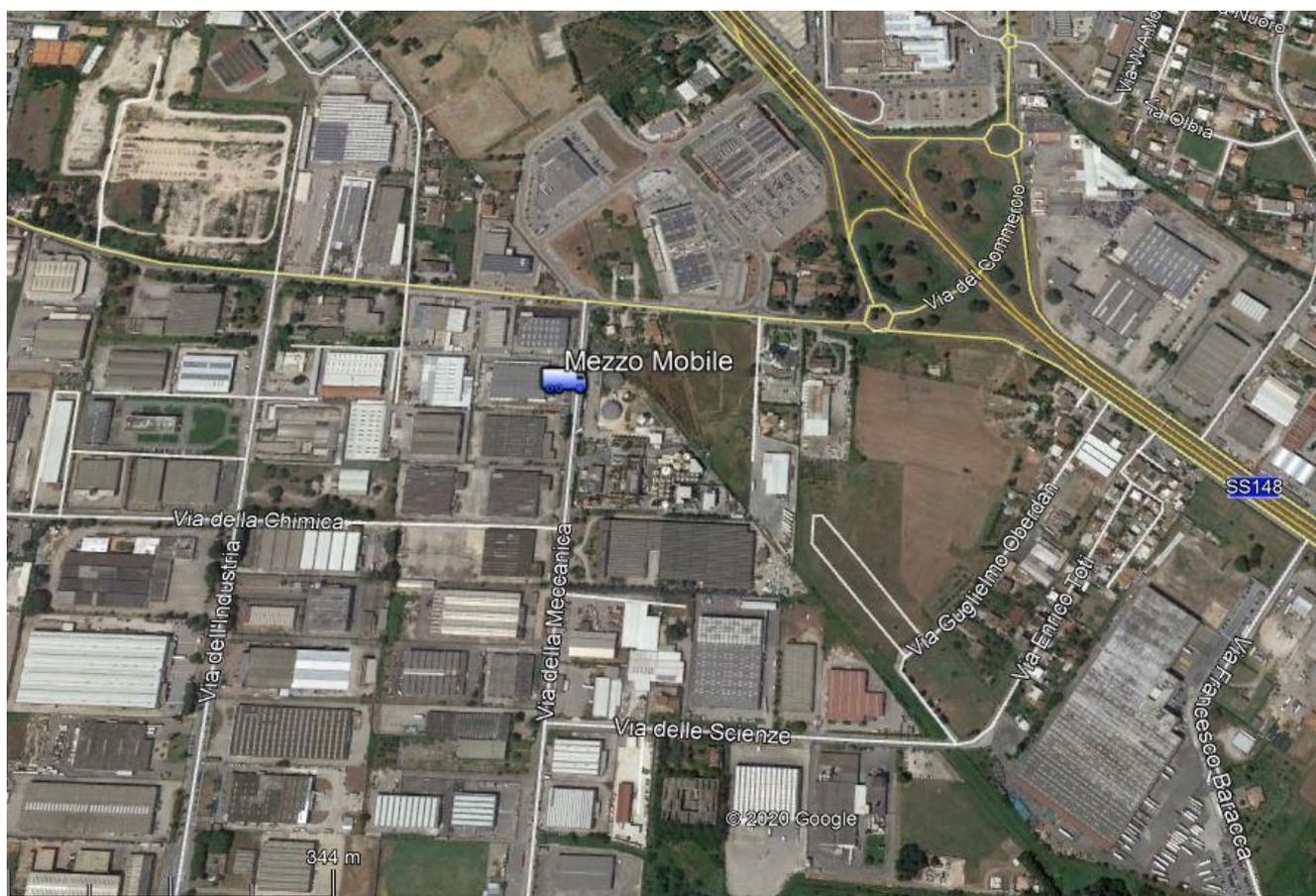


Relazione

Monitoraggio odori nel Comune di Aprilia (LT)

Periodo: 15 marzo – 03 giugno 2020



Ottobre 2020

A cura di:

- **ARPA Lazio**
Dipartimento Stato dell'Ambiente,

Servizio Qualità dell'Aria e Monitoraggio Ambientale degli Agenti Fisici

Unità centro regionale della qualità dell'aria

Unità aria e agenti fisici di Roma

Data redazione: 14 ottobre 2020

INDICE

1. PREMESSA	5
2. LA DINAMICA DELLA MOLESTIA OLFATTIVA	6
3. METODO E STRUMENTAZIONE.....	7
3.1 STRUMENTAZIONE SCIENTIFICA SUL LABORATORIO MOBILE UTILIZZATO PER LA CAMPAGNA.....	7
3.2 DEFINIZIONE DEL LIMITE OLFATTIVO O ODOUR THRESHOLD	9
3.3 PERIODO DI VALIDITÀ DEI DATI.....	10
4. GRAFICI	11
4.1 ANDAMENTO COMPOSTI ODORORIGENI.....	11
5. STIMA DELL'IMPATTO ODORIGENO	17
5.1 METODO SPERIMENTALE PER LA DETERMINAZIONE DEL DISTURBO DI UNA MISCELA DI SOSTANZE ODORIGENE 17	
5.2 NUMERO DI ORE PER OGNI EVENTO	20
5.3 ORE ODORE ISTOGRAMMI E ROSE	21
6. CONCLUSIONI	27
7. BIBLIOGRAFIA.....	30



1. Premessa

L'ARPA Lazio, alla luce di alcuni esposti e segnalazioni (Prot. ARPA Lazio n. 66721/2019, 64466/2019, 64467/2019, 76307,76330,76331,76332/2019) ha eseguito a partire dal 15 marzo 2020 e fino al 2 giugno nel comune di Aprilia, un monitoraggio della qualità dell'aria nell'area industriale situata nel territorio comunale.

Durante la campagna di misura l'Agenzia ha provveduto, oltre alla verifica degli inquinanti previsti dal d.lgs.155/2010, a realizzare, un monitoraggio sperimentale dell'inquinamento odorigeno.

A tal fine, il 3 marzo 2020, un mezzo mobile è stato posizionato presso l'Azienda Marcellini in via della Meccanica 31, Aprilia (LT). Questo sito di misura è stato scelto in accordo con il Comune di Aprilia sulla base degli esposti relativi alla presenza di cattivo odore.

I giorni successivi all'installazione (fino al 15 marzo 2020) sono stati necessari per il settaggio e la calibrazione della nuova strumentazione installata sul mezzo e utile alla misura di alcuni composti odorigeni.

La campagna sperimentale è stata quindi realizzata, sia per rilevare la presenza degli inquinanti che caratterizzano lo stato della qualità dell'aria ai sensi del d.lgs.155/2010, sia per quantificare, per quanto possibile, la molestia olfattiva percepita dalla popolazione locale. Il laboratorio mobile è equipaggiato con alcuni sensori che misurano sostanze "potenzialmente" fonte di odori; nello specifico sono presenti: un analizzatore per la misura dell'acido solfidrico (H_2S), uno per la misura dell'ammoniaca (NH_3) e uno (vigi e-nose –Chromatohec) in grado di tracciare VOC e diversi composti di zolfo. Accanto a questi analizzatori sono presenti anche sensori meteo, in particolare un anemometro per la misura dell'intensità e della direzione del vento.

La molestia olfattiva, per sua natura, deriva inevitabilmente dalla presenza, nelle immediate vicinanze della zona in cui essa viene percepita, di strutture, in genere industriali, che emettono una serie di specie chimiche odorigene in quantità tali da essere chiaramente percepite dal sistema olfattivo della popolazione residente. Questa emissione di sostanze odorigene può produrre o meno molestia a seconda delle capacità disperdente che la parte bassa dell'atmosfera presenta al momento dell'emissione.

L'esperienza maturata sulle molestie olfattive da parte delle varie istituzioni (ed anche da parte del mondo della ricerca) è oggettivamente molto limitata e frammentaria, sia sul fronte delle misure, che sul fronte dell'individuazione di parametri sintetici con cui quantificare le varie sostanze responsabili degli odori e il loro effetto a livello soggettivo. L'ARPA Lazio nel corso degli ultimi anni ha approfondito il tema, visto che le metodologie normalmente impiegate nel controllo sullo stato dell'aria non sono mai riuscite a dar conto del forte disagio mostrato dalla popolazione nelle situazioni di molestie olfattive intense e persistenti. Le varie esperienze hanno mostrato un quadro proveniente dalle misure molto più ottimista rispetto al disagio provato dalla popolazione.

Il tema è molto complesso e di conseguenza il tentativo di definire una metodologia di misura costituisce un interessante tema di ricerca in continua evoluzione alla luce delle evidenze che emergono nel mondo dai diversi studi, dai risultati delle campagne sperimentali e ovviamente dall'evoluzione tecnologica della strumentazione.

Il presente report presenta gli elementi di quadro dell'inquinamento odorigeno, descrive la metodologia sperimentale applicata ed i risultati ottenuti.

L'analisi dello stato di qualità dell'aria ai sensi del d.lgs.155/2010 non è contenuta nel presente documento.

