL DISAGIO OLFATTIVO	17
3.1	METODOLOGIA ADOTTATA	17
3.1.1	<i>Assunzioni</i>	<i>17</i>
3.1.2	<i>Metodologia.....</i>	<i>18</i>
3.1.3	<i>Scelta dei valori di soglia olfattiva</i>	<i>18</i>
3.1.4	<i>Rapporto tra la concentrazione di picco e quella media o mediana</i>	<i>19</i>
3.1.4.1	Acido solfidrico o ammoniaca come traccianti	19
3.1.4.2	PMR a partire dalla legge di Smith.....	20
3.1.5	<i>Concentrazione di picco per ogni sostanza a partire dal PMR</i>	<i>21</i>
3.1.6	<i>Stima dell'intensità di odore, legge di Weber-Fechner</i>	<i>21</i>
3.1.7	<i>Classificazione dell'intensità di odore</i>	<i>22</i>
3.2	STIMA DEL DISAGIO OLFATTIVO.....	22
3.2.1	<i>Classi di stabilità atmosferica</i>	<i>22</i>
3.2.2	<i>Superamenti della soglia olfattiva</i>	<i>22</i>
3.2.3	<i>Stima dell'intensità di odore</i>	<i>23</i>
3.2.3.1	Sostanze potenzialmente odorigene	23
3.2.3.2	Concentrazione di picco <i>versus</i> concentrazione media e mediana	24
3.2.3.3	Stima dell'Intensità di odore oraria, metodo SOAV	26
4	CONCLUSIONI	28
	ALLEGATO 1 – DESCRIZIONE DELL'ODORE DELLE VARIE SOSTANZE.....	30

1 Descrizione del monitoraggio

1.1 Introduzione e obiettivi specifici

A seguito di segnalazioni di privati cittadini circa la presenza di odori riconducibili a “solventi” o “vernici”, in un’area del territorio comunale posta al confine orientale della Zona Industriale di San Martino di Lupari, il Comune ha inviato al Dipartimento ARPAV Provinciale di Padova (prot. ARPAV n. 91515 del 09/10/2024), la richiesta di monitoraggio *per il rilevamento della qualità dell’aria*.

In conseguenza di ciò, l’Unità Organizzativa Monitoraggi Aria e Acqua ha eseguito una campagna di monitoraggio delle sostanze odorigene, dal 20 novembre 2025 all’8 gennaio 2026.

L’indagine si è svolta impiegando un laboratorio mobile allestito con strumentazione specifica per il monitoraggio di sostanze odorigene (di seguito indicato come mezzo mobile odori o, più brevemente, MMO) e dei campionatori passivi. Tramite il MMO si sono misurate le concentrazioni in aria di alcuni inquinanti atmosferici di interesse, e cioè l’acido solfidrico (H_2S), l’ammoniaca (NH_3), il benzene (C_6H_6) ed il PM10. A tali inquinanti se ne sono aggiunti numerosi altri non normati e potenzialmente odorigeni, misurati tramite un gascromatografo installato sul MMO e dei campionatori passivi installati in 4 siti specifici nel territorio circostante il sito di monitoraggio.

Nel presente lavoro sono riportati i risultati delle elaborazioni dei dati misurati.

L’analisi dei dati si articola nelle successive fasi:

- caratterizzazione chimica delle sostanze misurate;
- stima dei superamenti delle soglie olfattive per tutte le sostanze potenzialmente odorigene;
- stima dell’intensità di odore della miscela di sostanze odorigene misurate.

1.2 Caratterizzazione del sito e tempistiche di realizzazione

La campagna di monitoraggio si è svolta dal 20/11/2025 all’08/01/2026 con il mezzo mobile odori posizionato in via Monte Cristallo, adiacente alla zona industriale di San Martino di Lupari.

Per tutta la durata della campagna, sono stati allestiti 4 siti dotati di campionatori passivi e posizionati uno presso il MMO stesso e altri 3 in un intorno della zona industriale. I dati misurati dal MMO coprono il periodo fino al 5 gennaio 2026 mentre il monitoraggio con campionatori passivi ha coperto il periodo fino all’8 gennaio 2026.

L’area sottoposta a monitoraggio è di tipologia industriale suburbana, classificata, in base alla zonizzazione del Veneto (DGRV 1855/2020), come “Pianura” (IT0522).

Nella Figura 1 si riportano i siti di posizionamento del mezzo mobile e dei campionatori passivi. Come anticipato, al punto 1 corrisponde sia il posizionamento del MMO che di un campionatore passivo.

Con l’obiettivo di proporre un confronto con una realtà monitorata in continuo, nel documento, limitatamente al parametro PM10, si fornisce l’indicazione dei valori medi registrati nel medesimo periodo presso la stazione fissa di monitoraggio della qualità dell’aria di Alta Padovana (PD), presa come riferimento.



Figura 1: Siti di monitoraggio: MMO e R1 (LAT: 45.66058466867689, LON: 11.881935092463987, via Monte Cristallo), R2 (LAT: 45.657000288414785, LON 11.884724589915454, via Casoni), R3 (LAT: 45.657480218741526, LON: 11.875798198070765, via Emanuele II), R4 (LAT: 45.66517354025119, LON: 11.885818931223335, via Soranzetta)

1.3 Inquinanti monitorati

Il MMO è dotato di analizzatori in continuo atti al campionamento e alla misura di alcuni inquinanti individuati dalla normativa vigente inerente l'inquinamento atmosferico e soprattutto di un gruppo di sostanze individuate come potenzialmente odorigene.

Nello specifico, il MMO misura le concentrazioni di acido solfidrico (H_2S , gas inorganico), ammoniaca (NH_3 , gas inorganico), PM_{10} e, tramite gascromatografo, quelle degli inquinanti riportati nella Tabella 1.

In parallelo agli strumenti in dotazione al MMO, tramite campionatori passivi sono state misurate le concentrazioni medie settimanali di: alcuni idrocarburi aromatici (1,2,4 trimetilbenzene, benzene, etilbenzene, o-xilene, m+p xilene, toluene), due chetoni (metiletilchetone (MEK), acetone), due esteri (acetato di butile e etilacetato) e un idrocarburo alifatico (n-pentano).

categoria	nome completo	abbreviazione
aldeidi	acroleina (acrilaldeide)	acroleina
	butanale (butirraldeide)	butanale
ammine	metilammina + etilammina	CH ₅ N+C ₂ H ₇ N
chetoni	acetone	acetone
	diisobutilchetone	DIBK
	metiletilchetone	MEK
	metilisobutilchetone	MIBK
esteri	n-butil acetato	acetato di butile
	etile acetato	etilacetato
	etil propionato	PropET
eteri	1,4 diossano	diossano
	tetraidrofurano	THF
idrocarburi aromatici	benzene	benzene
	etilbenzene	ethylbenzene
	m-Xilene	M-Xilene
	o-Xilene	O-Xilene
	p-Xilene	P-Xilene
	stirene	stirene
	toluene	toluene
nitrili	acrilonitrile	acril-CN

Tabella 1: sostanze misurate tramite gascromatografo (GC)

1.3.1 Riferimenti normativi

Solo per PM₁₀ e benzene sono in vigore dei limiti individuati dal D. Lgs. 155/2010 (Tabella 2).

Inquinante	Tipologia	Valore
PM ₁₀	Limite di 24 h da non superare più di 35 volte per anno civile	50 µg/m ³
PM ₁₀	Valore limite annuale	40 µg/m ³
benzene	Valore limite annuale	5.0 µg/m ³

Tabella 2: Limiti D.Lgs. 155/2010

Per le concentrazioni di tutte le altre sostanze misurate non vi è un limite di qualità nell'aria ambiente stabilito dalla normativa, ma per alcune esistono delle indicazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS-WHO) per la protezione della salute umana ⁽¹⁾:

- acido solfidrico: due soglie, una di 150 µg/m³ per il valore medio giornaliero e una di 7 µg/m³ per le concentrazioni su 30 minuti;
- ammoniaca: (per la protezione della vegetazione) 270 µg/m³ per il valore medio giornaliero;
- stirene e toluene: 260 µg/m³ su base settimanale.

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

In riferimento inoltre alla tematica odorigena, allo stato attuale non sono disponibili norme europee o nazionali che disciplinino la materia delle molestie olfattive e poche sono le norme regionali, per lo più focalizzate sulla definizione di limiti da imporre alle emissioni odorigene prodotte dalle diverse attività antropiche. L'unico riferimento è il Decreto direttoriale del MASE n.309 del 2023, che ha attuato l'articolo n. 272-bis del D. Lgs. n. 152/2006.

L'assenza di un quadro normativo attuale, con riferimenti specifici, adeguati alla complessità della problematica dell'impatto olfattivo, complica in generale l'oggettività delle valutazioni, sia per la presenza in aria di miscele di più sostanze, sia per la sensibilità nella percezione degli odori, spesso superiore nell'uomo rispetto ai limiti di rivelabilità strumentali.

1.4 Informazioni sulla strumentazione e sulle analisi

Gli analizzatori in continuo per la determinazione degli inquinanti, allestiti a bordo della stazione mobile, effettuano l'acquisizione, la misura e la registrazione dei risultati in modo automatico.

La scala di acquisizione temporale dei dati automatici è:

- oraria e sub-oraria per l'analizzatore di ammoniaca (ThermoScientific 17i) e per quello di acido solfidrico (API Teledyne modello T101);
- oraria per il gascromatografo (GC-FID marca AMA modello 5000);
- giornaliera per l'analizzatore di PM10 (FAI-SWAM monocanale).

Le polveri PM10 sono raccolte su filtri in quarzo da 47 mm di diametro e misurate in automatico dallo strumento (tramite assorbimento β).

In merito agli specifici campionatori passivi di tipo [®]Radiello utilizzati per la misura di alcuni SOV (sostanze organiche volatili), le concentrazioni degli inquinanti sono determinate, successivamente al campionamento, in laboratorio tramite desorbimento chimico con metodo UNI EN14462-4:2005.

Con riferimento ai risultati riportati si precisa che eventuali dati di concentrazione inferiori ai limiti di quantificazione 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 è scelto pertanto di attribuire tale valore ai dati inferiori al limite di quantificazione, differente a seconda dello strumento impiegato e della metodologia adottata. Ai fini delle elaborazioni e per la valutazione della conformità al valore limite si utilizzano le regole di accettazione e rifiuto semplici, che considerano le singole misure prive di incertezza e il valore medio come numero esatto (Valutazione della conformità in presenza dell'incertezza di misura, R.Mufato e G.Sartori, Bollettino degli esperti ambientali. Incertezza delle misure e certezza del diritto/anno 62, 2011 2-3).

