



Metodologie per la valutazione delle emissioni odorigene

Documento di sintesi

**elaborato a cura del Gruppo di Lavoro 13 nell'ambito dei lavori del Programma
Triennale 2014-2016 dell'SNPA**

Maggio 2018

Autori dei contributi

ARPA Emilia Romagna - Stefano Forti, Alessio Del Carlo

ARPA Friuli Venezia Giulia - Alessandra Pillon

ARPA Lombardia - Elisabetta Angelino

ARPA Piemonte - Irene Davi, Massimiliano Pereno, Clemente Porporato

ARPA Puglia - Magda Brattoli, Antonio Mazzone

ISPRA - Simona Calà, Michele Ilacqua, Lorenzo Maiorino, Lucia Muto

Gruppo di lavoro/Rete dei referenti

ARPA Basilicata - Achille Palma

ARPA Calabria - Francesco Iuliano

ARPA Campania - Tiziana Capolupo

ARPA Emilia Romagna - Stefano Forti

ARPA Friuli Venezia Giulia - Alessandra Pillon

ARPA Liguria - Lucia Bisio

ARPA Lombardia - Elisabetta Angelino

ARPA Marche - EriKa Alberini

ARPA Piemonte - Irene Davi, Massimiliano Pereno, Clemente Porporato

ARPA Puglia - Magda Brattoli, Antonio Mazzone

ARPA Sardegna - Antonio Scudu

ARPA Sicilia - Halibert Scaffidi Abbate

ARPA Toscana - Antongiulio Barbaro

ARPA Umbria - Monica Angelucci

ARPA Valle d'Aosta - Devis Panont

ARPA Veneto - Ugo Pretto

ARTA Abruzzo - Carla Cimatori

ISPRA - Michele Ilacqua, Lorenzo Maiorino, Lucia Muto, Simona Calà

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO - Gabriele Tonidandel

Coordinamento

ARPA Puglia - Magda Brattoli

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano i colleghi Roberta de Maria (ARPA Piemonte) e Francesco Montanari (ARPA Friuli Venezia Giulia) per il proficuo contributo alla stesura del presente documento.

INDICE

Premessa	p. 5
1. L'odore e la sua percezione	p. 7
1.1 <i>Cenni sul meccanismo fisiologico di percezione dell'odore</i>	p. 7
1.2 <i>Proprietà caratteristiche dell'odore</i>	p. 8
1.3 <i>La molestia olfattiva</i>	p. 12
<i>Bibliografia</i>	p. 16
2. I principali riferimenti normativi in materia di odori	p. 18
2.1 <i>Odore e impatto olfattivo</i>	p. 18
2.2 <i>Elementi della normativa ambientale nazionale</i>	p. 18
2.3 <i>Tutela normativa indiretta</i>	p. 23
2.4 <i>Riferimenti normativi su scala europea</i>	p. 26
2.5 <i>Approcci normativi su scala internazionale</i>	p. 28
3. Elementi valutativi nell'ambito di procedure di autorizzazione	p. 30
3.1 <i>Procedure autorizzative degli impianti a rischio osmogeno</i>	p. 30
<i>Bibliografia</i>	p. 36
4. Metodologie di monitoraggio delle emissioni odorigene	p. 37
4.1 <i>Procedure di raccolta, prelievo e gestione dei campioni gassosi odorigeni</i>	p. 40
4.1.1 <i>Metodologie e supporti di campionamento</i>	p. 42
4.1.2 <i>Strategia di campionamento olfattometrico: sorgenti odorigene e campionamenti ambientali</i> .p.	45
4.2 <i>Monitoraggio chimico</i>	p. 52
4.2.1 <i>Tecniche di campionamento ed analisi</i>	p. 53
4.2.2 <i>Analisi mediante Gascromatografia/Spettrometria di massa (GC/MS)</i>	p. 54
4.2.3 <i>Analisi mediante Gascromatografia/Olfattometria (GC/O)</i>	p. 55
4.3 <i>Olfattometria dinamica</i>	p. 57
4.3.1 <i>Modalità di campionamento per specifiche sorgenti e criteri di rappresentatività dei campioni</i>	p. 58
4.3.2 <i>Analisi olfattometrica</i>	p. 63
4.4 <i>Metodi senso-strumentali</i>	p. 66
4.5 <i>Coinvolgimento della popolazione nel controllo delle emissioni odorigene</i>	p. 73
4.5.1 <i>Monitoraggio in campo mediante panel addestrato</i>	p. 74
4.5.1.1 <i>Metodo a griglia</i>	p. 75
4.5.1.2 <i>Metodo del pennacchio</i>	p. 76
4.5.2 <i>Approcci per la valutazione mediante coinvolgimento diretto della popolazione</i>	p. 77
<i>Bibliografia</i>	p. 81
5. Modelli di dispersione per la valutazione di impatto olfattivo	p. 84
5.1 <i>Introduzione</i>	p. 84
5.2 <i>Ambiti di applicazione dei modelli matematici nel campo delle molestie olfattive</i>	p. 84
5.3 <i>I modelli matematici di dispersione</i>	p. 85
5.4 <i>Linee Guida specifiche sull'applicazione dei modelli nella valutazione dell'impatto olfattivo</i>	p. 88
5.4.1 <i>Input di modello</i>	p. 89
5.4.2 <i>Tipologia del modello</i>	p. 92