2. La dinamica della molestia olfattiva

In maniera estremamente semplice, senza pretendere di descrivere in termini rigorosi il problema dal punto di vista fisiologico, dalla letteratura scientifica è evidente come la sensazione di molestia olfattiva proceda nei termini seguenti:

- l'introduzione dell'aria ambiente nel corpo umano avviene in maniera discontinua e periodica attraverso una serie di atti respiratori. In ciascun atto, della durata di alcuni secondi, viene inalato un volume d'aria che viene fatta transitare attraverso il naso. Questo organo presenta la caratteristica peculiare di effettuare un'analisi chimica a risposta rapida che produce come risposta un impulso sensoriale che si estrinseca in una sensazione o di benessere (un profumo) o di molestia;



- l'aria inspirata viene quindi inviata all'apparato respiratorio che si incarica di estrarre da essa ciò di cui ha bisogno l'organismo, ma anche sostanze (inquinanti) potenzialmente ad esso dannose.

Quindi la sensazione di molestia derivante da una sostanza odorigena presente nell'aria (e la sua eventuale azione tossica) può derivare da un singolo atto respiratorio di breve durata, indicativamente 5 secondi. Perciò la vera differenza tra quantificare l'inquinamento atmosferico, per come definito dal D.lgs.155/2010, e mettere in evidenza le molestie olfattive con la loro azione potenzialmente dannosa sta proprio nel tempo di osservazione (o meglio nel tempo di mediazione) oltre che nella tipologia di sostanze monitorate. Se, sulla scorta di quanto noto e codificato dalla norma, la pericolosità della presenza in atmosfera di particolato sottile, biossido di azoto, biossido di zolfo, ecc. può essere quantificata in termini di media oraria per gli inquinanti gassosi e media giornaliera per il materiale particolato, per quanto riguarda le sostanze odorogene è ragionevolmente necessario adottare tempi di mediazione più brevi, dell'ordine dei secondi. Sarebbe pertanto opportuno che, come già fatto per gli inquinanti tradizionali, le strutture sanitarie competenti individuassero tempi di mediazioni adeguati a quantificare il rischio o la molestia connessa alla presenza di tali sostanze, tra queste ad esempio è sicuramente da annoverare l'acido solfidrico (H_2S). Va però sottolineato come, se escludiamo proprio l'acido solfidrico, per molte sostanze che si ritengono responsabili delle molestie olfattive non sono ad oggi disponibili analizzatori paragonabili a quelli per gli inquinanti convenzionali, ma solo strumenti altamente complessi, costosi, che richiedono un'esperienza adeguata e specifica e che, ad oggi, non hanno dato adeguate e solide garanzie di efficacia nella misura del fenomeno.

3. Metodo e Strumentazione

3.1 Strumentazione scientifica sul laboratorio mobile utilizzato per la campagna

La finalità principale della campagna era quella di stimare la molestia olfattiva percepita da alcuni cittadini del comune di Aprilia (LT), la dotazione strumentale del mezzo mobile dell'ARPA

Lazio ha consentito di effettuare, sia la misura della concentrazione degli inquinanti previsti dalla normativa per il controllo della qualità dell'aria (d.lgs.155/2010), sia la stima della molestia olfattiva. A questi dati sono stati affiancati quelli acquisiti dai sensori meteorologici presenti sul mezzo mobile.

Vengono di seguito presentati i dati chimici relativi alle sostanze odorigene rilevati dal mezzo mobile dalle ore 01:00 del 15 marzo 2020 alle ore 24:00 del 2 giugno 2020. In particolare sono state considerate le concentrazioni medie dei seguenti inquinanti:

- Ammoniaca (NH₃) (Teledyne API T201)
- Acido solfidrico (H₂S) (Teledyne API T101)
- Total VOC (Composti organici Volatili) (Vigi E-NOSE Chromatotech)
- Composti odorigeni dello zolfo (Vigi E-NOSE Chromatotech)

La presenza di ammoniaca in aria è stata misurata utilizzando uno strumento basato sul principio chimico della chemiluminescenza, in pratica si tratta di un normale analizzatore per gli ossidi di azoto (NO), identico a quelli normalmente utilizzati nelle reti di monitoraggio, abbinato ad un convertitore in grado di trasformare NH₃ in NO. Lo strumento restituisce le concentrazioni in aria di ammoniaca, ossido di azoto e biossido di azoto.

Per la misura dell'acido solfidrico a concentrazioni normalmente rilevate in aria è stato usato un analizzatore basato sulla fluorescenza ultravioletta, lo stesso sistema utilizzato e previsto nel d.lgs 155/2010 per l'anidride solforosa (SO₂). Lo strumento è dotato di un catalizzatore settato a 315° che converte H₂S in SO₂. Fornisce una misura ogni 5 secondi ed è stato utilizzato nell'elaborazione dei dati come strumento "veloce", in grado di evidenziare variazioni di concentrazione anche piuttosto rapide.

I composti dello zolfo e i Composti Organici Volatili totali (Total VOC) sono stati misurati con un unico strumento equipaggiato con due diversi sistemi di rilevamento. I primi sono quantificati da un gascromatografo dotato di rilevatore elettrochimico e capace di discriminare diverse sostanze



contenenti zolfo (alcuni mercaptani, solfuri e tioeteri). I VOC totali sono invece rilevati da un PID (rivelatore a fotoionizzazione), la misura effettuata da questo rivelatore contiene al suo interno il contributo di diverse sostanze organiche volatili, lo strumento non è comunque in grado di discriminarle una dall'altra, si tratta di fatto di una sommatoria di concentrazioni per cui, tra l'altro, non è possibile determinare una ben definita soglia di odore. Come indicazione del costruttore, la sensibilità del PID viene testata tramite utilizzo di dimetilsolfuro (DMS) e pertanto nel presente documento la misura di VOC totali è indicata come VOC equivalenti DMS (VOCeqDMS).

Questo analizzatore fornisce due misure (una per i composti dello zolfo e una per i VOCeqDMS) ogni venti minuti. Nella tabella sottostante sono riportati, a titolo di riepilogo, i vari inquinanti odorigeni monitorati con la relativa unità di misura e con i tempi di mediazione utilizzati per la quantificazione della molestia olfattiva.

Tabella 1: Inquinanti odorigeni e rispettivi tempi di mediazione

Laboratorio mobile	Tempo di mediazione	Unità di misura
NH ₃	1 ora	µg/m ³
H ₂ S	5 sec	µg/m ³
VOCeqDMS	20 min	ppb
C. Odor. Zolfo	20 min	ppb

3.2 Definizione del limite olfattivo o Odour Threshold

Una sostanza odorosa può essere avvertita solo quando raggiunge una concentrazione minima, denominata soglia olfattiva (Odour Threshold-OT), al di sotto della quale non provoca alcuno stimolo nel sistema ricettivo.

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% ovvero alla concentrazione di odorante che ha una probabilità dello 0,5 di essere rivelata nelle condizioni della prova.



Le soglie olfattive utilizzate per le sostanze monitorate in questa campagna (Tabella 2) sono state quelle determinate con il metodo “Triangle Odor Bag”, e riportate nella pubblicazione “*Measurement of Odor Threshold by Triangle Odor Bag Method*” di Yoshio Nagata del Japan Environmental Sanitation Center.

Il metodo con cui sono state ricavate è basato sulla diluizione ed è riconosciuto a livello internazionale dalla comunità scientifica. Per i VOCEqDMS, che tengono conto della concentrazione di diversi composti, ognuno con una diversa soglia, non è possibile reperire un valore univoco di riferimento.

Tabella 2: soglie olfattive utilizzate

specie		OT Nagata [ppb]
2 butil-sh	sec-Butyl mercaptane	0.03
etil-sh	Ethyl mercaptane	0.0087
iso-butyl-sh	Isobutyl mercaptane	0.0068
iso-pro-sh	Isopropyl mercaptane	0.006
metil-sh	Methyl mercaptane	0.07
n-butyl-sh	n-Butyl mercaptane	0.0028
n-prop-sh	n-Propyl mercaptane	0.013

specie		OT Nagata [ppb]
DES	Diethyl sulfide	0.033
DMS	Dimethyl sulfide	3
DMDS	Dimethyl disulfide	2.2
MES	Methyl Ethyl Sulfide	1*
TBM	tert. Butyl mercaptane	0.029
THT	Tetrahydrothiophene	0.62

* Dato non reperibile da Nagata, tratto da fonte Arkema

STRUMENTAZIONE DEDICATA

specie		OT Nagata [ppb]	OT Nagata [ug/m3]
NH3	Ammonia	1500	1042
H2S	Hydrogen sulfide	0.41	0.6

3.3 Periodo di validità dei dati

La campagna di misura è stata effettuata dal 15 marzo al 2 giugno 2020 ed ha permesso di raccogliere dati validi per complessive 1861 ore. Il periodo del monitoraggio è stato interessato, per larga parte, dalle limitazioni alle attività sociali e produttive emanate dalle autorità competenti per l'emergenza COVID-19, le concentrazioni misurate pertanto hanno probabilmente risentito della temporanea chiusura di molte delle realtà produttive presenti nella zona.

Nel corso della campagna di misura si è verificata una sospensione dell'alimentazione elettrica, inoltre, per limitati periodi temporali, a causa di problemi tecnici, le misure delle concentrazioni di alcune sostanze hanno avuto delle interruzioni. Pertanto nel primo caso non è stato possibile

calcolare l'impatto odorigeno mentre nel secondo, è possibile che lo stesso sia stato in parte sottostimato.