2 Caratterizzazione chimica delle sostanze

2.1 Sostanze determinate con frequenza oraria

Tramite gli analizzatori automatici e il gascromatografo allestiti a bordo del mezzo mobile odori sono stati monitorati, con frequenza oraria, diversi composti (acido solfidrico, eteri, aldeidi, ammoniaca, ammine chetoni, esteri, idrocarburi aromatici e acrilonitrile). Nella tabella successiva si riportano per ciascuna sostanza i valori medio e massimo su tutto l'intervallo temporale di monitoraggio, e cioè dal 20 novembre 2025 al 5 gennaio 2026.

sostanza	concentrazione media $\mu\text{g}/\text{m}^3$	concentrazione massima $\mu\text{g}/\text{m}^3$
1,4 diossano	2.7	48.9
n-butil acetato	2.3	40.6
acetone	4.2	34.2
acido solfidrico	<3.0	18.0
acrilonitrile	0.6	20.9
acroleina (acrilaldeide)	0.7	2.9
ammoniaca	9.9	38.0
benzene	3.1	6.8
butanale (butirraldeide)	<0.5	6.8
diisobutilchetone	0.7	26.1
etilacetato	3.0	29.2
etilbenzene	1.3	57.7
etilpropionato	<0.5	1.2
m-Xilene	2.7	111.4
metilammina + etilammina	<0.5	6.5
metiletilchetone	1.7	9.5
metilisobutilchetone	0.6	3.5
o-Xilene	0.9	12.9
p-Xilene	1.3	50.2
stirene	1.1	4.4
tetraidrofurano	1.0	5.5
toluene	5.4	32.0

Tabella 3: valori statistici delle sostanze misurate a scala oraria

Nelle Figure 2 e 3 si riporta l'andamento delle sostanze misurate con frequenza oraria, divisi per famiglia di appartenenza.

In Figura 4 si riportano le principali statistiche delle varie sostanze mediante la rappresentazione a "box-plot" (o diagramma a scatola e baffi).⁽²⁾

² La rappresentazione a "box-plot" fornisce graficamente varie informazioni: gli estremi inferiore e superiore della scatola rappresentano, rispettivamente, il 25° e il 75° percentile della distribuzione delle concentrazioni; la linea orizzontale all'interno della scatola rappresenta la mediana dei valori, mentre i baffi (i segmenti verticali esterni alla scatola) rappresentano la variazione dei dati; i puntini all'esterno del diagramma descrivono i valori anomali (outliers).

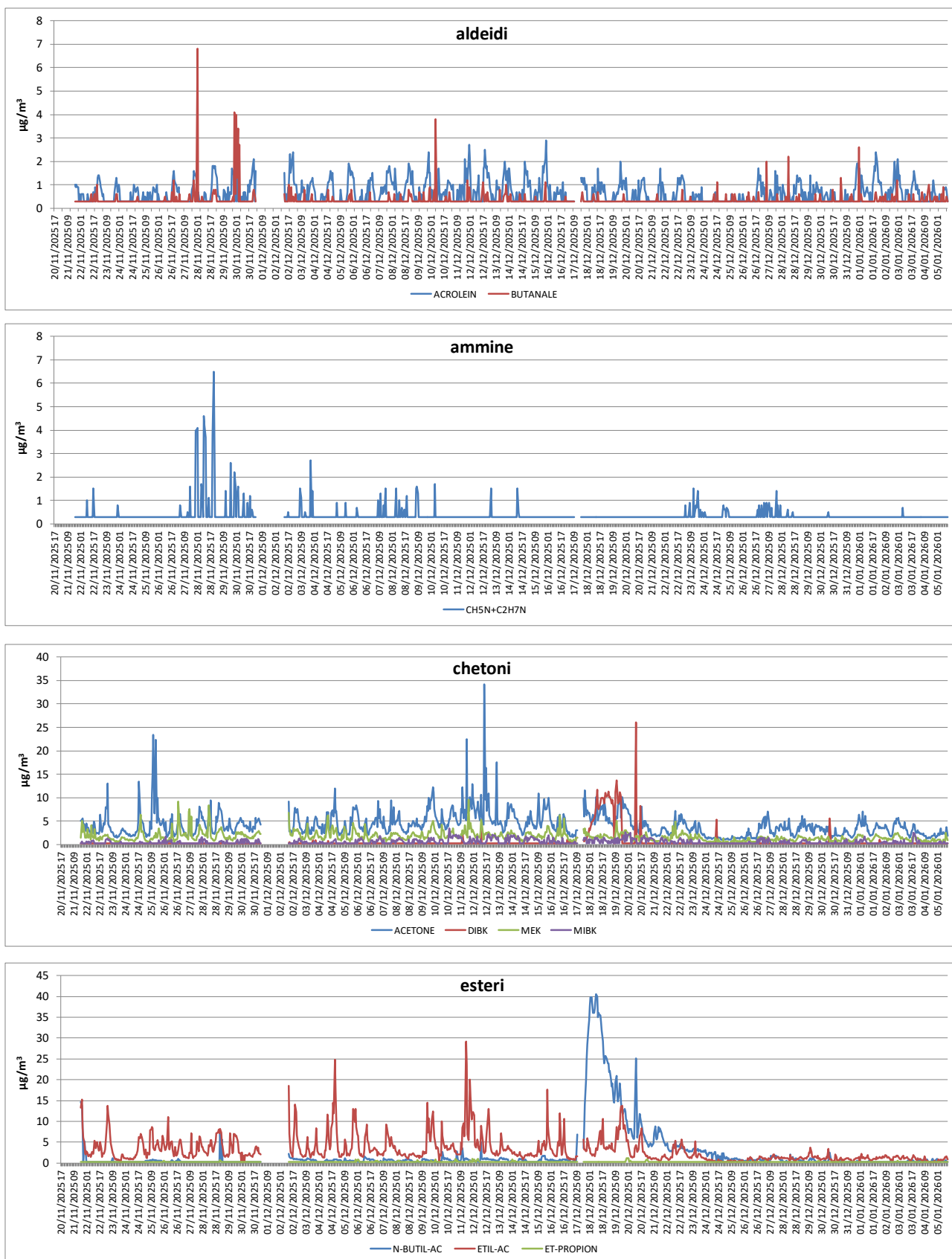


Figura 2: concentrazioni orarie di aldeidi, ammine, chetoni e esteri

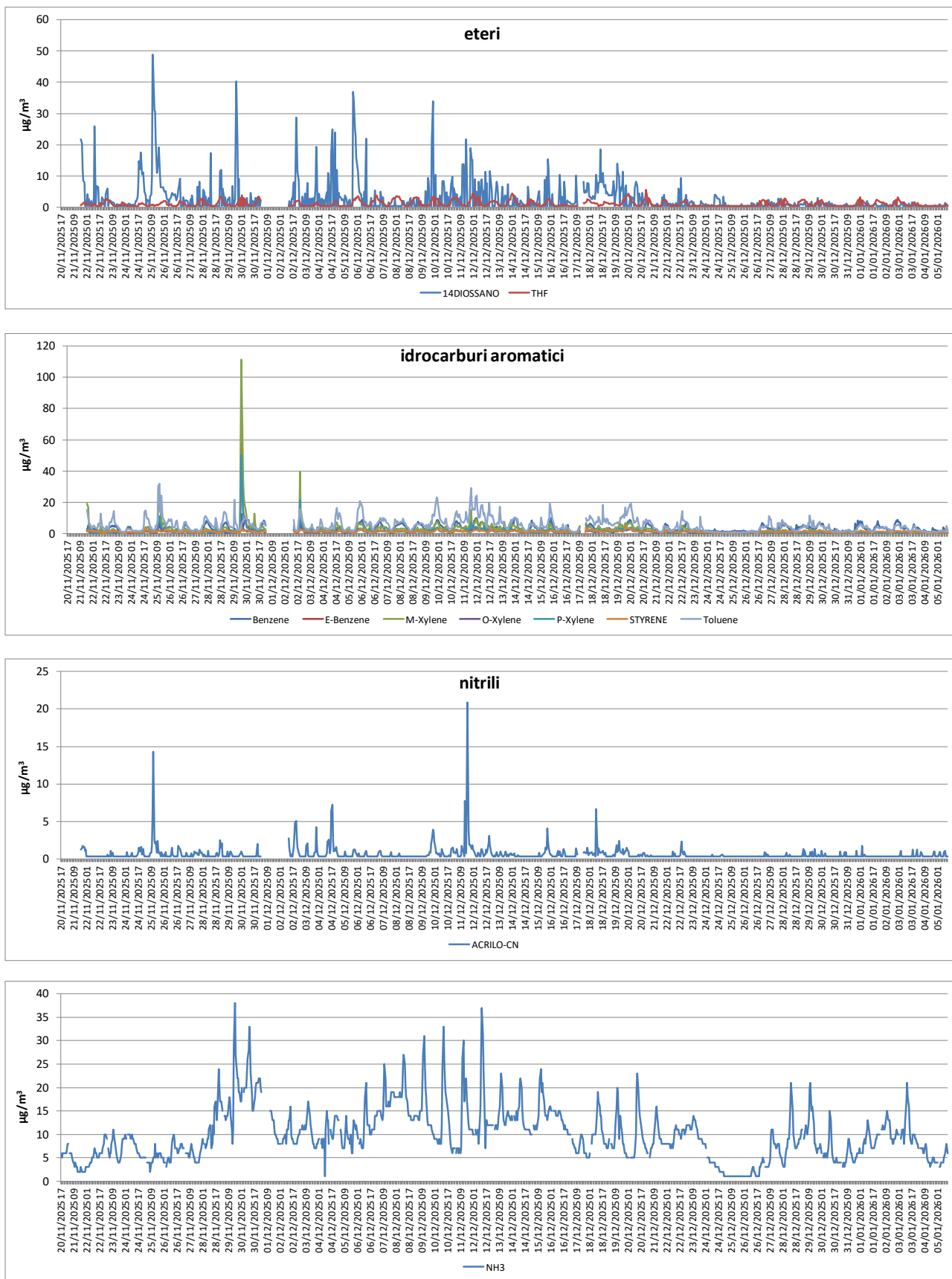


Figura 3: concentrazioni orarie di eteri, idrocarburi aromatici, nitrili e ammoniaca

concentrazioni delle sostanze con frequenza oraria, San Martino di Lupari, inverno 2025/2026