5.4.3 Informazioni prodotte dai modelli	p. 93
<i>Bibliografia</i>	p. 95
6. Approcci integrati per la valutazione della molestia olfattiva	p. 97
6.1 <i>Strumenti di valutazione</i>	p. 97
6.2 <i>Casi applicativi</i>	p. 101
<i>Bibliografia</i>	p. 102
7. Metodologie di abbattimento degli odori	p. 103
7.1 <i>Metodi di controllo degli odori alla sorgente</i>	p. 104
7.1.1 Captazione ed estrazione	p. 104
7.1.2 Adsorbimento	p. 104
7.1.3 Scrubbing umido	p. 106
7.1.4 Sistemi biologici di abbattimento	p. 107
7.1.4.1 Biofiltrazione	p. 107
7.1.4.2 Biotrickling	p. 110
7.1.4.3 Bioscrubber	p. 111
7.1.5 Ozono e ultravioletti (UV)	p. 114
7.1.6 Ossidazione termica	p. 115
7.1.7 Ossidazione catalitica	p. 115
7.1.8 Neutralizzazione degli odori	p. 116
7.2 <i>Interventi di controllo e mitigazione delle emissioni odorigene per specifiche tipologie di impianti</i>	p. 116
7.2.1 Impianti di trattamento delle acque reflue	p. 117
7.2.2 Allevamenti intensivi	p. 122
7.2.3 Industria della Raffinazione del petrolio	p. 125
7.2.4 Impianti di trattamento rifiuti	p. 127
7.2.5 Impianti di discarica	p. 128
<i>Bibliografia</i>	p. 131
Conclusioni	p. 133

Premessa

Il tema del monitoraggio, controllo e valutazione dell'impatto olfattivo prodotto da alcune realtà industriali è oggetto di sempre maggior attenzione per la Pubblica Amministrazione, per gli Enti preposti al rilascio delle autorizzazioni ambientali e, di conseguenza, per gli Enti di controllo in relazione alle sempre più numerose segnalazioni e richieste di intervento da parte della popolazione esposta che rivendica una migliore qualità della vita. L'impossibilità di disporre di una normativa ambientale specifica e di tecnologie e norme tecniche strumentali adeguate alla complessità del problema determinano la difficoltà dell'Ente di controllo nella valutazione complessiva dell'impatto dei fenomeni osmogeni. I differenti approcci di monitoraggio disponibili, l'esigenza di valutarne l'efficacia e l'accuratezza su base scientifica e la necessità di integrarne le risposte analitiche ed utilizzarle opportunamente in relazione alle differenti tipologie di impianti e di obiettivo di controllo, impongono una riflessione coordinata delle Agenzie anche in riferimento alle normative/Linee Guida di settore di cui gli Enti che rilasciano le autorizzazioni si stanno dotando.

Il presente documento nasce dall'esigenza del Sistema Agenziale di disporre di un quadro di riferimento comune, data l'eterogeneità delle esperienze acquisite e delle metodologie di approccio utilizzate, in considerazione delle dotazioni tecnico - strumentali disponibili per ciascuna Agenzia e della specificità delle attività produttive del territorio.

Obiettivo del presente documento è, pertanto, fornire agli Enti di Controllo informazioni utili per la scelta degli approcci adeguati ad effettuare un'azione di prevenzione, controllo e valutazione delle emissioni odorigene, tenendo conto del più recente stato dell'arte relativamente alla normativa, alle metodologie utilizzabili più robuste, alla ricognizione delle esperienze di successo in corso e alle tecnologie disponibili.

Il documento è strutturato in specifici capitoli in cui è possibile reperire informazioni circa:

- **Capitolo 1 - L'odore e la sua percezione.** Dopo una breve descrizione del meccanismo fisiologico di percezione dell'odore, sono descritte le caratteristiche proprie delle sostanze odorigene e i fattori che possono contribuire a determinare la molestia olfattiva.
- **Capitolo 2 - I principali riferimenti normativi in materia di odori.** Sono riportati alcuni esempi di approcci normativi internazionali, con particolare riferimento alle disposizioni nella normativa ambientale nazionale e regionale nonché ad aspetti riguardanti gli orientamenti giurisprudenziali in materia.
- **Capitolo 3 - Elementi valutativi nell'ambito di procedure di autorizzazione.** Questa sezione fornisce, in maniera sintetica, elementi utili per esaminare la documentazione prodotta da impianti a rischio osmogeno nell'ambito delle procedure autorizzative, al fine di valutare prescrizioni tecniche e gestionali per il contenimento delle emissioni, nonché le modalità per il monitoraggio ed il controllo.
- **Capitolo 4 - Metodologie di monitoraggio delle emissioni odorigene.** Questa sezione esamina i diversi aspetti relativi al monitoraggio, dalla fase di campionamento all'analisi. Sono descritte, in maniera specifica, le possibili metodologie da applicare in riferimento alle tipologie di sorgenti. Si riporta, quindi, una trattazione relativa al monitoraggio

chimico, alla tecnica sensoriale standardizzata dell'olfattometria dinamica, ai metodi senso-strumentali, nonché alle modalità di coinvolgimento diretto della popolazione.

- **Capitolo 5 – Modelli di dispersione per la valutazione dell'impatto olfattivo.** Il capitolo descrive l'ambito generale di applicazione dei modelli di dispersione in riferimento a Linee Guida specifiche redatte in ambito regionale ed esamina i dati richiesti in input al modello.
- **Capitolo 6 – Approcci integrati per la valutazione della molestia olfattiva.** Questa sezione fornisce indicazioni sulle modalità di approccio utilizzabili per esaminare un caso di molestia olfattiva, attraverso l'integrazione di diversi strumenti di valutazione. Sono presentate, in Allegato, schede di sintesi relative a casi studio specifici affrontati da alcune Agenzie Ambientali.
- **Capitolo 7 – Metodologie di abbattimento delle emissioni odorigene.** Il capitolo fornisce una disamina delle principali tecnologie di abbattimento delle emissioni odorigene, riportando un approfondimento sui possibili interventi di controllo e mitigazione relativamente ad alcune tipologie di attività: impianti di trattamento di acque reflue, allevamenti intensivi, industria della raffinazione, impianti di trattamento dei rifiuti e discariche.

1. L'ODORE E LA SUA PERCEZIONE

Con il termine “odore” ci si riferisce alla sensazione generata dall'interazione di alcuni composti chimici, presenti in una miscela gassosa e caratterizzati da sufficiente volatilità, con i recettori del sistema olfattivo.