Nella Tabella 3 sono riportati nel dettaglio gli orari di inizio e fine dell'assenza di dati e le sostanze interessate.

Tabella 3: intervalli temporali di assenza dati durante la campagna effettuata a Aprilia (LT).

Dalle	Alle	Sostanza
10:00 del 03-03-20	00:00 del 15-03-20	Tutte le sostanze
15:00 del 15-04-202	00:00 del 16-04-2020	VOC
01:00 del 18-04-2020	00:00 del 21-04-2020	VOC
01:00 del 16-04-2020	14:00 del 14-04-2020	NH ₃
23:00 del 27-04-2020	24:00 del 02-06-2020	NH ₃
23:00 del 27-04-2020	16:00 del 29-04-2020	Tutte le sostanza
17:00 del 29-04-2020	09.00 del 30-04-2020	Composti dello zolfo e VOC
01:00 del 26-05-2020	01:00 del 27-05-2020	H ₂ S

4. Grafici

4.1 Andamento composti odororigeni

Nei grafici seguenti sono rappresentati gli andamenti delle medie orarie dei composti odorigeni misurati durante il monitoraggio. Quando presente viene riportata anche la "soglia di odore".



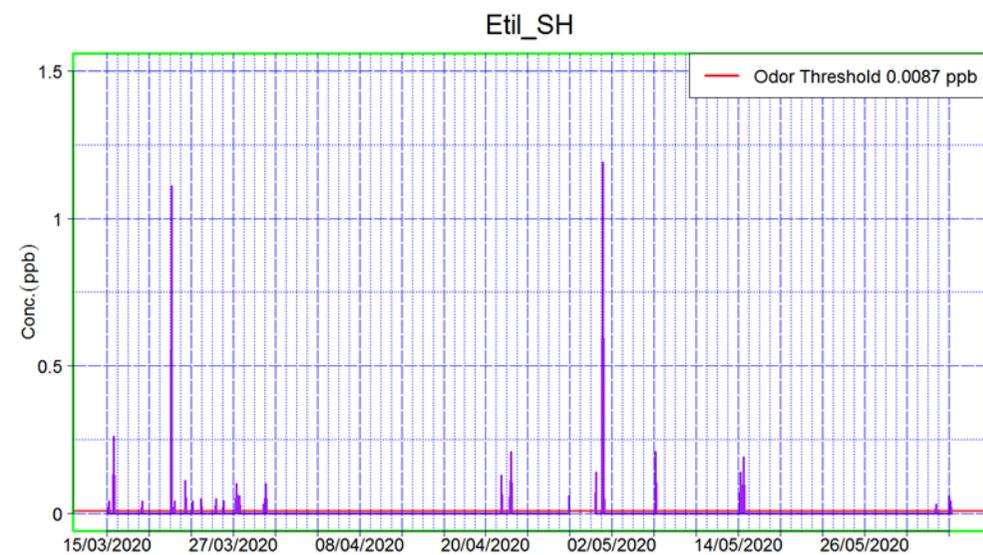
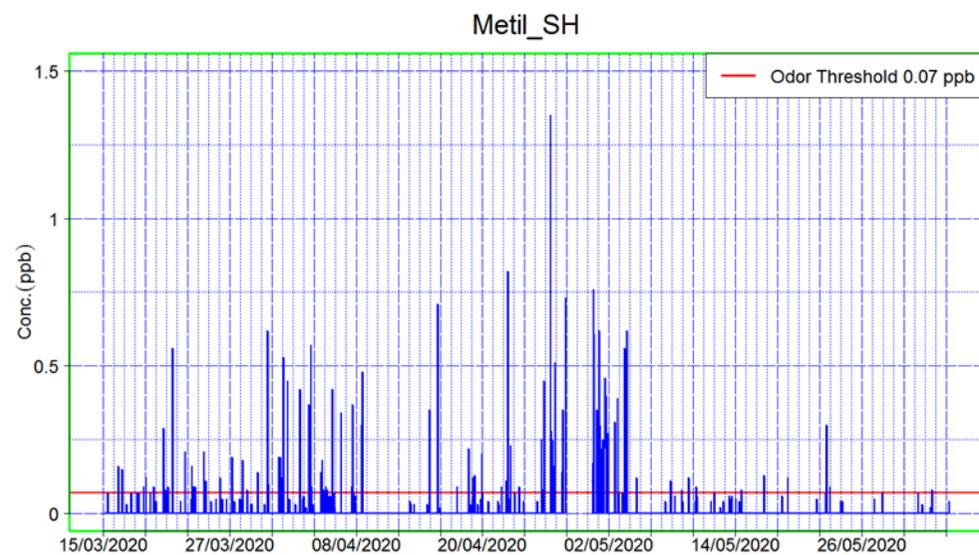
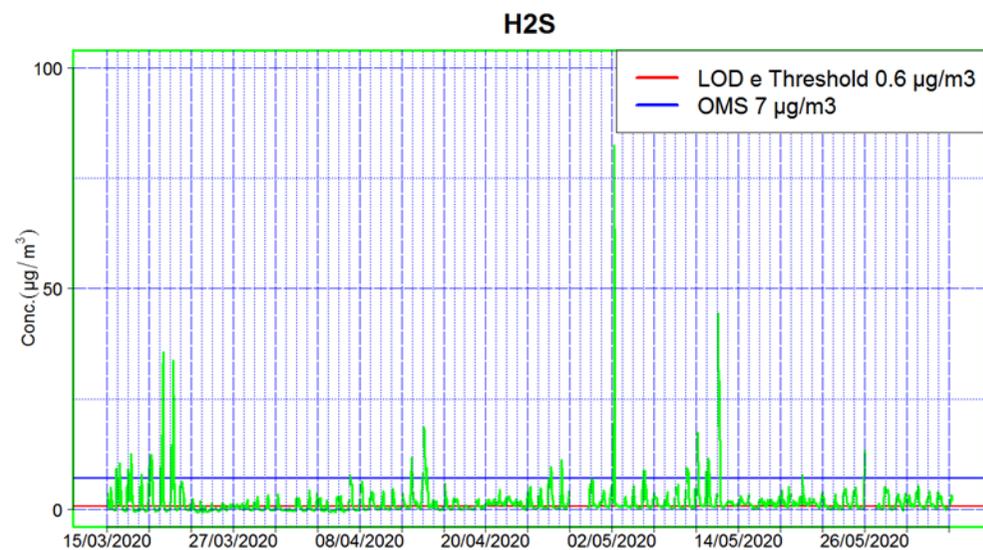
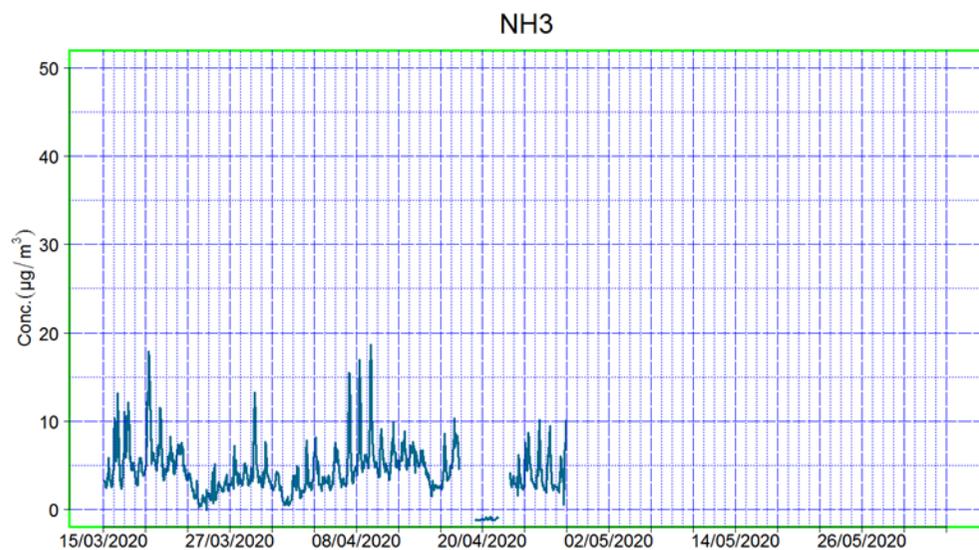


Figura 1: grafici della campagna di misura a Aprilia (LT) per l'ammoniaca, l'acido solfidrico, il metil-mercaptano, l'etil-mercaptano;