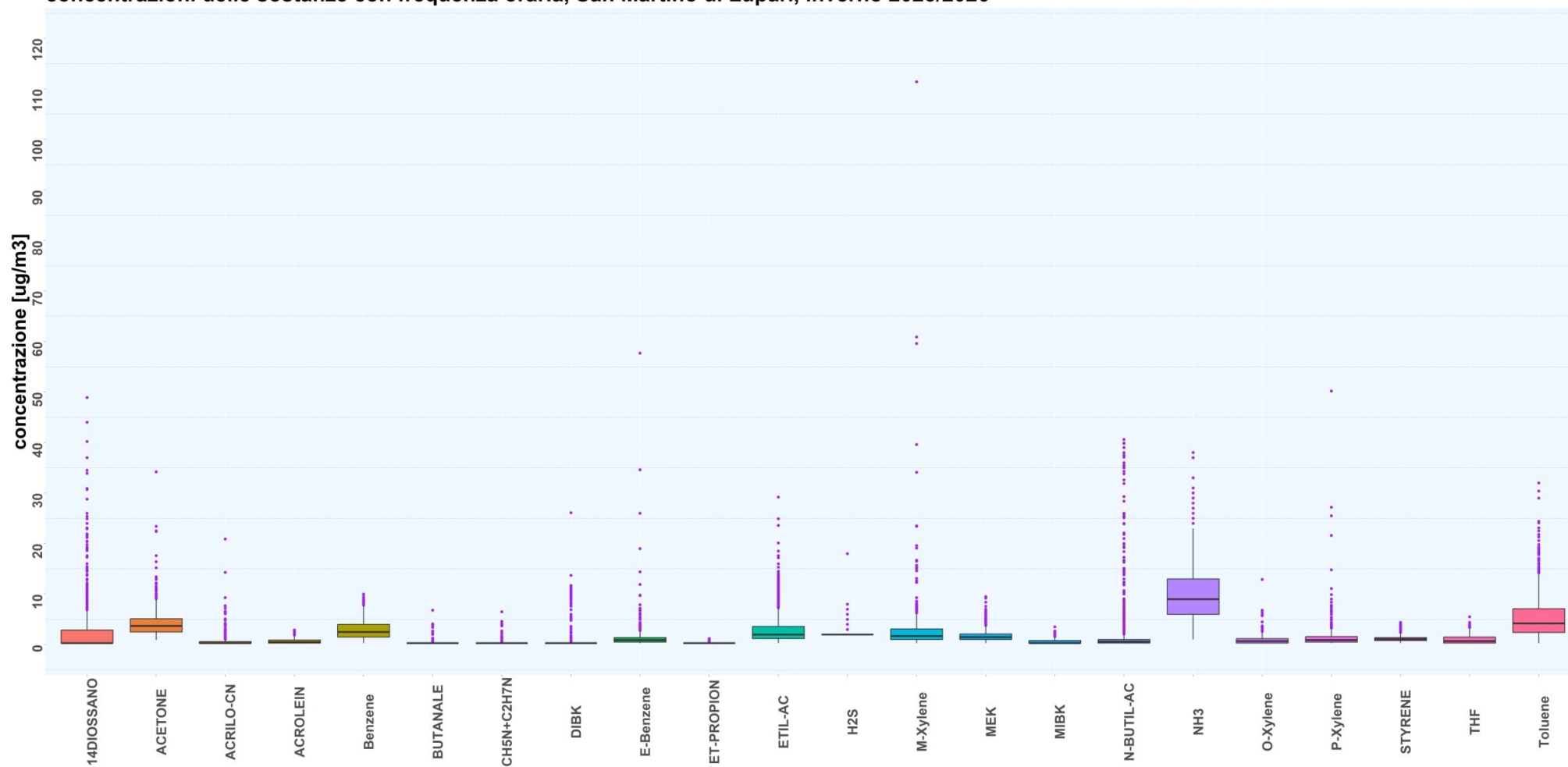


Figura 4: box plot delle concentrazioni delle sostanze misurate con frequenza oraria

I dati in Tabella 3 e i grafici nelle tre figure precedenti evidenziano alcune sostanze con maggior variabilità e concentrazioni massime più elevate: butanale, metilammina + etilammina, acetone, diisobutilchetone, n-butil acetato, etilacetato, 1-4 diossano, toluene, xileni (m,p), acrilonitrile e ammoniaca.

Tenendo in considerazione la localizzazione del laboratorio mobile, situato a ridosso della zona industriale, si evidenzia che la maggior parte delle sostanze elencate sopra presenta un odore che ricorda i solventi; in particolare, alcuni idrocarburi aromatici sono spesso impiegati come diluenti e solventi: i più comuni sono il toluene (utilizzato come diluente per vernici, resine e inchiostri) e gli xileni (impiegati frequentemente in vernici industriali e diluenti).

In mancanza di un limite normativo in aria ambiente per quasi tutte le sostanze monitorate con frequenza oraria ⁽³⁾, per alcune di esse si può fare riferimento alle raccomandazioni dell'OMS, che prevedono:

- per l'ammoniaca, una soglia per la protezione della vegetazione pari a 270 µg/m³ come media di 24 ore;
- per acido solfidrico, una soglia per la protezione della salute umana pari a 150 µg/m³ come media di 24 ore e una soglia di 7 µg/m³ per le concentrazioni su 30 minuti;
- per toluene e stirene una soglia per la protezione della salute umana pari a 260 µg/m³ come media settimanale.

Per quanto riguarda l'ammoniaca, le concentrazioni medie giornaliere non hanno presentato superamenti, attestandosi su valori significativamente inferiori (pari al massimo a 37 µg/m³).

In riferimento alla prima soglia dell'acido solfidrico, le concentrazioni medie giornaliere non hanno presentato superamenti, attestandosi su valori significativamente inferiori (intorno ai 2 µg/m³). Per quanto riguarda la soglia sui 30 minuti, dai calcoli effettuati sui valori sub-orari (a frequenza di acquisizione di 15 secondi), si evidenziano 4 superamenti (due il 22 novembre, uno il 1° dicembre e uno il 5 dicembre), con concentrazioni comprese tra 7.4 e 14.6 µg/m³.

Infine, le soglie previste per toluene e stirene non sono mai state superate.

A completamento dell'analisi precedente, i dati orari misurati dal gascromatografo e i dati di direzione di provenienza del vento forniti dal modello CALMET ⁽⁴⁾ sono stati utilizzati per ottenere le cosiddette "rose di concentrazione", che consentono di analizzare le concentrazioni delle varie sostanze al variare della direzione di provenienza del vento (Figura 5).

Per alcune delle sostanze individuate sopra, che avevano mostrato una maggior variabilità e concentrazioni massime più elevate, questo tipo di rappresentazione ha messo in evidenza che:

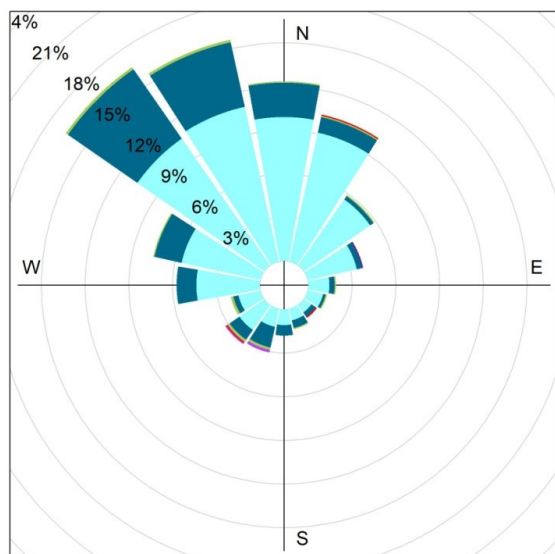
- per acetone, acrilonitrile, butanale, 1,4 diossano e toluene, le concentrazioni più elevate provengono da sud-ovest;
- per m e p xilene le concentrazioni più elevate provengono da nord-ovest;
- per etilacetato le concentrazioni più elevate provengono da nord-ovest e da sud-ovest.

Le direzioni individuate (sud-ovest e nord-ovest) risultano compatibili con la posizione del mezzo mobile rispetto alla zona industriale.

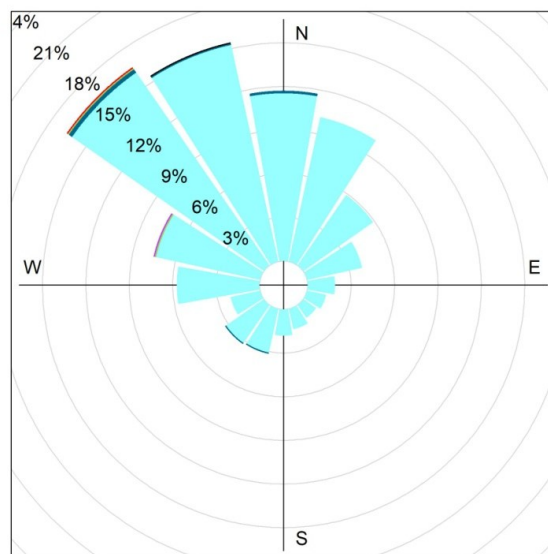
³ Per il benzene il D. Lgs. n. 155/2010 indica un valore limite pari a 5 µg/m³ come media annuale, quindi non confrontabile con la media di periodo della presente campagna di monitoraggio.

⁴ CALMET è un modello meteorologico diagnostico, in questo caso utilizzato per ricostruire una stabilità atmosferica passata; il modello utilizza come dati meteo al suolo in ingresso un gruppo di stazioni meteorologiche della rete ARPAV distribuite sul territorio regionale, con risoluzione spaziale di 4km. I dati meteorologici qui analizzati derivano quindi dalla corsa del modello e non da una stazione meteorologica presente a Zugliano.

rosa delle concentrazioni di acetone



rosa delle concentrazioni di m-xilene



rosa delle concentrazioni di 1,4 diossano

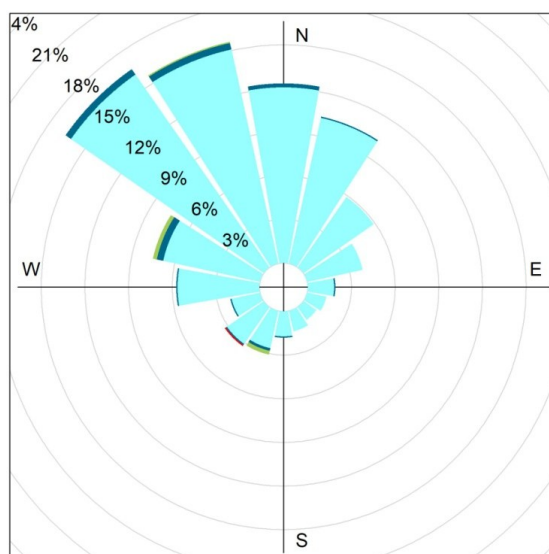


Figura 5: rose di concentrazione di acetone, m-xilene e 1,4 diossano

2.2 Inquinante determinato con frequenza giornaliera

Tramite il mezzo mobile odori sono state analizzate con frequenza giornaliera le polveri PM₁₀, derivanti, a livello regionale, da fonti antropiche quali emissioni residenziali, trasporti su strada, agricoltura e zootecnia.