1.1 Cenni sul meccanismo fisiologico di percezione dell'odore

Dal punto di vista evolutivo, l'olfatto è considerato il più antico dei cinque sensi, come dimostrano sia il suo legame con le parti più remote e primitive del cervello (quelle che controllano gli istinti primari e le emozioni), sia il suo elevato grado di conservazione a livello strutturale e funzionale; infatti, il ruolo di senso chimico primario che svolgeva negli organismi primordiali, per l'interazione con l'ambiente di vita (orientamento spaziale, ricerca di cibo, approcci sessuali, presenza di pericoli, ecc.), è rimasto essenzialmente invariato negli organismi attuali. Tuttavia, mentre per la maggior parte degli animali è ancora evidente la fondamentale influenza della percezione olfattiva sulle funzioni vitali di sopravvivenza e riproduzione, l'uomo tende spesso a considerare l'olfatto un “senso ausiliario”, di secondaria importanza rispetto ad altri sensi come la vista, l'udito ed il gusto (dai quali si ottengono informazioni che generalmente si ritengono più dirette e più importanti). In realtà, l'olfatto interagisce con molti aspetti diversi della vita e del comportamento dell'uomo, ed è peraltro noto come i sensi chimici (olfatto e gusto) arricchiscano l'interazione dell'uomo con l'ambiente esterno e rendano le sue esperienze più complete (si pensi all'intenso potere evocativo degli odori e alla loro capacità di influenzare l'umore). Il tipo di informazione portata dagli stimoli olfattivi, l'odore appunto, non corrisponde ad una definita grandezza fisica (come la lunghezza d'onda per la vista o la frequenza dell'oscillazione di pressione per l'udito); l'odore non coincide con l'odorante che lo produce, né d'altronde è una caratteristica intrinseca delle molecole, ma corrisponde piuttosto alla sensazione che la sostanza provoca dopo essere stata interpretata dal sistema olfattivo. È, quindi, il risultato della combinazione di molteplici fattori, alcuni legati alle proprietà chimiche delle molecole, altri relativi agli effetti psico-fisici che esse producono quando vengono rilevate dall'olfatto, altri ancora più strettamente legati alla sfera soggettiva dell'individuo.

Il meccanismo che porta alla percezione olfattiva ha origine nel naso, a livello dell'epitelio olfattivo, dove sono localizzate le cellule sensoriali (neuroni) responsabili dell'interazione con le molecole odorogene e si sviluppa attraverso una serie di trasduzioni, trasmissioni ed elaborazioni dell'informazione portata dallo stimolo olfattivo al cervello, che ne elabora la risposta, sia in termini cognitivi di riconoscimento e valutazione della sensazione, sia introducendo componenti emozionali ed istintive.

Dal punto di vista anatomico (Fig. 1), il sistema olfattivo è diviso in tre componenti principali:

- **Epitelio olfattivo:** tessuto delle cavità nasali in cui sono localizzate le cellule neurosensoriali (recettori olfattivi), dotate di espansioni ciliari che portano le proteine recettrici di membrana, responsabili dell'interazione con le molecole di odorante. Consiste di tre tipologie di cellule: basali, di sostegno e neuroni olfattivi sensoriali. Le cellule basali sono cellule staminali che danno origine ai neuroni olfattivi sensoriali, uniche cellule nervose che

vengono continuamente sostituite nel corso di tutta la vita, con un ciclo di morte e rigenerazione di circa 60- 90 gg; le cellule di sostegno sono dotate di numerosi microvilli e hanno la funzione di produrre il muco che ricopre l'epitelio olfattivo; i neuroni olfattivi sensoriali sono in realtà i neuroni bipolari, ognuno dei quali possiede una sottile asta dendritica contenente ciglia specializzate che forniscono la superficie di trasduzione per gli stimoli odorigeni. Il legame delle molecole odorigene ai recettori presenti sulla membrana della superficie ciliare produce un'attivazione delle proteine G che, evocando una cascata enzimatica, conducono alla fosforilazione delle proteine del canale, in grado, di incidere sul gating dei canali ionici. Si presume che esistano da 100 a 300 classi circa di recettori e che ogni cellula sia più o meno sensibile ad ogni odorante; pertanto, si ipotizza possibile una grande varietà di combinazioni.

- **Bulbo olfattivo:** struttura, all'interno della scatola cranica, altamente organizzata composta da diversi strati distinti e specializzazioni sinaptiche, in cui convergono i prolungamenti dei neuroni e sede di una prima parziale sintesi ed elaborazione dell'informazione portata dallo stimolo in una forma percepibile dai centri cerebrali;
- **Corteccia olfattiva** (sistema olfattivo centrale): struttura cerebrale che riceve il segnale parzialmente processato dal bulbo e, a sua volta, lo trasmette alle aree coinvolte nell'elaborazione finale della risposta dell'individuo allo stimolo olfattivo. La trasmissione può verificarsi attraverso due modalità: il primo porta al sistema limbico, che governa componenti inconscie ed emozionali della percezione e all'ippocampo, responsabile della memoria olfattiva; la seconda porta al talamo e alla corteccia frontale, coinvolti nell'interpretazione cognitiva dello stimolo (tipo di odore, intensità, piacevolezza).