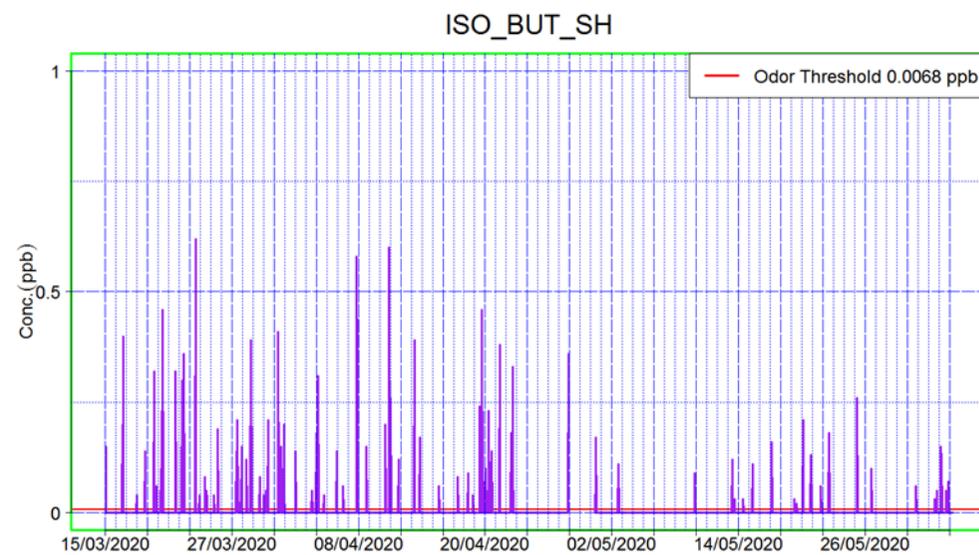
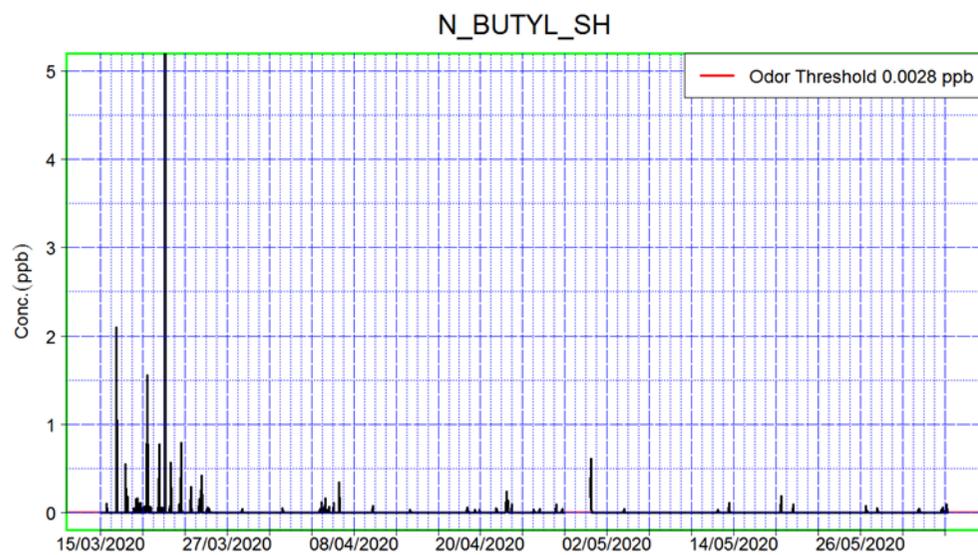
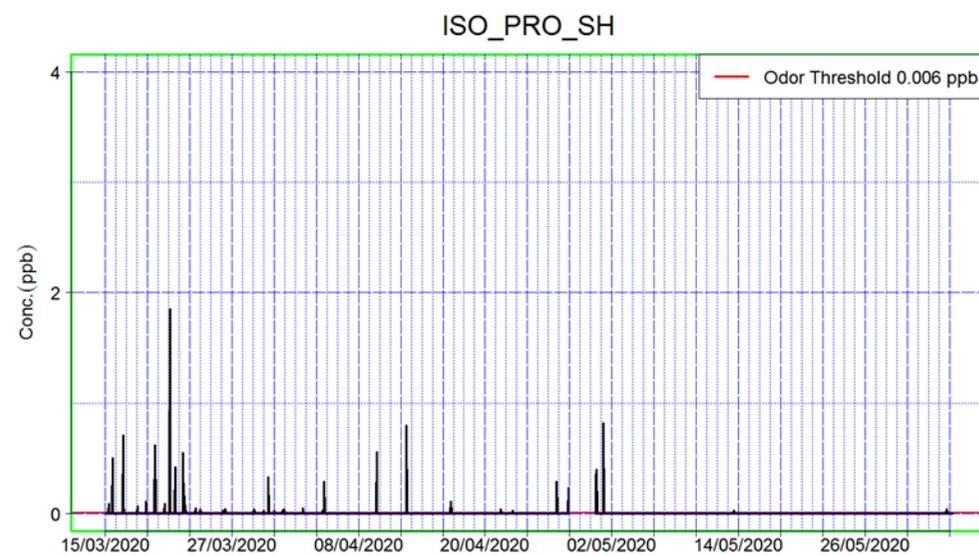
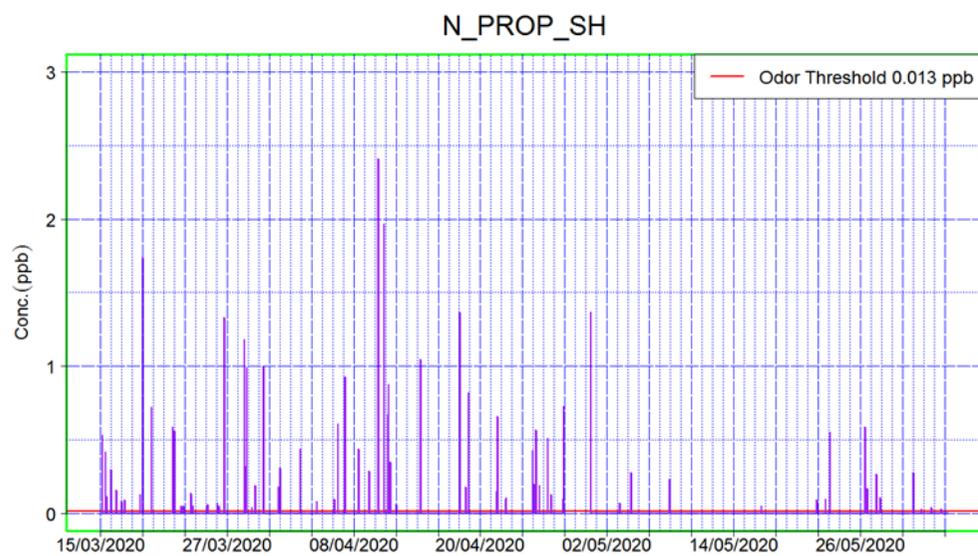


Figura 2: grafici della campagna di misura a Aprilia (LT) per il N-propil-mercaptano, iso-propil-mercaptano, N-butil-mercaptano, iso-butil-mercaptano;