Nella Tabella 4 si riportano, per il PM₁₀ misurato in via Monte Cristallo a San Martino di Lupari, gli indicatori previsti dal D. Lgs. n. 155/2010 (media di periodo e numero di superamenti del valore limite giornaliero, pari a 50 µg/m³, da non superare per più di 35 giorni in un anno). Tali indicatori sono messi a confronto con quelli calcolati presso la stazione fissa di riferimento di fondo rurale di Alta Padovana: emerge una buona corrispondenza tra i due siti, a conferma del carattere ubiquitario dell'inquinante in questione.

stazione	concentrazione media [µg/m ³]	n° superamenti 50 µg/m ³
San Martino di Lupari	41	11
Alta Padovana	43	13

Tabella 4: Indicatori previsti dal D. Lgs. n. 155/2010 per il PM₁₀

In Figura 6 è riportata la serie dei valori giornalieri di concentrazione di PM₁₀ misurati presso il sito di San Martino di Lupari nel corso della campagna di monitoraggio.

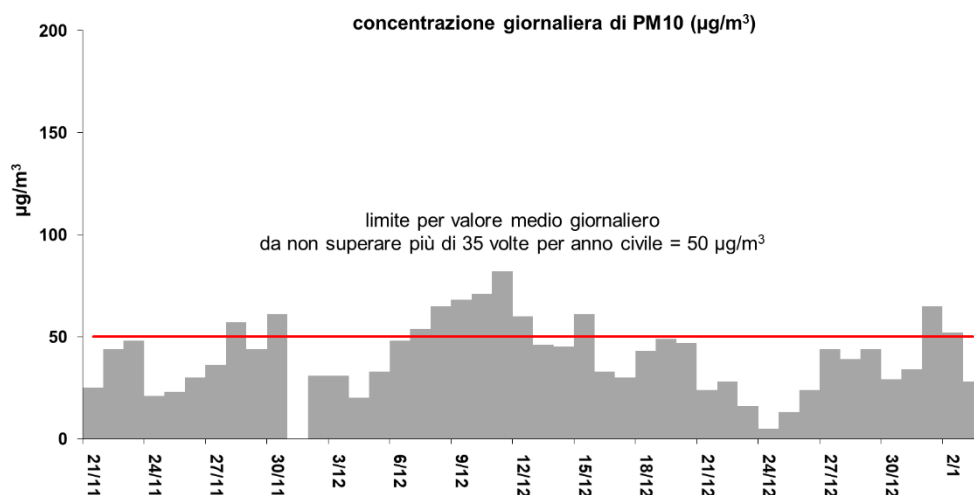


Figura 6: Concentrazione giornaliera di PM₁₀ a San Martino di Lupari

2.3 Sostanze determinate con frequenza settimanale

Tramite campionatori passivi sono stati monitorati, con frequenza settimanale, alcuni idrocarburi aromatici, chetoni, esteri e un idrocarburo alifatico.

In Tabella 5 si riportano, per ciascuna sostanza, i valori di concentrazione media e massima calcolati sull'intero periodo della campagna ((6 settimane). Si osserva che la situazione, in termini di concentrazioni delle sostanze, risulta piuttosto omogenea nei quattro punti di campionamento, anche se, fatta eccezione per l'acetone (il cui valore di concentrazione massima si misura in R2-Via Casoni), il sito R1 (Via Monte Cristallo) è quello che mostra le concentrazioni più elevate. Inoltre lo stesso sito R1 è il solo in cui tutte le sostanze presentano concentrazioni massime di periodo superiori al limite di quantificazione (fatta eccezione per il metiletilchetone).

Le sostanze che presentano le concentrazioni maggiori e che sono sempre risultate superiori al limite di quantificazione sono: acetone, benzene, toluene e m+p xilene (in grassetto in tabella).

L'acetone, il toluene e m,p xilene emergono anche dall'analisi dei dati orari misurati tramite gascromatografo.

In Figura 7 si riportano le concentrazioni settimanali di queste tre sostanze, misurate nei quattro siti.

sito	R1	R1	R2	R2	R3	R3	R4	R4
sostanza [µg/m ³]	conc. media	conc. massima	conc. media	conc. massima	conc. media	conc. massima	conc. media	conc. massima
1,2,4 trimetilbenzene	< 1.4	2.2	< 1.4	< 1.4	< 1.4	< 1.4	< 1.4	< 1.4
acetato di butile	< 2.3	4.2	< 2.3	< 2.3	< 2.3	< 2.3	< 2.3	< 2.3
acetone	3.3	5.9	3.9	6.6	2.7	5.2	3.2	5.3
benzene	2.8	4.7	2.6	3.0	2.8	3.1	2.5	3.2
etilacetato	< 2.9	3.5	< 2.5	< 2.5	< 2.5	< 2.5	< 2.9	< 2.9
etilbenzene	< 1.6	2.3	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0	< 1.0
metiletilchetone	< 2.9	< 2.9	< 2.9	< 2.9	< 2.9	< 2.9	< 2.9	< 2.9
toluene	5.3	9.2	5.0	7.1	4.6	6.4	4.2	6.0
o-xilene	< 1.1	2.0	< 1.1	< 1.1	< 1.1	< 1.1	< 1.1	< 1.1
p+m-xilene	3.8	7.3	3.3	4.3	2.8	4.0	2.9	4.6
n-pentano	< 3.6	4.4	< 2.3	3.5	< 2.3	< 2.3	< 2.3	< 2.3

Tabella 5: Concentrazioni medie e massime delle sostanze misurate dai campionatori passivi nell'intero periodo di monitoraggio

In mancanza di un limite normativo in aria ambiente per quasi tutte le sostanze misurate con frequenza settimanale ⁽⁵⁾, per il toluene si può fare riferimento alle raccomandazioni dell'OMS, che prevedono una soglia per la protezione della salute umana pari a 260 µg/m³ come media settimanale. Tale soglia non è mai stata superata, attestandosi mediamente su valori inferiori di due ordini di grandezza.

⁵ Per il benzene il D. Lgs. n. 155/2010 indica un valore limite pari a 5 µg/m³ come media annuale, quindi non confrontabile con la media di periodo della presente campagna di monitoraggio.
RT_ 333UQA24

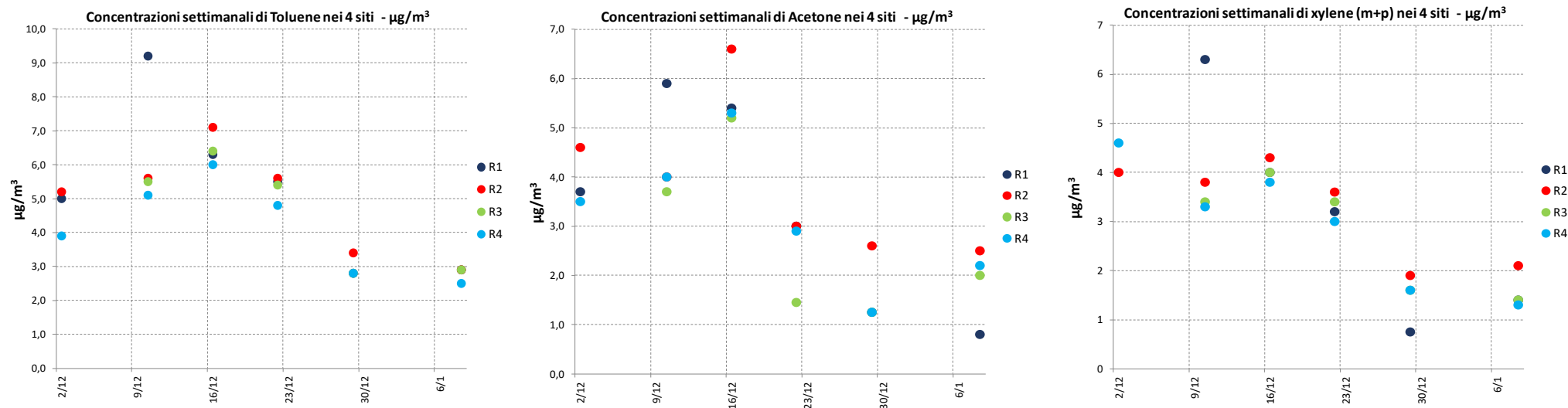


Figura 7: Concentrazione settimanale di toluene, acetone e xylene (m+p) nei 4 siti monitorati con campionatori passivi

3 Stima del disagio olfattivo

3.1 Metodologia adottata

Se la determinazione della concentrazione oraria o giornaliera di una sostanza costituisce la base di partenza per la valutazione dello stato della qualità dell'aria, lo stesso indicatore ambientale non può essere descrittivo della percezione della molestia olfattiva; quest'ultima è infatti legata ai picchi di concentrazione che si osservano su scale temporali decisamente inferiori e a sostanze diverse da quelle definite nel quadro normativo della qualità dell'aria. In altre parole, considerato che l'atto respiratorio umano ha una durata di pochi secondi, la molestia olfattiva non può essere direttamente valutata dalla misura della concentrazione di una sostanza in aria in un periodo di mediazione medio-lungo (ora, mese, anno), poiché dovrebbe essere rapportata ad un evento sostanzialmente istantaneo. Inoltre, mentre l'analisi ambientale prende in considerazione singolarmente le varie specie chimiche, nel caso della molestia olfattiva l'odore è normalmente il risultato della presenza in aria di un insieme più o meno numeroso di sostanze diverse, che complessivamente determinano la molestia.

Attraverso il modello concettuale elaborato da ARPAV ⁽⁶⁾ e di seguito descritto ci si propone, a partire dalla misura di concentrazioni di composti potenzialmente odorigeni in aria ambiente, di stimare l'odore ad essi associato e percepito in una data area e in un determinato intervallo di tempo. A tal fine è necessario sostituire la misura della concentrazione di odore (non disponibile) con la concentrazione chimica misurata di un set di sostanze potenzialmente odorigene. Come descritto in seguito, **ritenere lecito passare dalla concentrazione chimica a quella di odore, è uno degli assunti base dell'analisi presente.**

Di seguito si descrive la metodologia adottata nel presente documento per la stima dell'intensità di odore, corredata di brevi cenni teorici.

3.1.1 Assunzioni

Per passare dalla concentrazione chimica di ogni singola sostanza misurata, alla stima del più astratto concetto di intensità di odore associata alla miscela in esame, è necessario fare alcune assunzioni *a priori* e quindi individuare una o più metodologie per l'analisi dei valori misurati.

Di seguito si riassumono le assunzioni principali sottese alla presente analisi:

- 1) è possibile considerare la concentrazione chimica in termini di concentrazione di odore; senza questa assunzione, qualsiasi successiva considerazione non trova supporto teorico;
- 2) nell'ipotesi di una principale sorgente emissiva, la correlazione fra le sostanze è guidata solo dalle leggi della dispersione atmosferica; tramite questa assunzione è possibile, per esempio, individuare una sostanza come tracciante per tutta la miscela;
- 3) la miscela è un insieme di elementi indipendenti e non interagenti tra loro; questa assunzione consente di non considerare gli effetti di intensificazione o di attenuazione dell'odore percepito dovuti all'interazione fra le sostanze componenti la miscela.

Alla luce dei punti precedenti, l'acido solfidrico e l'ammoniaca possono essere considerati come traccianti per la miscela ⁽⁷⁾.