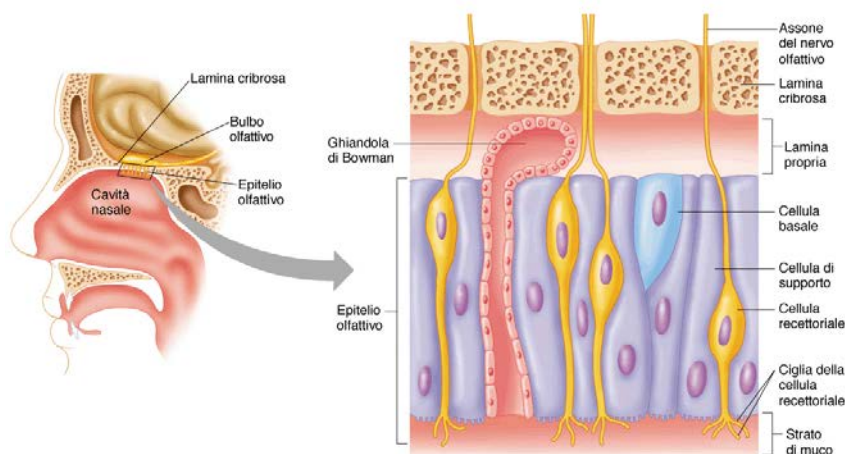


Fig. 1 – Rappresentazione del sistema olfattivo

1.2 Proprietà caratteristiche dell'odore

Esiste una sottile differenza tra percezione e sensazione: si parla di sensazione quando l'odore è rivelato a livello neuronale, di percezione quando si diviene coscienti di aver rilevato un odore; si stima che siano necessari circa 500 millisecondi affinché un odore venga registrato ed altrettanti perché si possa coscientemente percepirlo.

La percezione sensoriale degli odoranti può essere descritta mediante le seguenti caratteristiche:

- percettibilità;
- intensità;
- tono edonico;
- qualità;
- natura chimico-fisica delle sostanze.

Percettibilità

Una sostanza odorigena può essere percepita quando raggiunge in atmosfera una concentrazione minima, detta “soglia di percettibilità” richiesta per provocare uno stimolo nel sistema olfattivo. La soglia di percettibilità (Odour Threshold - OT) è definita come la concentrazione minima di odorante che viene percepita dal 50% della popolazione esposta; la soglia di percezione esprime, quindi, la concentrazione minima a cui può essere avvertito un odorante ma non implica la capacità di distinguere e identificare tale sensazione. Per questo è stata definita anche la soglia di riconoscimento: è la concentrazione minima di odorante che ne permette non solo la rilevazione, ma anche la descrizione qualitativa. In letteratura sono presenti differenti riferimenti bibliografici per la definizione degli Odour Threshold relativi a singole sostanze odorigene; tali riferimenti non sono univoci nell’attribuzione dei valori di soglia, incongruenza da attribuirsi ai differenti metodi utilizzati nella loro determinazione (Takeoka, 1998; U.S. EPA, 1992; Nagata, 2003; Van Gemert, 2011). È bene precisare che i valori tabulati sono comunque riferiti a sostanze pure; in presenza di miscele, infatti, 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.

Intensità

L’intensità di odore è la proprietà che esprime la forza dello stimolo olfattivo e ne rappresenta l’effetto a valori di concentrazione dell’odorante superiori alla soglia di percezione. Essa quindi porta un’informazione complementare rispetto alla concentrazione e, sebbene spesso i due parametri siano considerati sinonimi, 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, ed è chiaramente dipendente dall’odorante e dall’individuo che lo avverte.

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. Tuttavia, analogamente a quanto avviene per altri sensi, come vista e udito, la relazione tra grandezza dello stimolo e intensità non è lineare ma logaritmica del tipo $I = K \log C$ (Fig. 2).

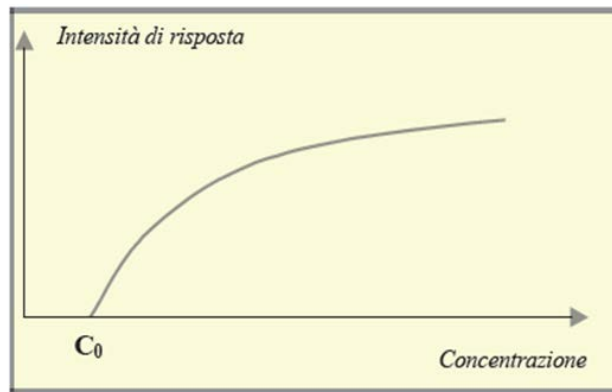


Fig. 2 – Relazione logaritmica tra intensità e concentrazione

dove C è la concentrazione, I l'intensità di odore e K la costante sperimentale che lega le due grandezze. La Fig. 2 rappresenta l'andamento logaritmico della funzione I-C (Intensità-Concentrazione), evidenziando il fatto che, al di sotto della soglia di percezione (C_0), l'intensità rimane costantemente nulla.

Esistono diverse funzioni matematiche che illustrano questa dipendenza, la scelta di una delle due funzioni illustrate di seguito dipende dalle condizioni considerate:

$$\text{RELAZIONE DI WEBER-FECHNER: } I = KW \log (C/CS)$$

dove I è l'intensità di odore, C la concentrazione dell'odorante (in ou/m^3), CS la concentrazione alla soglia di percezione ($1 \text{ ou}/\text{m}^3$), e KW è il coefficiente di Weber-Fechner, caratteristico dell'odorante, da determinare sperimentalmente mediante misure olfattometriche sia di concentrazione sia di intensità.

$$\text{RELAZIONE DI STEVENS: } I = K_S (C - C_S)n$$

dove K_S ed n sono i coefficienti di Stevens, anch'essi determinati sperimentalmente.

Generalmente l'intensità si determina per via olfattometrica, con modalità simili a quelle per la misura della concentrazione, ma presentando al panel concentrazioni dell'odorante superiori alla soglia di percezione. Al panel è richiesto di assegnare, ad ogni livello di diluizione del campione, un valore di intensità, secondo una scala predefinita. L'utilizzo delle scale di categoria (a 4, 5, 6, 7, 11 o più livelli), sintetiche e facilmente riproducibili, consente di esprimere l'intensità di odore in termini quantitativi: ad ogni categoria corrisponde infatti un numero ed una breve descrizione della sensazione odorosa corrispondente a quel livello. Generalmente, si usano scale a sei livelli come quella riportata in Tabella 1, perché un maggior dettaglio nella classificazione porta ad una maggiore indecisione del panel. I principali riferimenti per la misura dell'intensità attraverso standard definiti sono rappresentati dalle norme VDI 3882 – Part1:1882 (Germania), ASTM E544-10 (USA) a AFNOR X 43-103 (Francia).