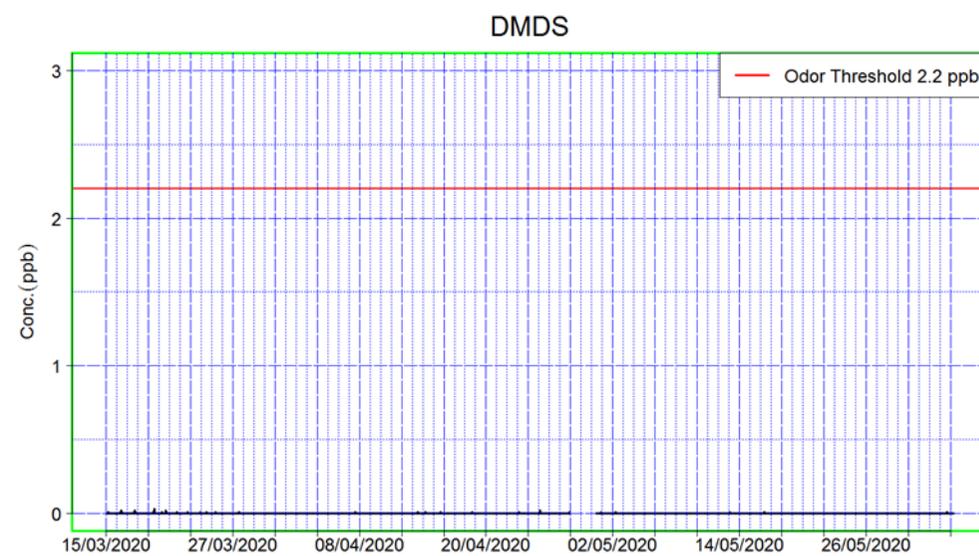
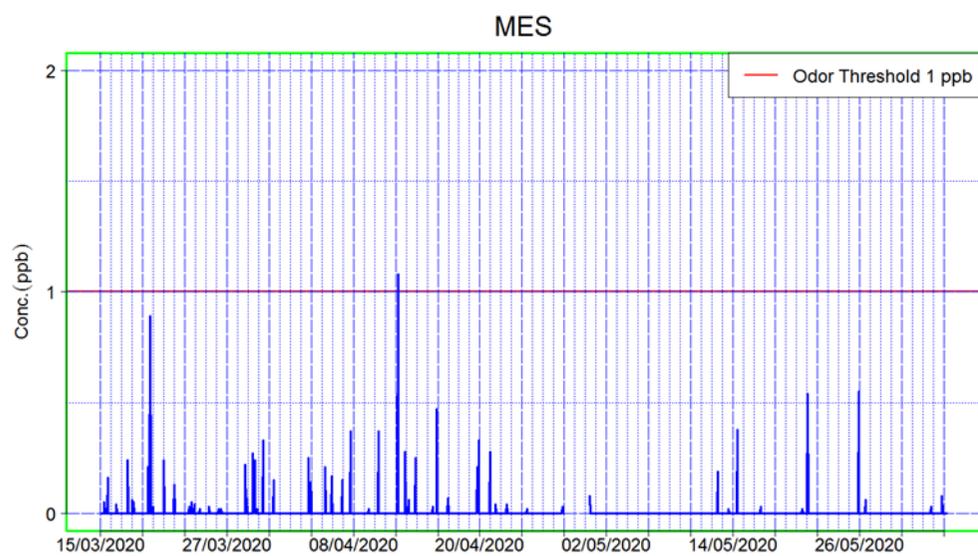
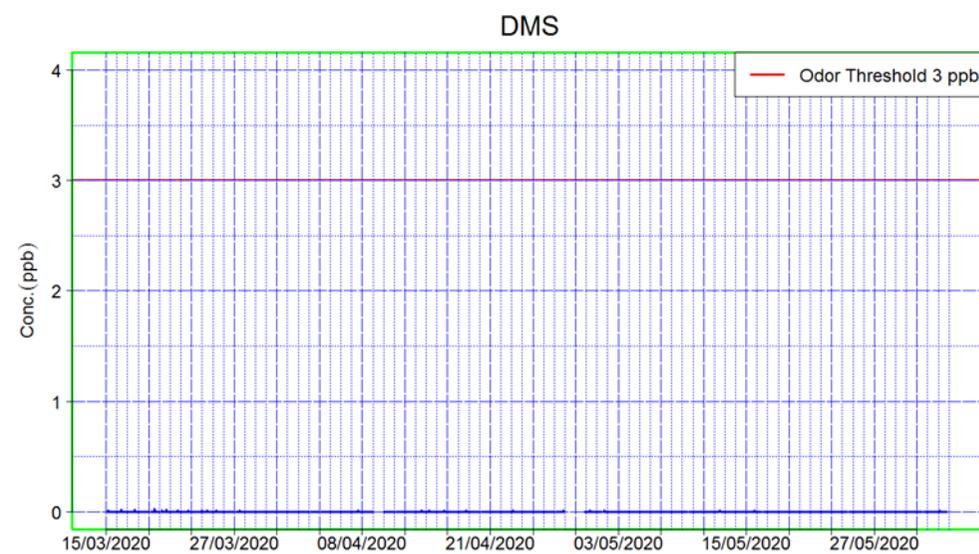
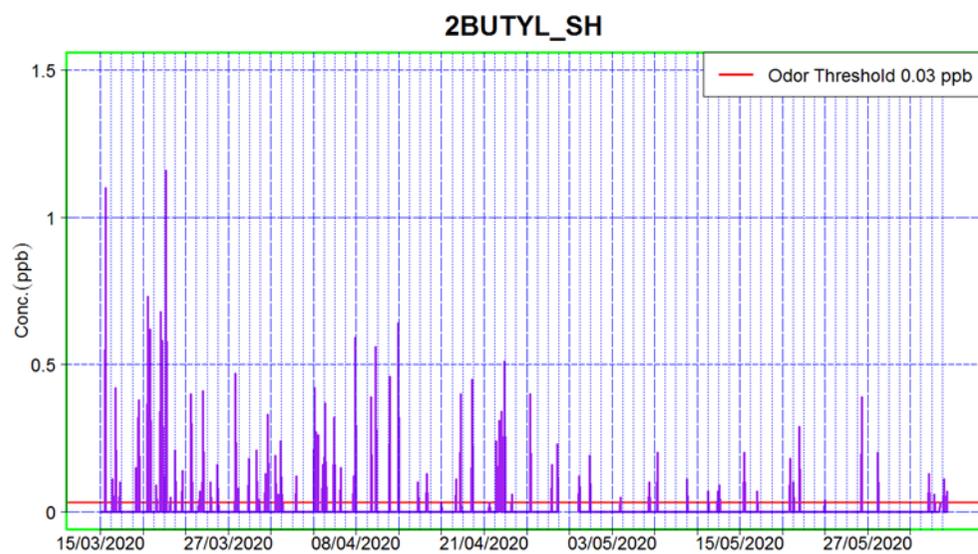


Figura 3: grafici della campagna di misura a Aprilia (LT) per il 2-butil mercaptano, dimetil-solfuro, metil-etil-solfuro, dimetil-disolfuro;

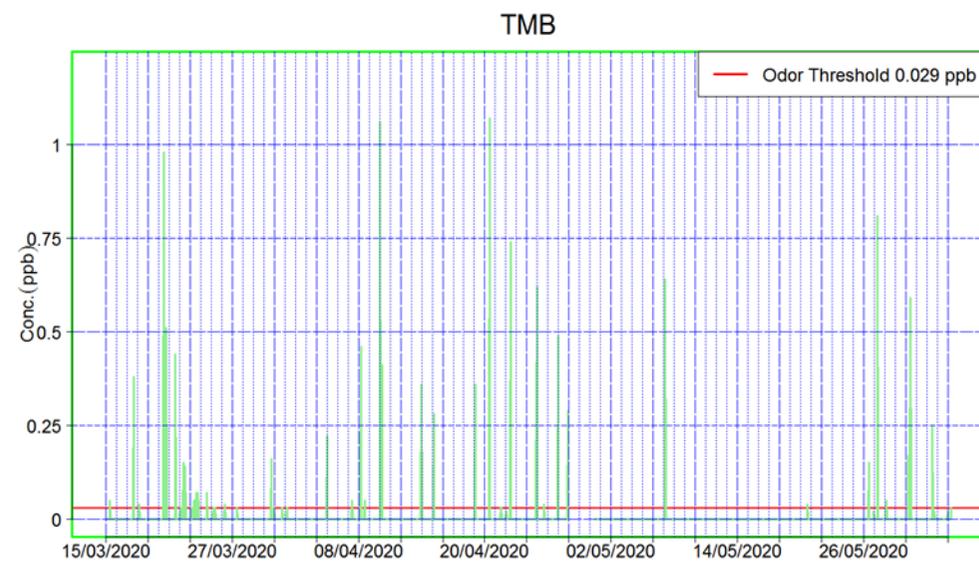
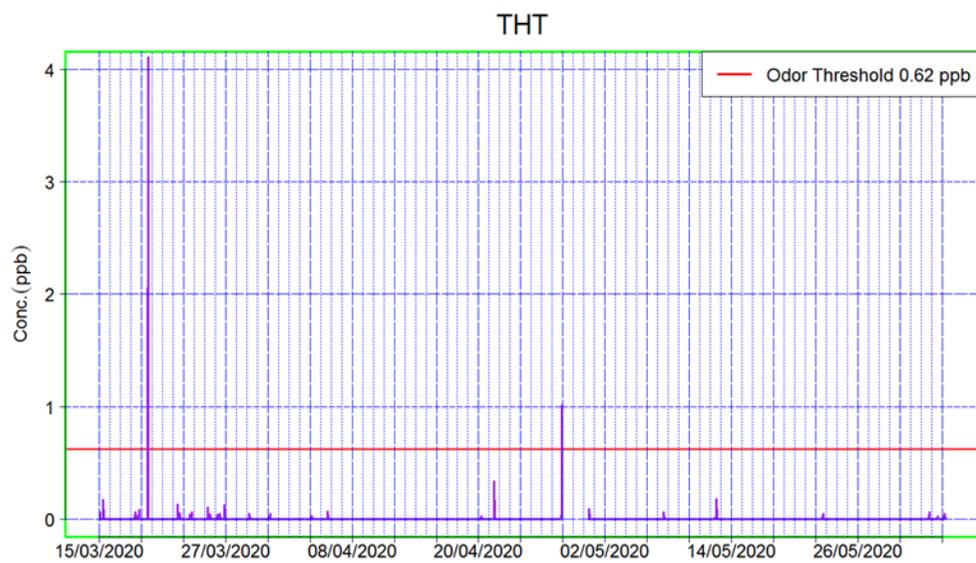


Figura 4: grafici della campagna di misura a Aprilia (LT) per il solfuro di tetrametile e terz-butil-mercaptano

Nel grafico dell'H₂S è stata indicata la linea di 7µg/m³ per fornire un riferimento del livello a cui le Linee Guida WHO "Air Quality Guidelines for Europe" individuano, per questa sostanza, la soglia al di sotto della quale dovrebbero restare le concentrazioni, misurate con un periodo di mediazione di 30 minuti, al fine di non provocare disturbo alla popolazione esposta.

Nella Tabella 4 è sinteticamente riportato il numero di ore in cui le medie orarie delle varie sostanze odorigene misurate durante il monitoraggio hanno superato la rispettiva soglia di odore. Tuttavia, come già evidenziato, il valore medio orario, utilizzato normalmente come indicatore nelle normali campagne di misura della qualità dell'aria, per la quantificazione della molestia olfattiva potrebbe non essere indicativo. Infatti in questo caso appare necessario utilizzare tempi di mediazione molto più brevi, anche dell'ordine di alcuni secondi, così da mettere in evidenza eventuali picchi di limitata durata temporale.

Tabella 4: Superamenti delle soglie di odore (OT) registrati per le medie orarie delle varie sostanze odorigene durante la campagna di misura.