⁶ Millini R. e Zemello C. – Unità Organizzativa Qualità dell'aria del Dipartimento Regionale Qualità dell'Ambiente di ARPAV. Si parla di modello concettuale intendendo la formalizzazione fisico-matematica del problema in oggetto e la sua astrazione rispetto al singolo set di dati disponibili (riproducibilità).

⁷ La scelta generalmente ricade o sull'acido solfidrico o sull'ammoniaca, o su entrambi, perché sono i due inquinanti per cui la strumentazione disponibile consente di ottenere dati con un dettaglio sub-orario, indicativamente dell'ordine di 15-30 secondi e tali tempi si avvicinano maggiormente, rispetto al dettaglio orario, ai tempi di risposta dell'olfatto umano (dell'ordine di 5 secondi). Attraverso le misure sub-orarie è possibile calcolare il valore di picco orario, elemento fulcro di una parte dell'analisi presente.

3.1.2 Metodologia

Tra le metodologie presenti in letteratura per la conversione da concentrazione chimica a intensità di odore, di seguito si descrive quella adottata nel presente lavoro. La scelta del metodo deriva prevalentemente dal limite oggettivo di assenza di misure olfattometriche di confronto che rendano possibile il ricorso ad altre metodologie (come ad esempio SOI [*sum of odour intensity*] e EOC [*equivalent odour concentration*]).

L'approccio adottato prevede il ricorso al concetto di *sum of odour activity values* (SOAV), basato sull'idea che la miscela di sostanze possa essere pensata come *sostanza equivalente*. Per ciascuna ora di monitoraggio, la concentrazione chimica di ogni sostanza viene normalizzata tramite il corrispondente fattore di *soglia olfattiva*, al di sotto della quale, per definizione, la sostanza non provoca alcuno stimolo nel sistema ricettivo umano; si effettua quindi la somma delle concentrazioni normalizzate (SOAV) di tutte le sostanze monitorate con cadenza oraria e, tramite opportuna relazione ⁽⁸⁾, si ottiene l'adimensionale **intensità di odore (OI)** relativa. Vale qui la pena ribadire che, poiché la molestia olfattiva è quasi istantanea, spesso è percepita nonostante le concentrazioni medie orarie delle sostanze odorigene siano inferiori alla soglia di percezione. Per questo motivo, nella metodologia di stima dell'intensità di odore, le "concentrazioni" orarie da confrontare con le soglie sono intese come "concentrazioni di picco" che, a differenza di quelle medie, per la loro natura istantanea possono essere percepite, generando la molestia.

In base a quanto appena descritto, come prima cosa è necessario definire i valori di soglia olfattiva per ciascuna sostanza.

In secondo luogo, è necessario definire uno o più approcci per la determinazione del rapporto tra la concentrazione di picco (istantanea, 5-10 secondi nel caso ideale, 15-30 secondi in quello reale) e quella media oraria di ogni singola sostanza.

3.1.3 Scelta dei valori di soglia olfattiva

La prima informazione necessaria per l'analisi successiva è il valore della soglia olfattiva (OTV, *odor threshold value*) per ogni singola sostanza.

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* ⁽⁹⁾. Per porsi in un'ottica la 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 ⁽¹⁰⁾, indicate nel Decreto direttoriale del Ministero dell'Ambiente del 28 giugno 2023, n 309.

La Tabella 6 riporta i valori di soglia olfattiva di seguito adottati.

⁸ La relazione è la legge di Weber-Fechner (per la quale si rinvia alla trattazione successiva).

⁹ 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.

¹⁰ *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.

sostanza	Soglia olfattiva [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
1,4 diossano	46074
acetato di butile	76
acetone	99655
acido solfidrico	0.6
acrilonitrile	19077
acroleina (Acrilaldeide)	8.2
ammoniaca	1044
benzene	8616
butirraldeide (Butanale)	2.0
diisobutilcheton (DIBK)	9297
etilacetato	3132
etilbenzene	737
etilpropionato	29
metilammina + dimetilammina	44
metiletilcheton (MEK)	1296
metilisobutilcheton (MIBK)	696
m-Xilene	178
n-esano	5281
n-pentano	4127
o-Xilene	1648
p-Xilene	252
stirene	149
tetraidrofurano (THF)	17970
toluene	1242
1,2,4 trimetilbenzene	589

Tabella 6: Soglie olfattive per le sostanze monitorate ⁽¹¹⁾

3.1.4 Rapporto tra la concentrazione di picco e quella media o mediana

In letteratura sono presenti vari metodi per la determinazione del rapporto tra la concentrazione di picco e quella media oraria (PMR, *peak to mean ratio*). Di seguito si presentano per chiarezza esplicativa solo quelli utilizzati nel presente lavoro.

Si precisa che, assieme alla media oraria, si è considerata anche la mediana oraria, più indicativa per distribuzioni statistiche - come quelle qui descritte - che non siano *normali o gaussiane*.

3.1.4.1 Acido solfidrico o ammoniaca come traccianti

A differenza delle altre sostanze, l'acido solfidrico e l'ammoniaca sono misurati con analizzatori automatici che consentono di scendere ad una scala temporale sub-oraria, che si avvicina maggiormente ai tempi di risposta dell'olfatto umano, pari a pochi secondi.

In particolare, con la strumentazione in dotazione si può arrivare ad una scala temporale di 15 secondi per l'acido solfidrico (240 misurazioni in un'ora) e di 30 secondi per l'ammoniaca (120 misurazioni in un'ora). Per calcolare la concentrazione di picco, si possono quindi considerare tutte

¹¹ Fattori di conversione: p = 1013 mb, T = 25°C, R = 0.0821, nel rispetto dello *Standard Ambient Temperature and Pressure* (SATP).
RT_333UQA24

le misurazioni di concentrazione di acido solfidrico o di ammoniaca all'interno di un'ora e di queste calcolarne il valore più elevato (di picco) o uno dei valori più elevati.

I metodi sperimentali di seguito adottati per ottenere la concentrazione oraria di picco sono due, e, cioè, il calcolo per ogni ora:

- a. del massimo dei valori sub-orari di H_2S e NH_3 ;
- b. del 99° percentile dei valori sub-orari di H_2S e NH_3 .

Per i due suddetti casi e sostanze, si sono determinati i rapporti tra la concentrazione di picco oraria e la concentrazione media o mediana oraria (*PMR*). Le 8 diverse serie di rapporti così ottenute, indipendentemente dal tracciante utilizzato, sono state poi applicate a tutte le altre sostanze per determinare le rispettive concentrazioni di picco; questo passaggio si fonda su una delle assunzioni fatte in precedenza, secondo cui l'intensità di concentrazione non dipende dalle caratteristiche chimiche delle sostanze emesse dalla sorgente, ma solo dal meccanismo di dispersione atmosferica cui sono sottoposte; quindi, la stessa intensità ottenuta per la specie di cui è disponibile un analizzatore a risposta veloce la si ritiene applicabile anche alle altre sostanze.

3.1.4.2 PMR a partire dalla legge di Smith

Un metodo di calcolo alternativo del PMR prescinde dalla scelta di una sostanza come tracciante e considera unicamente le condizioni orarie di stabilità atmosferica in un determinato sito. Si tratta del metodo di calcolo della concentrazione di picco tramite la legge attribuita a Smith ⁽¹²⁾, la cui formulazione matematica è la seguente:

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

dove C_p è la concentrazione di picco oraria della data sostanza, C_m ne è la concentrazione media oraria, t_m e t_p sono rispettivamente il tempo di mediazione oraria e di picco. Per il tempo di mediazione di picco, l'analisi ha considerato 3 differenti valori possibili (5, 10 e 30 secondi, dove il primo si avvicina al tempo tipico dell'atto respiratorio, gli ultimi due si avvicinano maggiormente alla risoluzione sub-oraria della strumentazione automatica per la misura di ammoniaca e acido solfidrico). L'esponente α è un parametro che risente della turbolenza atmosferica, la cui stima è stata effettuata mediante le classi di stabilità di Pasquill-Gifford, calcolate tramite uno dei moduli del modello CALMET ⁽¹³⁾.

Quindi, noti α e il rapporto t_m/t_p (pari a 720, 360 o 120, a seconda del tempo di mediazione di picco considerato di cui sopra), si determina la concentrazione di picco oraria di ogni singola sostanza a partire dalla concentrazione media oraria data. Per i valori assunti dall'esponente α si è presa a riferimento la seguente scala ⁽¹²⁾, dove – rispetto alla tabella originale ⁽¹⁴⁾ – cambia l'esponente α corrispondente alla classe D:

¹² *La molestia olfattiva. Fenomenologia, criticità e protocollo sperimentale di misura. Anno 2021*, ARPA Lazio, AA.VV.

¹³ CALMET è un modello meteorologico diagnostico, in questo caso utilizzato per ricostruire una stabilità atmosferica passata; il modello utilizza come dati meteo al suolo in ingresso un gruppo di stazioni meteorologiche della rete ARPAV distribuite sul territorio regionale, con risoluzione spaziale di 4km. I dati meteorologici qui analizzati derivano quindi dalla corsa del modello e non da una stazione meteorologica presente a Zugliano.

¹⁴ Nell'originale è presente la distinzione tra neutralità notturna e diurna in D, da cui discendono due diversi valori per α , e due classi F e G di stabilità con medesimo valore di α . Nella Tabella 7 invece sono presenti solo 6 classi (sono state accorpate le due classi D e le due classi F e G) per adattarle all'uscita del modello CALMET che fornisce 6 classi di stabilità per Pasquill-Gifford. Per la classe D si è attribuito un valore ad α pari al valore medio dei due valori originali.

Classe Pasquill-Gifford	Descrizione	α
A	instabilità forte	0.68
B	instabilità moderata	0.55
C	instabilità debole	0.43
D	neutralità	0.37
E	stabilità debole	0.30
F-G	stabilità moderata/forte	0.18

Tabella 7: valori dell'esponente α (legge di Smith)

Con riferimento ai valori di α riportati in tabella, si osserva che i valori più elevati corrispondono alle classi più instabili. Dal momento che le concentrazioni di picco dipendono da una funzione di potenza il cui esponente è il parametro α , al crescere dell'instabilità atmosferica aumentano le concentrazioni di picco stimate. In altre parole, una turbolenza maggiore genera fluttuazioni ampie e rapide, che determinano scostamenti maggiori delle concentrazioni istantanee (picchi) di una data sostanza dal suo valore medio.

3.1.5 Concentrazione di picco per ogni sostanza a partire dal *PMR*

Una volta determinato il *PMR* con uno dei metodi indicati precedentemente (massimo e 99° percentile tramite H_2S o NH_3 o tramite Smith), per ottenere la concentrazione di picco per ogni ora e per ogni singola sostanza si è calcolato il prodotto tra la concentrazione media oraria (data) e il corrispondente valore orario di *PMR* (calcolato).