LIVELLO DI INTENSITÀ	DESCRIZIONE
0	nessun odore
1	odore appena avvertito
2	odore debole ma riconoscibile
3	odore chiaramente identificabile
4	odore forte
5	odore molto forte

Tab. 1 – Esempio di scala per la definizione dell'intensità

Tono edonico

Il tono edonico è la proprietà che lega un odore allo stimolo di piacere o di repulsione che può provocare, esprimendone il grado di sgradevolezza o di gradevolezza. Normalmente, il tono edonico viene definito tramite una scala a gradini (generalmente 7 o 9, come quella dell'esempio in Figura 3) simile a quella utilizzata per la determinazione dell'intensità e può essere valutato per via olfattometrica, a livelli di concentrazione superiori alla soglia di riconoscimento: i valutatori devono essere in grado di percepire l'odore e di distinguerne il grado di sgradevolezza (VDI 3882 – Parte 2).

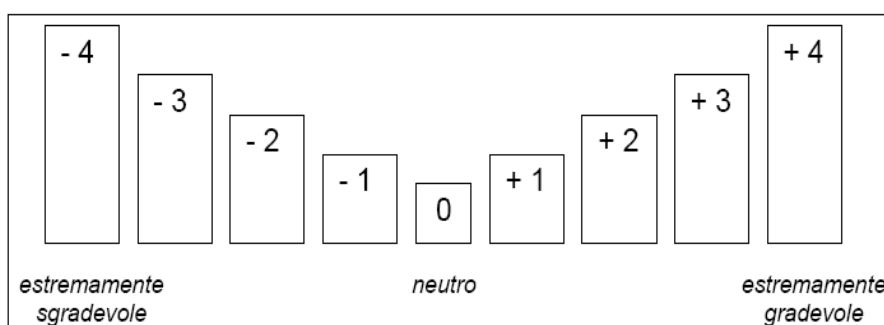


Fig. 3 – Scala di tono edonico a 9 livelli - rif. VDI 3882

Qualità

La qualità è la proprietà che permette di identificare un odore e che lo rende distinguibile dagli altri. Il metodo più diffuso per la valutazione di tale parametro è il metodo del confronto diretto, che consiste nel confronto tra l'odorante in esame e un set di sostanze di riferimento, aventi una qualità definita per mezzo di un vocabolario di descrittori, parole o brevi frasi che sintetizzano le caratteristiche della sensazione olfattiva provocata dall'odorante. Il risultato è l'associazione a ciascuna sostanza di uno o più vocaboli o descrittori, come in Fig. 4 (Suffet, 2004, 2007, 2009; DEFRA, 2010; McGinley, 2002). I descrittori sono generalmente impiegati come ausilio ad altri metodi strumentali di analisi, come la Gas- Cromatografia/Olfattometria (GC-O).

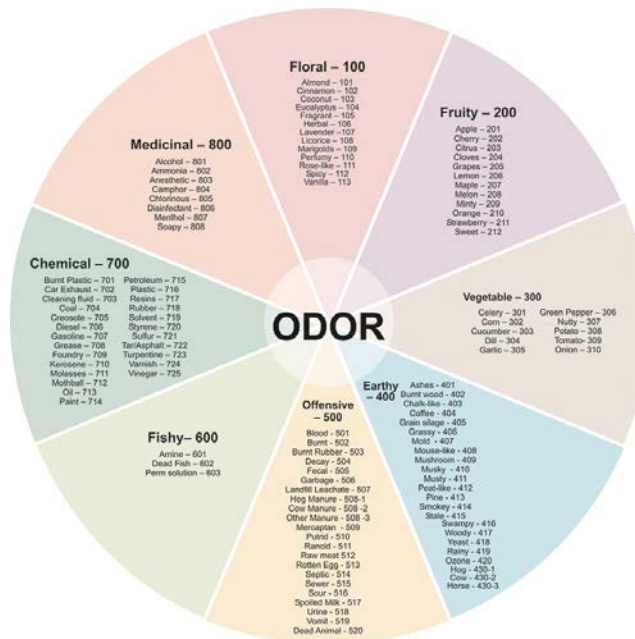


Fig. 4 – Esempio di descrittori relativi all'odore (Dalton, 2011)

Natura chimico – fisica

La capacità di determinare un odore è legata a caratteristiche intrinseche delle sostanze, quali:

- **diffusibilità o volatilità**: un odore è percepito quando una molecola gassosa si dissolve nella mucosa olfattiva e riesce a legarsi ad un recettore. In tal senso, la volatilità dei composti rappresenta un parametro mediante il quale quantificare la capacità da parte di una sostanza di produrre odore. Tutte le sostanze in grado di produrre una sensazione odorosa devono pertanto essere in grado di emettere dei vapori; per questa ragione la volatilità dei composti, quantificabile in termini di tensione di vapore, è un parametro fondamentale nella stima della capacità di una sostanza di causare un odore;
- **struttura molecolare**: le caratteristiche odorogene di un composto possono variare in considerazione dei gruppi funzionali (aldeidico, carbonilico, carbossilico, amminico, idrossilico, sulfidrilico) e delle caratteristiche strutturali della molecola. Le principali classi di composti odorogeni sono: composti solforati, acidi grassi volatili, alcoli, aldeidi, chetoni, eteri, esteri ammine e terpeni.

In tabella 2 sono riportate le principali classi di composti odorogeni con indicazioni circa le caratteristiche qualitative dell'odore ad essi associato ed i processi di formazione.

1.3 La molestia olfattiva

La percezione di un odore può essere descritta come gradevole o sgradevole, producendo, in entrambi i casi, reazioni immediate. Un odore sgradevole, poiché spesso associato ad una situazione nociva o di pericolo, può attivare un meccanismo di protezione e difesa mentre, al contrario, un odore gradevole può generare un opposto meccanismo di attrazione ed avvicinamento. Tali reazioni, come noto, possono variare da individuo a individuo anche in

considerazione dell'esistenza di componenti soggettive legate a fattori esperienziali e cognitivo-psicologici.