SOSTANZA	ORE VALIDE	N° Sup OT	% Sup OT
DMDS	1861	0.0	0.0
METHYL-SH	1861	109	5.9
ETHYL-SH	1861	18	1.0
DMS	1861	0	0.0
ISO-PRO-SH	1861	22	1.2
TMB	1861	31	1.7
N-PROP-SH	1861	70	3.8
MES	1861	1	0.1
2-BUTYL-SH	1861	89	4.8
THT	1861	2	0.1
DES	1861	100	5.4
N-BUTYL-SH	1861	51	2.7
ISO-BUT-SH	1861	93	5.0
H ₂ S	1786	965	54.0
NH ₃	1729	0	0.0

È bene precisare che i valori tabulati sono comunque riferiti a sostanze pure; in presenza di miscele le diverse sostanze possono interagire in maniera complessa dando origine ad effetti di additività, sinergia e antagonismo; schematicamente:

- additività: $R_{AB} = R_A + R_B$
- sinergia: $R_{AB} > R_A + R_B$
- antagonismo: $R_{AB} < R_A + R_B$

dove R_A e R_B rappresentano la soglia di percettibilità di due sostanze pure, mentre R_{AB} è la soglia di percezione della miscela ottenuta combinando le due sostanze.

5. Stima dell'impatto odorigeno

5.1 Metodo sperimentale per la determinazione del disturbo di una miscela di sostanze odorigene

Il metodo sperimentale utilizzato, basato su ricerche documentate dalla letteratura scientifica attuale, si prefigge di quantificare per ognuna delle ore in cui è durata la campagna di misura, l'**intensità di odore**, proprietà che esprime la forza dello stimolo olfattivo e ne rappresenta l'effetto. L'intensità di odore quindi porta un'informazione complementare rispetto alla concentrazione e tra di essi esiste una sostanziale differenza: la concentrazione è una misura della quantità di odore presente nella miscela gassosa, mentre l'intensità è una **misura della grandezza della sensazione che lo stimolo genera, venendo rilevato e interpretato dal sistema olfattivo**.

Sebbene concettualmente diverse, concentrazione ed intensità di odore sono grandezze correlate: solitamente, tanto più elevata è la concentrazione dell'odorante, tanto più intensa è la sensazione che genera. Analogamente a quanto avviene per altri sensi, come vista e udito, la relazione tra grandezza dello stimolo e intensità non è lineare ma logaritmica.

Esistono diverse funzioni matematiche che illustrano questa dipendenza tuttavia studi hanno riscontrato che la miglior corrispondenza tra quanto calcolato e quanto rilevato sperimentalmente attraverso tecniche di olfattometria dinamica è data dalla seguente relazione:

$$\text{RELAZIONE DI WEBER-FECHNER: } OI = k_1 \log_{10} (C/OT) + k_2$$



dove OI è l'intensità di odore, C la concentrazione dell'odorante, OT la concentrazione alla soglia di percezione, k_1 e k_2 i coefficienti di Weber-Fechner, caratteristici dell'odorante, da determinare sperimentalmente.

La scala di intensità di odore cui si fa riferimento è quella riportata nella tabella che segue

Intensità di Odore	Descrizione	
0	Nessun odore percepito	No odor
1	Odore debole	Odor slight
2	Odore rilevante e discernibile	Odor noticeable
3	Odore forte	Odor strong
4	Odore molto forte	Odor very strong
5	Odore intollerabile	Odor unbearable

Scala ASTM dell'intensità di odore

Poiché tuttavia nelle situazioni reali le sostanze odoranti sono sempre presenti in miscela, si pone la necessità di determinare l'intensità di odore della miscela odorigena che le varie sostanze formano. In letteratura scientifica sono documentati alcuni metodi di conversione per i quali i ricercatori hanno riscontrato una corrispondenza accettabile con metodi di determinazione alternativi condotti parallelamente. Uno di questi è quello citato nell'articolo "*Conversion of the chemical concentration of odorous mixtures into odour concentration and odour intensity: a comparison of methods*" da Wu et al. (2016) e consiste nel:

1. Determinare i contributi olfattivi di ogni composto rilevato (Odour Activity Value, OAV), come rapporto tra la concentrazione e la relativa soglia di percezione (Odour Threshold, OT):

Per l' i -esima sostanza che compone la miscela vale la relazione

$$OAV_i = \frac{C_i}{OT_i}$$



(La concentrazione della sostanza e la relativa soglia devono essere espresse in unità di misura coerenti in modo che l' OAV_i risulti adimensionale);

2. Sommare tra loro i singoli contributi OAV_i per determinare il $SOAV$ ovvero l'Odour Activity Value dell'intera miscela:

$$SOAV = \sum OAV_i$$

Il $SOAV$ di una miscela è proporzionale in prima approssimazione alla sua concentrazione di odore;

3. Calcolare l'intensità di odore (Odor Intensity, OI) della miscela attraverso la legge di Weber-Fechner assumendo il coefficiente moltiplicativo del logaritmo k_1 pari a 1 e il coefficiente additivo k_2 pari a 0,5

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

Coerentemente al procedimento sopra esposto, si è proceduto pertanto a calcolare per ogni ora valida della campagna e per ogni sostanza discriminata dal gascromatografo il Valore di Attività Odorosa (OAV) a dividere il valore medio orario della concentrazione del composto con la relativa Soglia Olfattiva (OT).

I VOC quantificati dal PID, componente della strumentazione del Vigi-e-nose, a livello olfattivo, sono stati equiparati al DMS come da indicazioni della casa costruttrice.

Operativamente, pertanto, per ogni ora valida della campagna, è stato determinato un $SOAV$ che tenesse conto del contributo degli OAV di tutte le sostanze elencate al paragrafo 3.2 oltre ai $VOCEqDMS$.

Come sottolineato in precedenza ed ampiamente trattato nel documento "La molestia olfattiva. Fenomenologia, criticità e protocollo sperimentale di misura" (reperibile al link http://www.arpalazio.gov.it/download/?sez=pubblicazioni&pid=file&fln=Report_MOLESTIA_OLFA_TTIVA_pdf_alta_risoluzione.pdf) il valor medio orario di una grandezza non è rappresentativo del disturbo che percepisce il naso umano che inspira tipicamente ogni 5 secondi. Per tener conto di

questo aspetto e valutare la possibilità che durante l'ora una molestia olfattiva sia percepita più volte anche per brevi momenti, è quindi necessario correggere il valor medio orario del SOAV e calcolarne il valore di picco (*SOAV_p*) definito come il 99° percentile della distribuzione che rappresenta l'andamento di tale grandezza nell'ora. Il *SOAV_p* viene utilizzato per la determinazione dell'Intensità di Odore *OI* della miscela attraverso la legge di Weber Fechner sopra citata. Lo strumento utilizzato allo scopo di ricostruire la distribuzione di probabilità delle sostanze sospese in aria, nell'ipotesi che si comportino statisticamente tutte nello stesso modo, è quello che misura l'H₂S in quanto ha un tempo di campionamento dell'ordine di qualche secondo (tempo quindi confrontabile con il respiro umano). E' quindi possibile ricostruire la distribuzione di probabilità di tale inquinante all'interno dell'ora e applicarla, attraverso i parametri che la descrivono, al SOAV per ricavare il SOAV di picco.

5.2 Numero di ore per ogni evento

Nella tabella sotto riportata vengono indicate in quantità e in percentuale rispetto al totale di quelle valide ai fini della determinazione dell'intensità di odore (1837 ore), le ore corrispondenti a ciascuna delle classi individuate dalla scala ASTM degli odori. Le intensità di odore in tabella sono state calcolate utilizzando il concetto di intensità di picco, pertanto il valore assegnato a ogni singola ora non sta a significare che la percezione della molestia sia stata rilevata durante tutta l'ora ma che durante la stessa la molestia si sia verificata con una certa probabilità.

scala ASTM	Intensità di odore	Ore [numero]	Ore [%]
da nessun odore a debole	0 - 1	211	11.5%
da debole a discernibile	1 - 2	1121	61.0%
da discernibile a forte	2 - 3	482	26.2%
da forte a molto forte	3 - 4	22	1.2%
da molto forte a intollerabile	4 - 5	1	0.1%

5.3 Ore odore istogrammi e rose

Il grafico che segue rappresenta l'andamento nel tempo dell'Intensità di odore ricavata applicando la legge di Weber Fechner (con coefficienti rispettivamente di 1 e 0.5) al *SOAVp*.

Vengono rappresentate solo le ore valide della campagna (le date sono in formato mm/gg/aaaa).