3.1.6 Stima dell'intensità di odore, legge di Weber-Fechner

Il metodo utilizzato ha l'obiettivo di quantificare, per tutte le ore della campagna di monitoraggio, l'intensità di odore; quest'ultima, a differenza della concentrazione di odore – che esprime la quantità di odore presente nella miscela gassosa – misura la sensazione che lo stimolo genera nel sistema olfattivo.

Concentrazione ed intensità di odore sono grandezze correlate: solitamente, tanto più elevata è la prima, tanto più intensa è la seconda. La relazione tra le due, come descritto di seguito, non è lineare ma logaritmica.

Per arrivare alla stima dell'intensità di odore – ora per ora – è necessario dapprima calcolare per ogni sostanza il relativo *odour activity value* (*OAV*) orario, quindi fare la somma oraria degli *OAV* di tutte le sostanze, nota come *SOAV* e così definita:

$$SOAV = \sum OAV_i = \sum (C_{pi} / OT_i)$$

con C_{pi} e OT_i rispettivamente concentrazione di picco e soglia olfattiva della sostanza *i*-esima.

Infine, la legge che permette di ricavare l'intensità di odore (*OI*), nota come legge di Weber-Fechner, ha la seguente formulazione:

$$OI = \log_{10}(SOAV) + 0.5$$

Per quanto detto, considerate le diverse *PMR* calcolate, si possono determinare altrettante diverse stime di *OI* e quindi dei risultati che variano all'interno di un intervallo.

3.1.7 Classificazione dell'intensità di odore

Per la classificazione della OI si è scelta, tra le possibili, quella standard a 6 livelli (Tabella 8), o scala 0-5.

Valore	Descrizione dell'intensità	Definizione operativa
0	nessun odore	assenza totale di percezione olfattiva
1	appena percettibile	soglia di <i>detection</i> : odore presente ma difficile da identificare
2	debole	soglia di <i>recognition</i> : odore leggero ma identificabile chiaramente
3	distinto	odore facilmente percepibile e moderatamente forte
4	forte	odore marcato e cattura immediatamente l'attenzione
5	molto forte / intenso	odore estremamente potente o opprimente

Tabella 8: scala 0-5 di intensità di odore

3.2 Stima del disagio olfattivo

Nel presente paragrafo, in prima analisi, le concentrazioni chimiche delle varie sostanze sono state confrontate con i valori di soglia olfattiva scelti, al fine di individuare eventuali superamenti degli stessi. Seguono i risultati della stima della intensità di odore, effettuata secondo la metodologia descritta al paragrafo 3.1.

3.2.1 Classi di stabilità atmosferica

L'analisi delle classi di stabilità nel corso del monitoraggio a San Martino di Lupari, effettuata tramite il modello CALMET, è sintetizzata nella tabella successiva.

conteggio classi stabilità			
CLASSE PASQUILL-GIFFORD	CLASSE CALMET	descrizione	conteggio %
A	1	instabilità forte	0
B	2	instabilità moderata	9.2
C	3	instabilità debole	19.9
D	4	neutralità	13.0
E	5	stabilità debole	2.0
F	6	stabilità moderata	55.9

Tabella 9: classi di stabilità oraria nel corso della campagna di monitoraggio

Dalla Tabella 9 si deduce che: circa il 70% delle ore di campagna rientra nelle classi di stabilità D, E ed F (da neutro a moderatamente stabile), quindi, poco meno del 30% delle ore di campagna rientra nelle classi instabili, caratterizzate da concentrazioni di picco generalmente più elevate (paragrafo 3.1.4.2).

3.2.2 Superamenti della soglia olfattiva

Una volta note le soglie olfattive di riferimento per ciascuna sostanza, la prima informazione che si può dedurre dalle concentrazioni chimiche delle sostanze misurate – prima ancora di procedere alla stima dell'intensità di odore tramite la metodologia descritta al paragrafo 3.1 – è il numero di volte in cui ogni singola sostanza supera il valore della soglia ad essa associata, fornendo una prima idea dell'entità dell'eventuale disturbo.

Tale valutazione, che dipende in primo luogo dalla scelta dei valori di soglia olfattiva, non risulta del tutto indicativa della quantificazione della molestia olfattiva reale (influenzata da possibili valori istantanei elevati delle sostanze), poiché i valori di concentrazione ricavati dal monitoraggio presentano periodi di mediazione a scala oraria o maggiore.

Si sottolinea, inoltre, che i valori valutati sono riferiti a sostanze pure; in presenza di miscele le diverse sostanze possono interagire in maniera complessa, aumentando o diminuendo la semplice additività.

Ciò premesso, limitatamente ai dati orari ottenuti dal monitoraggio tramite gascromatografo e analizzatori di ammoniaca e acido solfidrico, nel presente lavoro si è deciso di abbinare, al calcolo dei superamenti delle soglie rispetto alle medie orarie, la stima dei superamenti rispetto a due concentrazioni estreme di picco ⁽¹⁵⁾.

In Tabella 10 si riportano i superamenti reali delle soglie (Cm) e quelli stimati, minimo (Cp minima) e massimo (Cp massima), tramite l'analisi delle concentrazioni di picco (paragrafo 3.1.5).

Dalla tabella emerge il superamento continuativo della soglia da parte dell'acido solfidrico.

Si ricorda che, se si potesse disporre di una scala sub-oraria per tutte le sostanze, come già avviene per ammoniaca e acido solfidrico, i superamenti delle soglie olfattive potrebbero aumentare. In altri termini, operando con strumentazione a prevalente scala oraria o superiore, è inevitabile che si effettui una sottostima della reale molestia olfattiva, anche per quelle sostanze caratterizzate da soglie relativamente basse.

sostanza	Cm	Cp minima	Cp massima
ammoniaca	0 %	0 %	0.8 %
acroleina	0 %	0 %	21 %
acido solfidrico	100 %	100 %	100 %
butanale	0.8 %	1.1 %	47.6 %
metilammina + etilammina	0 %	0 %	0.6 %
m xilene	0 %	0.1 %	1.8 %
n-butil-acetato	0 %	0 %	6.6 %

Tabella 10: percentuale, rispetto al totale delle ore campionate, di superamento della soglia olfattiva delle concentrazioni misurate (Cm) e stimate (Cp massima e Cp minima). Non compaiono le sostanze che non superano mai la soglia

In riferimento invece alle concentrazioni rilevate con campionatori passivi, che presentano tempi di mediazione settimanali, non si sono evidenziati superamenti delle soglie, anche perché quelle delle sostanze misurate sono piuttosto elevate. Si sottolinea però che tali campionatori forniscono valori medi riferiti ad una scala temporale di una settimana, non confrontabile con quella istantanea che caratterizza la risposta olfattiva.

3.2.3 Stima dell'intensità di odore

3.2.3.1 Sostanze potenzialmente odorigene

Per la stima dell'intensità di odore vengono considerate solo le sostanze misurate su scala oraria, tramite analizzatori automatici e gascromatografo, riassunte nell'elenco successivo:

- sostanze organiche volatili (SOV/COV): 1,4 diossano, acetone, acrilonitrile, benzene, etilacetato, etilbenzene, etilpropionato, m-o-p xylene, stirene, THF e toluene
- aldeidi: acroleina e butirraldeide
- esteri: acetato di butile
- chetoni: diisobutilchetone, MEK, MIBK
- composti azotati: ammoniaca, somma di metilammina e etilammina
- composti dello zolfo: acido solfidrico.

¹⁵ Si ricorda che, come riportato nel paragrafo 3.1, le serie delle concentrazioni orarie di picco sono più di una, a seconda della metodologia di stima utilizzata. Nel caso in esame sono state prese in considerazione le concentrazioni di picco stimate utilizzando, per quella minima e per quella massima, rispettivamente, l'ammoniaca come tracciante e il rapporto tra il 99° percentile e la media e la legge di Smith con tempo di mediazione pari a 5 secondi.

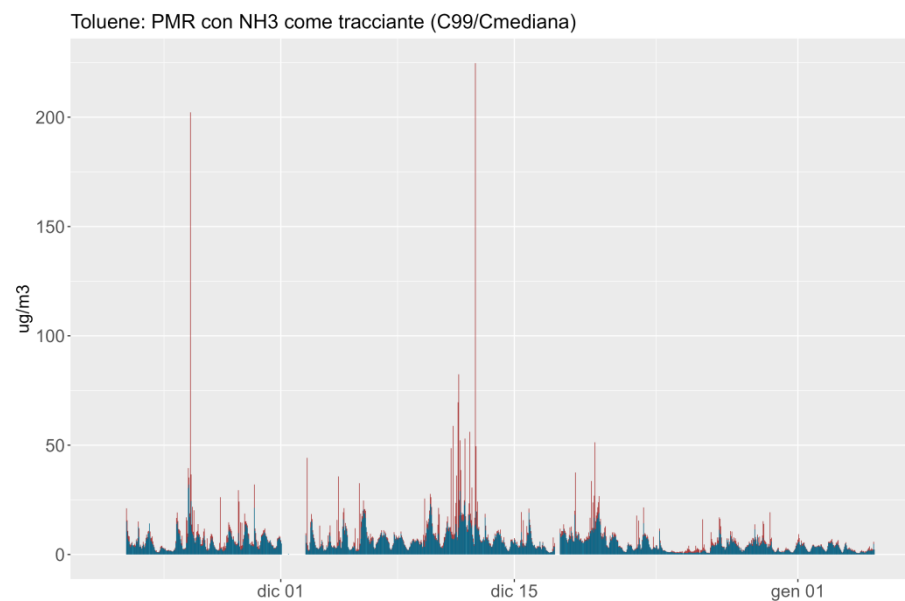
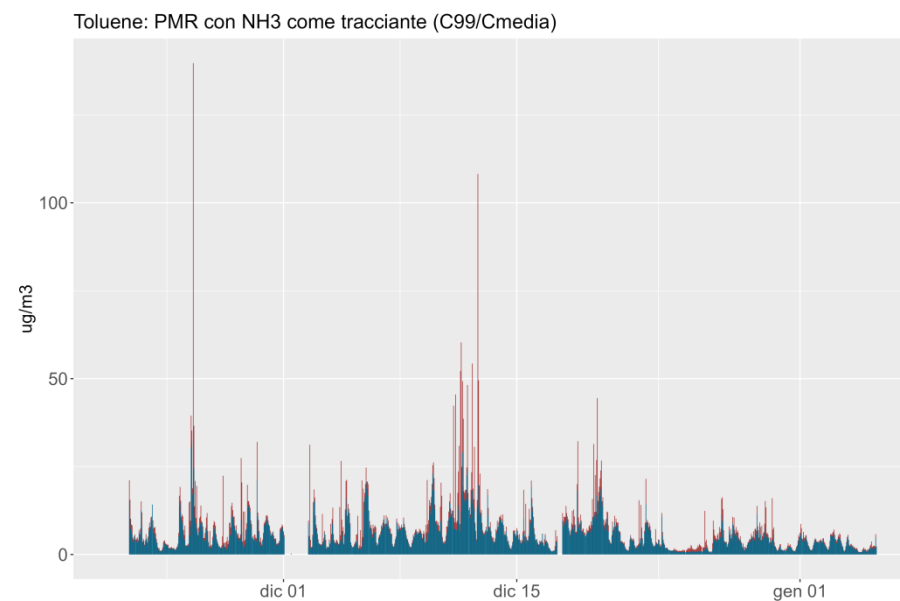
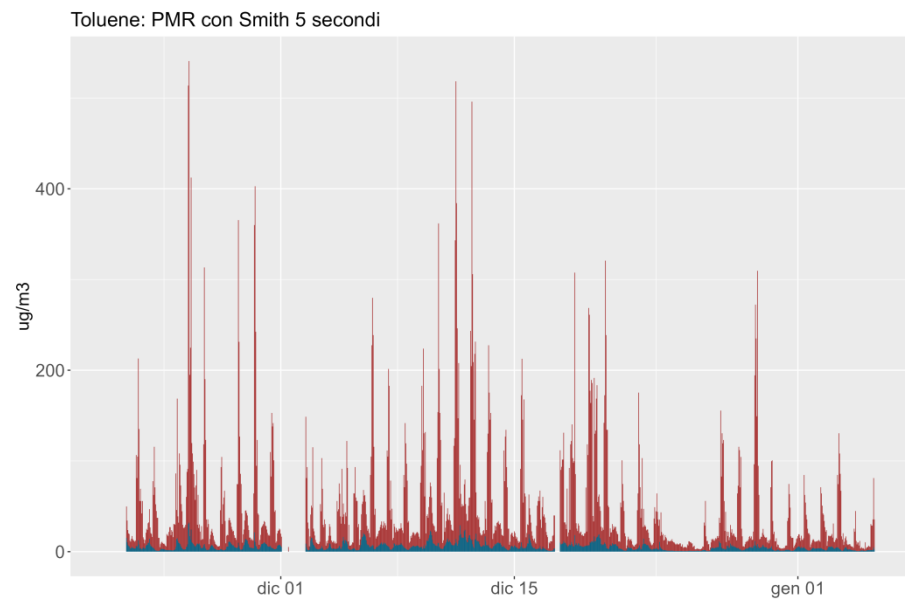
3.2.3.2 Concentrazione di picco *versus* concentrazione media e mediana