Classi di composti	Composti chimici	Odore	Produzione
Composti solforati ridotti	H ₂ S	uova marce	scissione di cisteina e metionina in condizioni anaerobiche
	Dimetilsolfuro - dimetildisolfuro	vegetali in decomposizione	degradazione delle proteine in condizioni anaerobiche
	Mercaptani	cavolo in decomposizione	condizioni anaerobiche spinte
Composti azotati	NH ₃	caratteristico acuto e pungente	condizioni anaerobiche
	Ammine primarie, secondarie e terziarie	pungente di pesce	deaminazione degli amminoacidi in condizioni anaerobiche
Terpeni	Limonene, α-pinene	agrumi, aghi di pino e resine	Biodegradazione degli scarti ligneo-cellulosici
Acidi volatili	Acidi grassi a catena breve	rancido e pungente	Incompleta ossidazione dei lipidi in condizioni anaerobiche
Alcoli	Alcoli	classico di alcol	demolizione e fermentazione in condizioni anaerobiche
Altri composti ossigenati	Aldeidi	dolce, pungente di frutti	demolizione e fermentazione in condizioni anaerobiche
	Chetoni	pungente, dolciastro, fortemente sgradevole	demolizione e fermentazione in condizioni anaerobiche
	Eteri	tipico degli eteri	demolizione e fermentazione in condizioni anaerobiche
	Esteri	dolciastro	demolizione e fermentazione in condizioni anaerobiche

Tab. 2 – Principali classi di sostanze odorigene

Il tono edonico non è, però, di per sé sufficiente a definire un odore come offensivo per chi lo percepisce; il concetto di molestia olfattiva è legato agli effetti negativi prodotti a seguito dell'esposizione ad un odore per un periodo tipicamente esteso e ripetuto nel tempo (Brancher, 2017). Tutti gli odori, infatti, indipendentemente dal loro grado di gradevolezza, sono potenzialmente in grado di generare molestia in virtù di fattori determinanti quali durata e frequenza di esposizione, nonché intensità e contesto nel quale viene avvertito l'odore. Infatti, non è raro che anche un odore piuttosto piacevole possa essere percepito da un soggetto come molesto, se frequente e ad alta concentrazione. Si rileva, inoltre, che l'esposizione ad un odore indesiderato per periodi prolungati può significativamente influenzare il benessere degli individui,

ingenerando sintomi a livello psico-fisico, quali stati d'ansia, mal di testa, irritazioni agli occhi, problemi respiratori, nausea, etc. (Shiffman, 1998; Sucker, 2008; Aatamila, 2011), ed interferire sulle attività economiche quali attività commerciali, turistiche, con effetti evidenti anche sul contesto sociale, in termini di impoverimento della qualità dell'ambiente, svalutazione dei beni e perdita del loro normale uso, nonché incertezza sulla percezione della sicurezza (Nicell, 2009).

Pertanto, la registrazione di effetti negativi quali fastidio, molestia, lamentela presuppone che siano determinati:

- una sorgente emissiva, per mezzo della quale l'odore viene introdotto in atmosfera;
- un percorso attraverso cui l'odore si disperde in atmosfera esternamente alla sorgente. Si consideri che:
 - o qualunque fattore aumenti la diluizione e la dispersione del pennacchio odorigeno dalla sorgente al recettore contribuirà a ridurre la concentrazione al recettore e quindi la conseguente esposizione del recettore;
 - o incrementando la lunghezza del percorso, aumenterà l'effetto di diluizione e la dispersione;
- la presenza di recettori che potrebbero lamentare effetti negativi.

Alla definizione di molestia olfattiva, pertanto, concorrono diversi fattori relazionati tra loro; in letteratura, trova ampia diffusione l'impiego del parametro denominato FIDOL (acronimo di Frequency, Intensity, Duration, Offensiveness, Location) (Watts, 1995; Freeman, 2002) che riassume il contributo dei seguenti fattori:

- **Frequency** - frequenza: numero di volte in cui un odore è rilevato in un intervallo di tempo;
- **Intensity** - intensità: grandezza della sensazione generata da un odore;
- **Duration** - durata: intervallo di tempo in cui un individuo è esposto ad un odore;
- **Offensiveness** - offensività o tono edonico: grado di sgradevolezza o di gradevolezza di un odore;
- **Location** - tipologia di recettore che percepisce l'odore: definisce la tipologia di uso del suolo e la natura delle attività umane rilevate nei pressi di una sorgente odorigena.

Le informazioni relative al parametro FIDOL trovano applicazione negli studi di valutazione di impatto e sono considerati criteri da disciplinare nell'ambito di alcuni provvedimenti normativi redatti in ambito internazionale (Nicell, 2009; Brancher, 2017).

In Fig. 5 è mostrato sinteticamente come i diversi elementi possono concorrere alla determinazione della molestia olfattiva, a partire dal processo di formazione degli odoranti. Il termine molestia viene comunemente riferito all'effetto cumulativo prodotto da ripetuti eventi di disturbo in un lungo periodo di tempo, che genera un comportamento modificato o alterato nel recettore umano. Il disturbo, invece, fa riferimento al complesso delle reazioni umane che si verifica in seguito ad un'esposizione immediata ad un fattore di stress ambientale (odore) che porta ad una valutazione cognitiva negativa (Van Harreveld, 2001). Il meccanismo che porta da un'emissione di odoranti in atmosfera alla determinazione della molestia olfattiva risulta abbastanza complesso da descrivere; genericamente, si possono descrivere i seguenti fattori principali (Van Harreveld, 2001):

- caratteristiche dell'odore (rilevabilità, intensità, tono edonico);
- diluizione in atmosfera (turbolenza o stabilità atmosferica, direzione del vento, velocità del vento, ecc.);

- esposizione dei recettori (es. ubicazione, tempo trascorso all'aperto);
- contesto della percezione (presenza di odori di fondo, situazione ambientale);
- caratteristiche del recettore (storia dell'esposizione, fattori psicologici, modalità di reazione, percezione dei rischi per la salute).