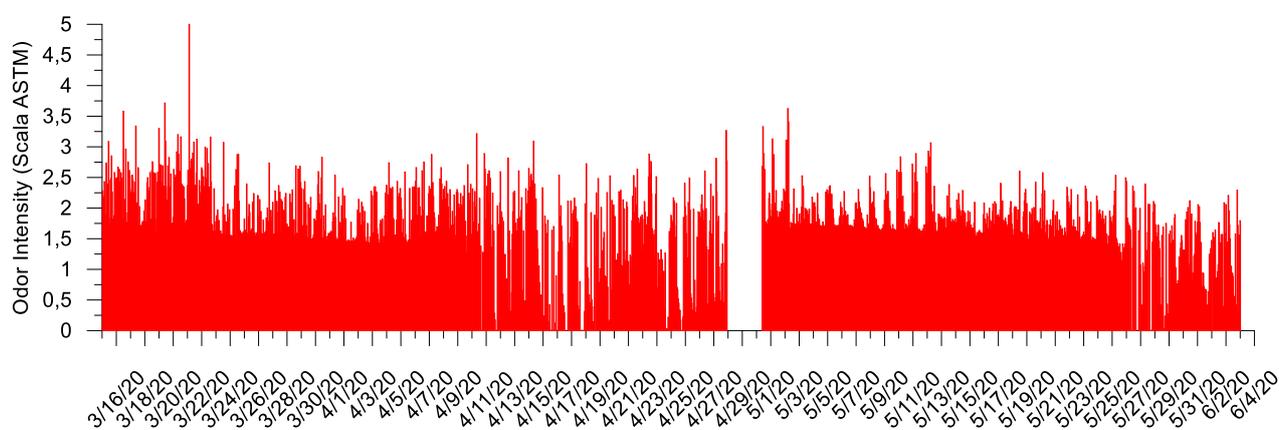


Figura 5: andamento nel tempo dell'intensità do odore (scala ASTM)

Gli OI di cui sopra potrebbero essere sottostimati, in quanto, come già specificato nel paragrafo 3.3, lo strumento deputato alla quantificazione dei VOC e quello per la misura dell'ammoniaca, per alcuni periodi, sono stati inattivi. Durante il mese di aprile coerentemente con la chiusura di molte attività dovuta alle disposizioni governative per l'emergenza Covid-19 si notano valori medi più bassi che nei periodi precedenti e successivi.

Al fine di individuare la direzione di provenienza degli odori si è rappresentata l'intensità di odore in funzione della direzione dei venti registrati per ogni ora della campagna dalla strumentazione presente nel mezzo mobile. Dal grafico (Figura 6) si desume che le direzioni da cui provengono gli odori, così come stimati dal metodo sperimentale utilizzato, sono comprese tra EST e SUD-OVEST, con una prevalenza della direzione EST.

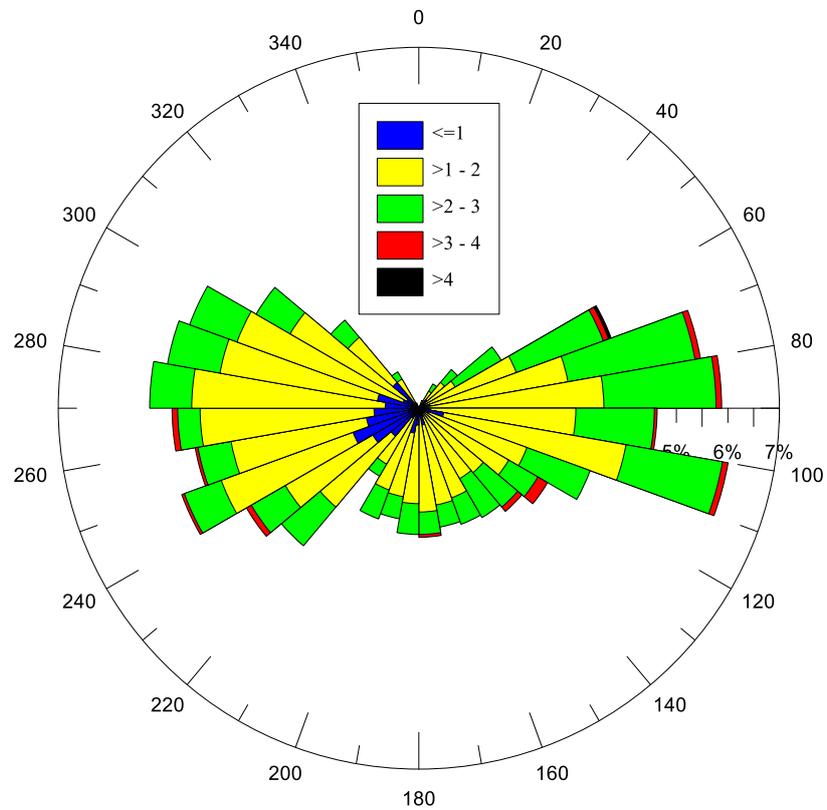


Figura 6: rosa dei venti dell'intensità do odore (scala ASTM)

Si riporta in Figura 7 la rosa delle intensità di odore sovrapposta all'ortofoto.

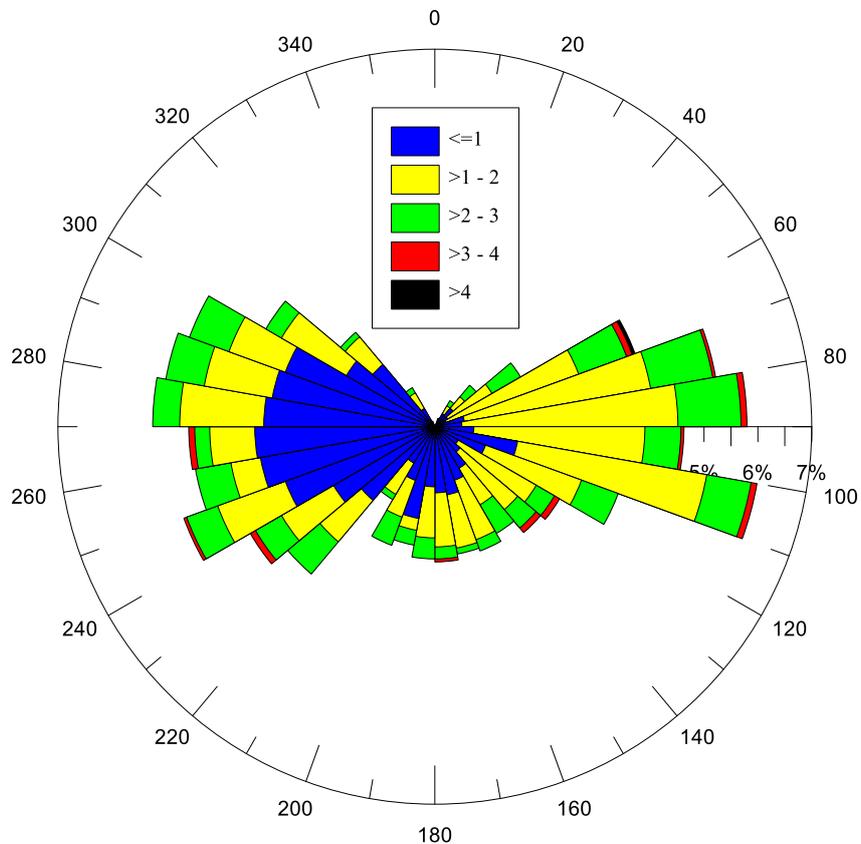


Figura 8: rosa dei venti dell'intensità do odore senza VOC (scala ASTM)

Dalla figura 8 si evince che i venti provenienti da OVEST, rispetto a quelli provenienti da EST, hanno un minor contenuto di composti dello zolfo (nella scala ≤ 1).

A completamento si rappresenta in una grafico a rosa dei venti i valori che assumerebbe l'intensità di odore qualora si considerassero solamente i $VOCEqDMS$ (Figura 9). Dalla figura emerge che essi sembrano avere una provenienza abbastanza uniforme in frequenza da EST e da OVEST, mentre per quel che riguarda l'intensità valore più alto si registra con venti provengono da EST.