Per ogni sostanza si è valutato il valore di concentrazione di picco rispetto alla media (e mediana) oraria per tutta la campagna a partire dai *PMR* precedentemente descritti (paragrafo 3.1.4) e riferiti o ad una sostanza utilizzata come tracciante o alle classi di stabilità atmosferica.

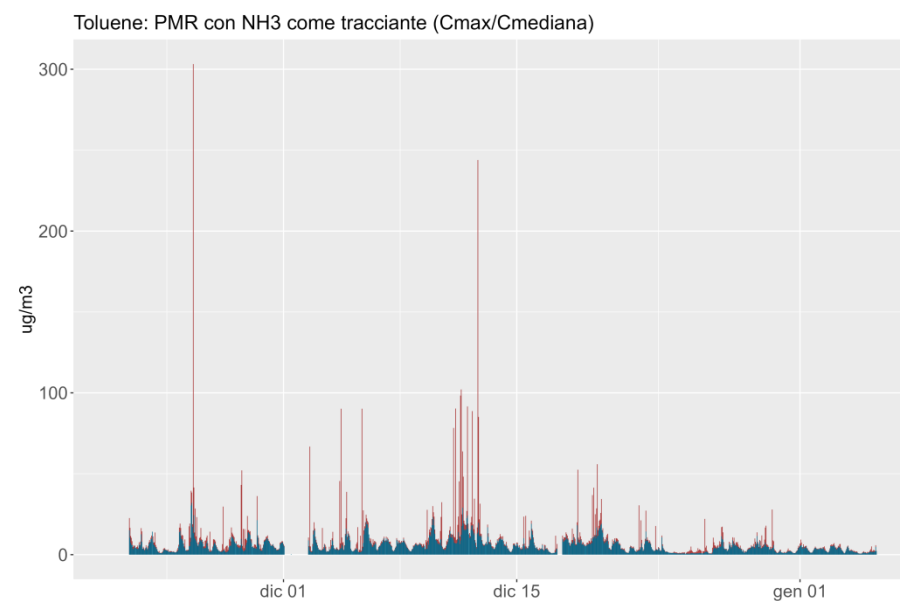
Considerato l'elevato numero di grafici ottenuti in merito ai rapporti tra concentrazione di picco e media-mediana (242 complessivamente, considerando tutte le valutazioni di *PMR* e tutte le sostanze), se ne riporta a titolo d'esempio solo un breve estratto a scopo illustrativo (Figura 8), ove i valori di picco sono in rosso, quelli medi orari in blu.

I grafici seguenti, che rappresentano le concentrazioni medie e di picco del toluene, evidenziano differenze nella stima delle concentrazioni di picco anche di un ordine di grandezza, con valori massimi ottenuti utilizzando il metodo di Smith (con tempo di mediazione di 5 secondi).

Come si vedrà nel seguito della presente analisi queste differenze influiscono sui valori di stima dell'intensità di odore solo relativamente, data la natura logaritmica della stessa.



legenda ■ Cmediana ■ Cpizzo (99°p)



legenda ■ Cmediana ■ Cpizzo (max)

Figura 8: concentrazione di picco (in rosso) vs concentrazione media (in blu) per il toluene secondo alcuni dei metodi di calcolo del PMR adottati

3.2.3.3 Stima dell'Intensità di odore oraria, metodo SOAV

Come precedentemente descritto in dettaglio al paragrafo 3.1.6 si è proceduto alla stima della OI oraria utilizzando i metodi di calcolo del *PMR* esposti sopra, ottenendo 11 serie distinte di OI.

Considerando i risultati nel loro insieme, i valori orari di OI variano generalmente tra 1 (odore presente ma difficile da identificare) e 3 (odore facilmente percepibile e moderatamente forte), secondo la scala di Tabella 8.

In generale, valutando la media di periodo per ciascuna delle 11 serie orarie di OI, la media minima e quella massima si ottengono, rispettivamente, utilizzando i seguenti metodi di calcolo del *PMR*:

- il metodo che considera la concentrazione di picco in termini di 99° percentile rispetto alla media o alla mediana e ammoniaca come tracciante;
- il metodo di Smith con tempo di mediazione pari a 5 secondi.

L'unico metodo che in questa analisi fornisce superamenti della OI pari a 3 è quello che prevede il calcolo del *PMR* tramite Smith con tempo di mediazione di 5 secondi.

In riferimento a quanto appena descritto, nella figura successiva (Figura 9) si riportano, a titolo di esempio, quattro serie orarie di OI: le due con media di periodo minima, quella con media di periodo massima calcolata con Smith e quella con media di periodo massima calcolata con ammoniaca come tracciante.

I risultati ottenuti sono indicativi del fatto che a San Martino di Lupari è quasi costantemente presente un'intensità di odore compresa tra 1 e 3.

È probabile che tali risultati rappresentino una sottostima del disagio olfattivo realmente percepito, in quanto il monitoraggio prevede un set limitato di sostanze, che non necessariamente copre tutte quelle caratteristiche delle specifiche attività antropiche che insistono in un dato territorio.