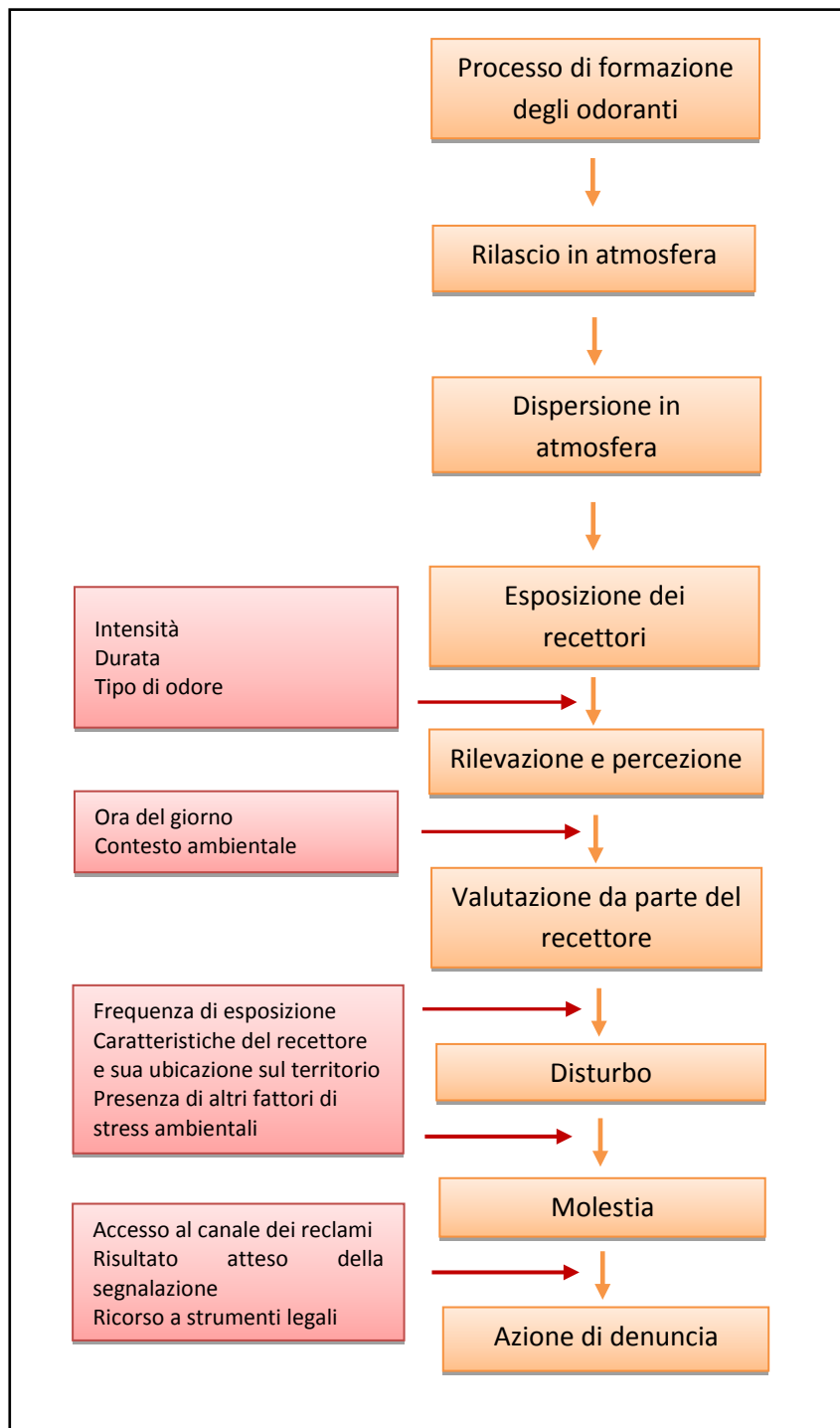


Fig. 5 – Rappresentazione schematica della determinazione della molestia olfattiva

Bibliografia

- Aatamila M., Verkasalo P.K.; Korhonen M.J., Suominen A.L., Hirvonen M.-R., Viluksela M.K., Nevalainen, A., 2011. *Odour annoyance and physical symptoms among residents living near waste treatment centres*. Environ. Res., 111, 164–170.
- AFNOR, 1993. Association Française de Normalisation. NF X 43-103: Qualité de l'air - Mesurage de l'odeur d'une Atmosphere gazeuse - Methode supraliminaire. AFNOR, La Defense.
- ASTM, 2011. American Society for Testing and Materials. ASTM E679-04. Standard Practice for Determination of Odor and Taste Thresholds by a Forced-Choice Ascending Concentration Series Method of Limits. ASTM, West Conshohocken.
- Brancher M., Griffiths K. D., Franco D., de Melo Lisboa H., 2017. *A review of odour impact criteria in selected countries around the world*, Chemosphere, 168, 1531-1570.
- Dalton P., Caraway E.A., Gibb H., Fulcher K., 2011. *A Multi-Year Field Olfactometry Study Near a Concentrated Animal Feeding Operation*, J. Air & Waste Manage. Assoc., 61, 1398-1408.
- DEFRA, 2010. Department for Environment, Food and Rural Affairs. *Odour Guidance for Local Authorities*. DEFRA, London, p. 110.
- Freeman T., Cudmore R., 2002. *Review of Odour Management in New Zealand*. Air Quality Technical Report 24. New Zealand Ministry of Environment, Wellington, p. 163.
- Institute of Air Quality Management, *Guidance on the assessment of odour for planning*, 2014, UK, London, <http://www.iagm.co.uk/text/guidance/odour-guidance-2014.pdf>
- McGinley C.M., McGinley M.A., 2002. *Odor testing biosolids for decision making*. In: Proceedings of the Annual Residuals and Biosolids Management Conference: Privatization, Innovation and Optimization: How to Do More for Less. Water Environmental Federation, Austin, TX.
- Nagata Y., 2003. *Measurement of odor threshold by triangle odor bag method*, Odor measurement review, Tokyo, Japan Office of Odor, Noise and Vibration. Environmental Management Bureau, Ministry of Environment, pp. 118-127.
- Nicell J.A., 2009. *Assessment and Regulation of Odour Impacts*, Atmospheric Environment, 43, 196-206.
- Schiffman S.S., 1998. *Livestock odors: Implications for human health and well-being*. J. Anim. Sci., 76, 1343-1355.
- Steven S. S., 1960. *The psychophysics of sensory functions*, American Scientist, n. 48, pp. 226-253.
- Sucker K., Both R., Bischoff M., Guski R., Winneke G., 2008. *Odor frequency and odor annoyance Part II: dose-response associations and their modification by hedonic tone*. Int. Arch. Occup. Environ. Health, 81, 683-694.
- Suffet I.H., Burlingame G.F., Rosenfeld P.F., Bruchet A., 2004. *The value of an odor-quality-wheel classification scheme for wastewater treatment plants*. Water Sci. Technol. 50, 25-32.
- Suffet I.H., Decottignies V., Senante E., Bruchet A., 2009. *Sensory assessment and characterization of odor nuisance emissions during the composting of wastewater biosolids*. Water Environ. Res. 81, 670-679.
- Suffet I.H., Rosenfeld P., 2007. *The anatomy of odour wheels for odours of drinking water, wastewater, compost and the urban environment*. Water Sci. Technol. 55, 335-344.