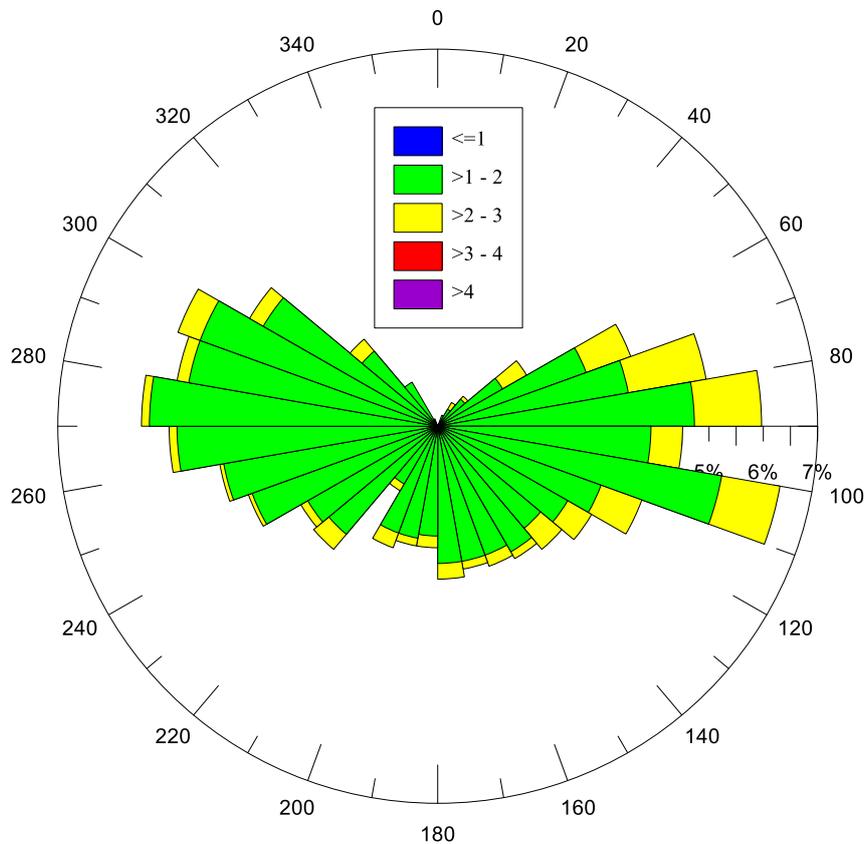


Figura 9: rosa dei venti OI con il solo contributo dei VOCeqDMS

Infine in Figura 10 si rappresenta, sempre in un grafico a rosa dei venti, la concentrazione media oraria, espressa in $\mu\text{g}/\text{m}^3$, del solo idrogeno solforato (tracciante particolarmente significativo per il suo potenziale odoroso e per la specificità delle sorgenti che lo producono). Per quanto indicato al paragrafo 4.1 si è utilizzato come valore indicativo $7\mu\text{g}/\text{m}^3$. Da tale rappresentazione si evince che quando il vento spira da SUD-OVEST, nella maggior parte dei casi, la concentrazione di H_2S è inferiore a $1\mu\text{g}/\text{m}^3$, invece quando il vento spira da EST i valori più frequenti di concentrazione sono tra $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ e $7\mu\text{g}/\text{m}^3$, con alcuni eventi anche superiori a $7\mu\text{g}/\text{m}^3$.

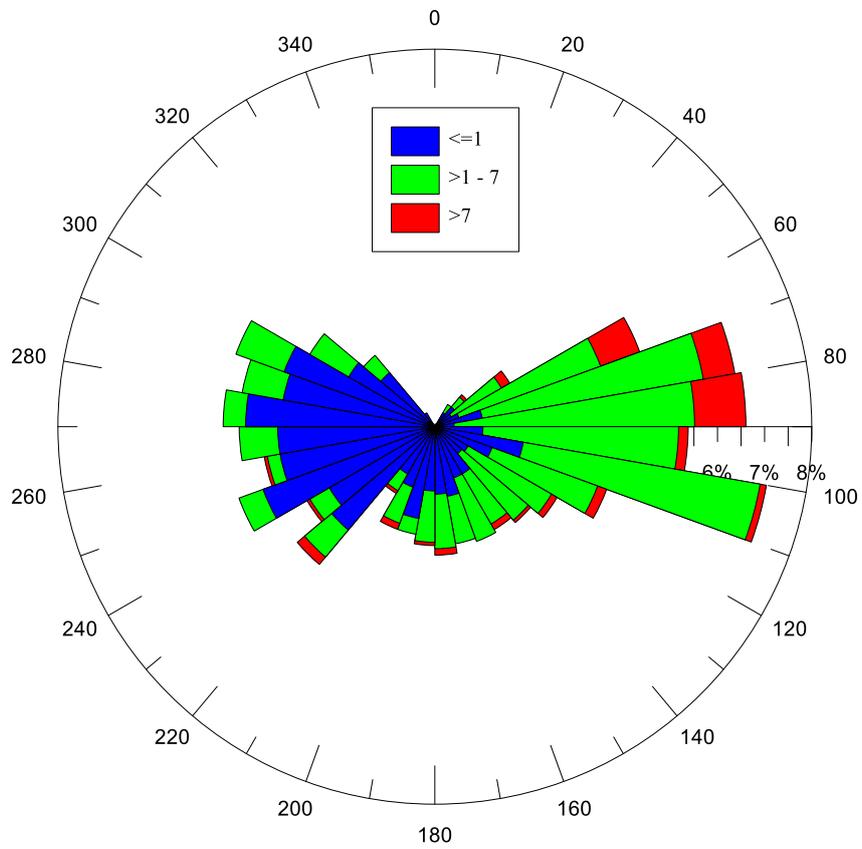


Figura 10: rosa dei venti dell'H₂S concentrazione media oraria ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

6. Conclusioni

L'ARPA Lazio, alla luce di alcuni esposti e segnalazioni ha eseguito, a partire dal 15 marzo e fino al 2 giugno 2020 nel comune di Aprilia, un monitoraggio della qualità dell'aria ai sensi del D.lgs.155/2010. Un primo monitoraggio dello stato di qualità dell'aria, rispetto ai parametri del D.lgs.155/2010, era stato condotto nel periodo febbraio-marzo 2020. L'intervallo di tempo in cui è avvenuta la campagna ha compreso il periodo di lockdown disposto dal Governo italiano per l'emergenza Covid-19, periodo durante il quale le emissioni generate da alcuni settori (tra i quali trasporto e industria) hanno subito una significativa diminuzione.

L'Agenzia nell'ambito della seconda campagna ha provveduto, oltre alla verifica degli inquinanti previsti dal D.lgs.155/2010, a realizzare un monitoraggio sperimentale dell'inquinamento odorigeno.

E' necessario evidenziare che il rispetto degli standard previsti dal D.lgs.n.155/2010 non assicura l'assenza di odori molesti.

L'assenza di un quadro normativo con riferimenti specifici ed adeguati alla complessità della problematica dell'impatto olfattivo, comporta l'insorgere di molteplici difficoltà nel valutare compiutamente l'impatto dei fenomeni osmogeni, in termini sia qualitativi che quantitativi.

Poiché l'odore è una risposta soggettiva ad una stimolazione delle cellule olfattive, presenti nella sede del naso, da parte di molecole gassose, l'oggettivazione degli odori e la loro misura univoca ed esaustiva, in particolare per miscele complesse e con più componenti, è un problema in buona parte ancora irrisolto, anche perché la sensibilità umana nella percezione degli odori spesso si dimostra superiore ai limiti di rilevabilità delle tecniche analitiche tradizionali.



Per tale motivo, non è identificabile un metodo esaustivo per la misura degli odori ma è spesso necessario ricorrere ad un insieme di indagini e di tecniche, tra loro complementari per riuscire ad ottenere il maggior numero di informazioni possibili.

L'ARPA Lazio ha avviato una serie di attività finalizzate a sperimentare la definizione di un protocollo di misura che, mediante l'utilizzo di analizzatori "in continuo" di inquinanti gassosi, provi ad evidenziare la presenza di fenomeni di inquinamento odorigeno. Il protocollo di misura è in corso di verifica attraverso l'esecuzione di campagne di misura ed il confronto con le altre Agenzia del sistema nazionale di protezione dell'ambiente (SNPA).

Per realizzare la misura dell'impatto odorigeno attraverso il protocollo sperimentale, l'ARPA Lazio ha posizionato un mezzo mobile presso l'azienda Marcellini in Via della Meccanica 31. La posizione è stata scelta in accordo con il Comune di Aprilia sulla base degli esposti relativi alla presenza di cattivo odore.

Nel report sono stati presentati i grafici delle concentrazioni delle singole sostanze misurate dalla strumentazione presente sul mezzo mobile, con l'evidenza della soglia olfattiva e l'indicazione del numero di eventi in cui si registra un superamento della stessa.

Inoltre per valutare l'effetto odorigeno delle sostanze non singolarmente, ma tenendo conto della loro coesistenza in miscela, è stata stimata con un metodo sperimentale e per ogni ora valida della campagna, l'intensità di odore della miscela, il cui valore è raffrontabile con una scala a 5 valori che va da odore inesistente a odore intollerabile (fonte ASTM).

Dalle risultanze dello studio sperimentale **si registrano, nel periodo di misura** (1837 ore valide ai fini del calcolo dell'intensità di odore), **un 26.2% di eventi con intensità di odore da discernibile a**



forte (482 ore durante le quali la molestia si è verificata con una certa probabilità) e un 1.2% con intensità di odore da forte a molto forte (22 ore durante le quali la molestia si è verificata con una certa probabilità), in 1 ora della campagna l'odore è risultato intollerabile. È necessario ribadire che le intensità di odore sono state calcolate utilizzando il concetto di intensità di picco, pertanto il valore assegnato a ogni singola ora non sta a significare che la percezione della molestia sia stata rilevata durante tutta l'ora ma che durante la stessa la molestia si sia verificata con una certa probabilità.

La direzione da cui provengono i venti, durante le ore in cui l'intensità di odore è maggiore, sono comprese tra EST e SUD-OVEST, con una prevalenza della direzione EST.



7. Bibliografia

Nagata Y. (2003a): *Odor intensity and odor threshold value*. – Journal of Japan Air Cleaning Association **41**, 17-25

Nagata Y. (2003b): *Measurements of odor threshold by triangle odor bag method. Odor measurements review*. – Ministry of Environment (MOE), Japan, pp. 118-127

Wu C., J Liu, P. Zhao, M. Piringer, G. Schauburger (2016): *Conversion of the chemical concentration of odorous mixtures into odour concentration and odour intensity: a comparison of methods* – Atmos. Environ. , **127**, 283-292

World Health Organization Regional Office for Europe Copenhagen (2000): *Air Quality Guidelines for Europe* - WHO Regional Publications, European Series, No. 91

Sozzi R., Bennati L., Bolignano A. (2018): *La molestia olfattiva. Fenomenologia, criticità e protocollo sperimentale di misura* – ARPA Lazio Report/Aria_07