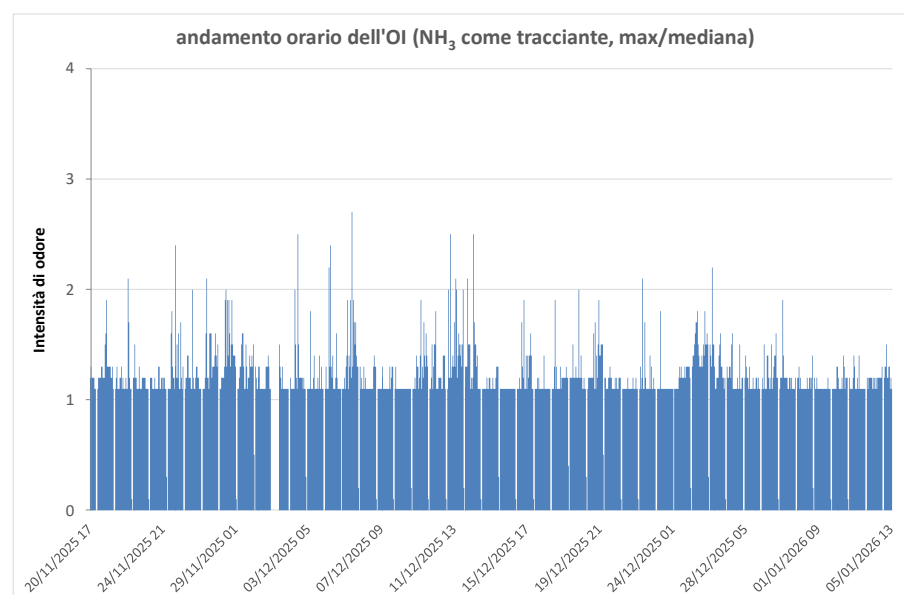
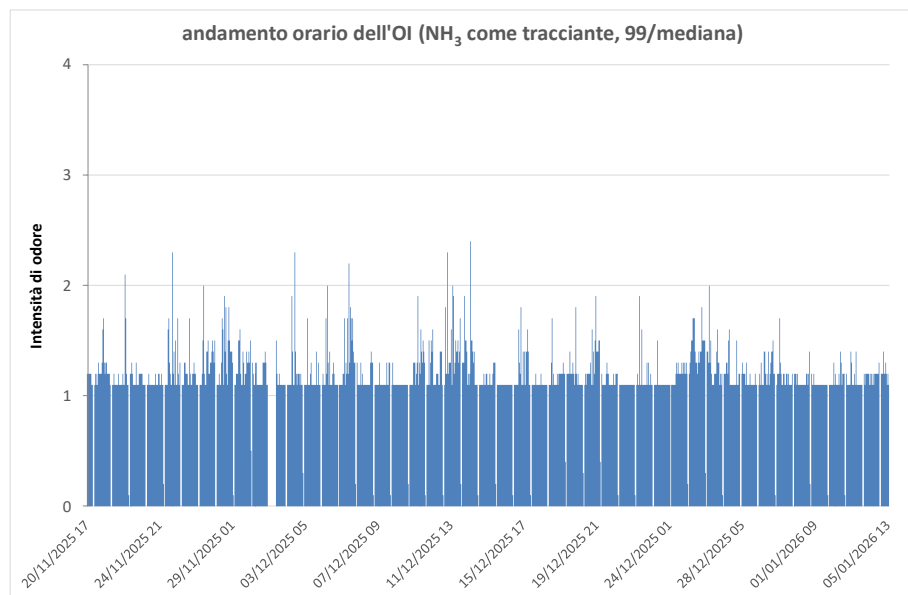
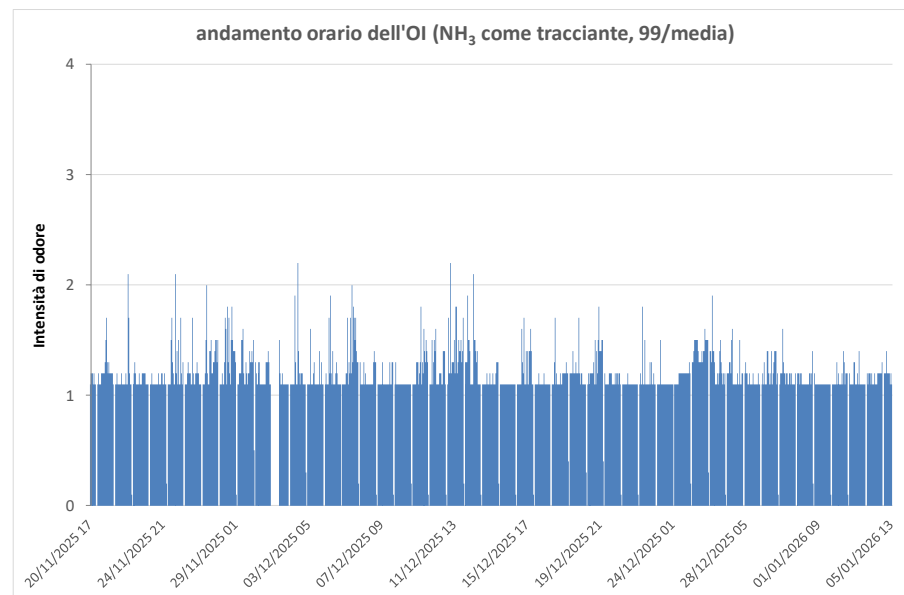
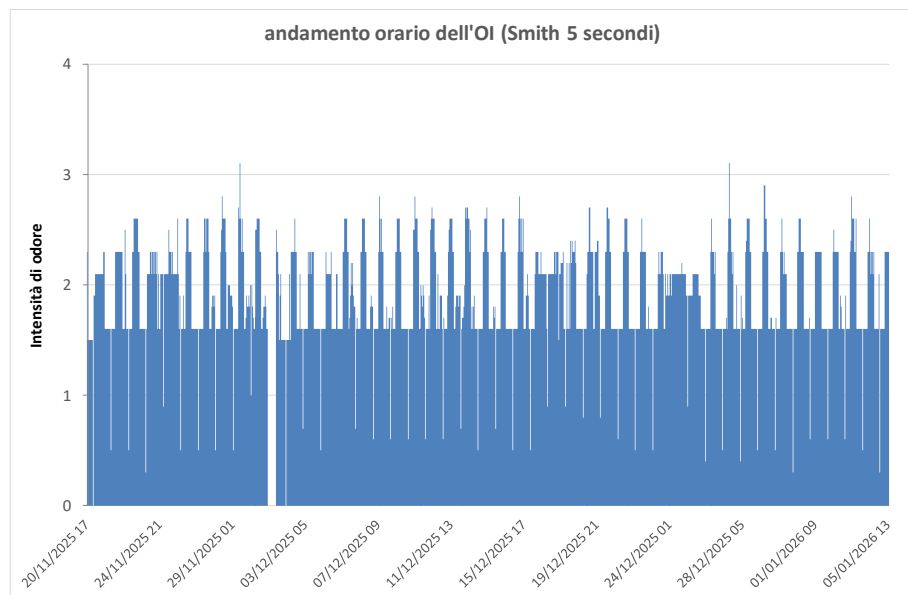


Figura 9: OI orarie stimate per la campagna di San Martino di Lupari – esempi

4 Conclusioni

A seguito di segnalazioni di privati cittadini circa la presenza di odori riconducibili a “solventi” o “vernici”, in un’area del territorio comunale posta al confine orientale della zona Industriale di San Martino di Lupari, ARPAV ha avviato un monitoraggio continuativo dal 20 novembre 2025 all’8 gennaio 2026.

L’indagine si è svolta utilizzando alcuni campionatori passivi e una stazione rilocabile dotata di strumentazione atta al campionamento e alla misura sia di alcuni inquinanti individuati dalla normativa vigente inerente l’inquinamento atmosferico, sia di un gruppo di sostanze individuate come potenzialmente odorigene.

Caratterizzazione chimica delle sostanze

Tramite gli analizzatori automatici e un gascromatografo allestiti a bordo del mezzo mobile odori sono stati monitorati, con frequenza oraria, diversi composti (acido solfidrico, eteri, aldeidi, ammoniaca, ammine chetoni, esteri, idrocarburi aromatici e acrilonitrile) dal 20 novembre 2025 al 5 gennaio 2026.

Si evidenziano alcune sostanze con maggior variabilità e concentrazioni massime più elevate: butanale, metilammina + etilammina, acetone, diisobutilchetone, n-butil acetato, etilacetato, 1-4 diossano, toluene, xileni (m,p), acrilonitrile e ammoniaca.

Tenendo in considerazione la localizzazione del laboratorio mobile, situato a ridosso della zona industriale, si evidenzia che la maggior parte delle sostanze elencate sopra presenta odore che ricorda i solventi; in particolare, alcuni idrocarburi aromatici sono spesso impiegati come diluenti e solventi: i più comuni sono il toluene (utilizzato come diluente per vernici, resine e inchiostri) e gli xileni (impiegati frequentemente in vernici industriali e diluenti).

In mancanza di un limite normativo in aria ambiente per quasi tutte le sostanze monitorate con frequenza oraria, per alcune di esse si è fatto riferimento alle raccomandazioni dell’OMS. Solo l’acido solfidrico ha superato in 4 occasioni la rispettiva soglia sui 30 minuti.

L’incrocio tra le concentrazioni orarie e i dati di direzione di provenienza del vento ha evidenziato, per le sostanze con maggior variabilità e concentrazioni più elevate, che i valori massimi si sono riscontrati con venti provenienti, in prevalenza, da sud-ovest o da nord-ovest. Tali direzioni risultano compatibili con la posizione del mezzo mobile rispetto alla zona industriale.

Tramite il mezzo mobile sono state analizzate con frequenza giornaliera le polveri PM₁₀.

La media di periodo e il numero di superamenti del valore limite giornaliero, pari a 50 µg/m³, da non superare per più di 35 giorni in un anno, sono in linea con gli stessi indicatori calcolati per la stazione fissa di riferimento di fondo rurale di Alta Padovana.

Con campionatori passivi sono stati monitorati, con frequenza settimanale, alcuni idrocarburi aromatici, chetoni, esteri e un idrocarburo alifatico in 4 siti in un intorno dell’area industriale.

La situazione, in termini di concentrazioni, risulta piuttosto omogenea nei quattro punti di campionamento, anche se, eccettuato l’acetone, il sito in prossimità del mezzo mobile è quello che misura le concentrazioni più elevate.

Le sostanze che presentano le concentrazioni maggiori e che sono sempre risultate superiori al limite di quantificazione sono: acetone, benzene, toluene e m+p xilene, tre delle quali emergono anche dall’analisi dei dati orari.

Superamenti della soglia olfattiva

Per quanto riguarda l’analisi delle sostanze potenzialmente responsabili di molestie olfattive, il monitoraggio ha evidenziato un’unica sostanza le cui concentrazioni orarie hanno sempre superato la soglia olfattiva e cioè l’acido solfidrico, caratterizzato da una soglia bassa.

Si precisa che, operando con strumentazione a prevalente scala oraria o superiore, è probabile che si effettui una sottostima della reale molestia olfattiva, anche per quelle sostanze caratterizzate da soglie relativamente basse. A conferma di quest’ultima interpretazione, stimando le concentrazioni di picco di tutte le sostanze, i superamenti delle soglie olfattive si estendono ad un

gruppo maggiore di composti (ammoniaca, acroleina, metilammina + metilammina, m-xylene, n-butilacetato).

Stima dell'intensità di odore

Le diverse stime dell'intensità di odore, ottenute a partire da due metodologie sperimentali sostanzialmente differenti, forniscono risultati fra loro compatibili; le intensità di odore si collocano all'interno di un intervallo di variabilità compreso tra la classe 1 (odore presente ma difficile da identificare) e la classe 3 (odore facilmente percepibile e moderatamente forte) della scala di valutazione.

In merito ai risultati di cui sopra, è probabile che rappresentino una sottostima del disagio olfattivo realmente percepito, in quanto il monitoraggio prevede un set limitato di sostanze, che non necessariamente copre tutte quelle caratteristiche delle specifiche attività antropiche che insistono in un dato territorio.

Da quanto rilevato, nell'area monitorata risulta evidente la presenza di sostanze riconducibili alle emissioni derivanti da alcune delle attività presenti nell'area industriale di San Martino di Lupari; in particolare, è noto che alcune di queste sostanze sono utilizzate come solventi o diluenti nei cicli di verniciatura. I valori di intensità di odore (OI) desunti indicano inoltre che l'impronta antropica non può essere ritenuta trascurabile.

ALLEGATO 1 – Descrizione dell’odore delle varie sostanze

sostanza	descrizione dell’odore associato ⁽¹⁶⁾
1,2,4 trimetilbenzene	aromatico
1,4 diossano	dolce, alcool, di solvente
acetone	dolce, pungente, di solvente
acido solfidrico	uova marce
acril-CN	cipolla, aglio, talvolta percepito come odore di solvente
acroleina	pungente, di solvente
ammoniaca	pungente, irritante
benzene	aromatico, dolce, di solvente
butirraldeide (butanale)	pungente, talvolta di solvente
butilacetato	fruttato
diisobutilchetone (DIBK)	lieve e dolce, di solvente
etilacetato	fruttato, dolce, di solvente
etilbenzene	oleoso, di solvente
etilpropionato	fruttato, dolce
idrocarburi alifatici e aromatici	spesso intenso, dolce
m-xilene	dolce, di solvente
metilammina + etilammina	pesce + acuto, ammoniacale
metiletilchetone (MEK)	dolce, acuto, di solvente
metilisobutilchetone (MIBK)	dolce, acuto
n-esano	leggermente sgradevole, benzina
n-pentano	benzina, petrolio
o-xilene	dolce, di solvente
p-xilene	dolce, di solvente
stirene	dolce, acuto, di solvente
tetraidrofurano (THF)	etereo
toluene (metilbenzene)	di solvente, simile a quello dei diluenti per vernici

¹⁶ Fonti: APAT – Manuali e Linee Guida n. 19/2003 “Metodi di misura delle emissioni olfattive”; Manuale AHIA, 2013; Gemini vers. 3
 Google - 21 aprile 2026
 RT_ 333UQA24

Dipartimento Regionale Qualità dell'Ambiente
Unità Organizzativa Monitoraggi Aria e Acqua
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