- Takeoka G.R., Buttery R.G., Ling L.C., Wong R.Y., Dao L.T., Edwards R.H., De J. Berrios J. 1998. *Odor Thresholds of Various Unsaturated Branched Esters*. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.*, 31, 443–448.
- U.S. Environmental Protection Agency, EPA A600/R-92/047, 1992. *Reference guide to odor threshold for hazardous air pollutants listed in the Clean Air Act Amendments of 1990*.
- Van Gemert L.J. 2011. Odour threshold. *Compilation of odour threshold values in air, water and other media*". Ed. Oliemans Punter & Partners BV, the Netherlands.
- Van Harreveld A.P., 2001. *From Odorant Formation to Odour Nuisance: New Definitions for Discussing a Complex Process*, *Water Science and Technology*, Vol.44, No.9, pp9-15.
- VDI 3882 Part 2: Olfactometry: Determination of Hedonic Odour Tone. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- VDI, 1992. Verein Deutscher Ingenieure. VDI 3882 Part 1: Olfactometry: Determination of Odour Intensity. Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- Watts P.J., Sweeten J.M., 1995. *Toward a better regulatory model for odour*. In: *Proceedings of the Xth Feedlot Association of Australia Conference*. Feedlot Waste Management Conference, Benowa, QLD.

2. I PRINCIPALI RIFERIMENTI NORMATIVI IN MATERIA DI ODORI

2.1 Odore e impatto olfattivo

La nozione di odore è, in ordine generale, riconducibile alla sensazione elaborata dal sistema olfattivo dell'uomo in risposta ad uno stimolo dato dalla specifica interazione con una sostanza/miscela di sostanze. L'odore dell'aria è ampiamente riconosciuto come un parametro ambientale essenziale nel determinare la qualità della vita e, conseguentemente, riverbera effetti significativi su molteplici attività economiche quali ad esempio, il turismo, la gestione del ciclo dei rifiuti, ecc...

La vasta gamma di sostanze potenzialmente odorifere, la soggettività fisica e psichica della percezione di un odore, i fattori ambientali, uniti alla complessità del sistema olfattivo, determinano una serie di difficoltà che rendono la caratterizzazione degli odori e il controllo dell'inquinamento olfattivo alquanto complessi. Dunque, si verifica che la stessa sostanza può essere avvertita dalla popolazione come odore sgradevole/gradevole e tali percezioni risultano soggettivamente modularsi in funzione dei diversi valori della concentrazione.

Lo sviluppo delle attività antropiche ha, pertanto, comportato il moltiplicarsi del rilascio di sostanze connotate da odori molesti, generando, in tal modo, crescente interesse e preoccupazione per quello che viene definito come "inquinamento olfattivo", ovvero come l'impatto negativo sull'ambiente circostante e sulla popolazione esposta, prodotto dalla diffusione di tali flussi osmogeni.

L'imprevedibilità del disturbo, la sua presenza continuativa nel tempo, l'impossibilità di difendersi da esso, generano tensione e stati d'ansia, provocando disagi e conseguenti proteste da parte dei cittadini.

La valutazione oggettiva dell'impatto odorigeno incontra una serie di difficoltà oggettive che complicano l'approccio all'inquinamento olfattivo e che ne hanno ritardato la regolamentazione rispetto ad altri settori della qualità dell'aria.

Ai sensi della norma UNI EN 13725:2004 l'impatto odorigeno è valutato in base ai dati di concentrazione di odore espressi in unità odorimetriche o olfattometriche al metro cubo (ou_E/m^3) che rappresentano il numero di diluizioni necessarie affinché il 50% degli esaminatori non avverta più l'odore del campione analizzato.

2.2 Elementi della normativa ambientale nazionale

L'attuale normativa ambientale nazionale risente di una sistemica carenza di riferimenti specifici ed adeguati alla complessità della problematica dell'impatto olfattivo. Tale disallineamento comporta l'insorgere di molteplici difficoltà per l'ente di controllo nel valutare compiutamente l'impatto dei fenomeni osmogeni, in termini generali di disciplina, coerente ed organica, attinente ad aspetti qualitativi e quantitativi.

Taluni elementi distintivi possono essere individuati nel DM 29/01/2007¹- Linee guida delle migliori tecniche disponibili, per gli impianti di trattamento meccanico biologico, gestione dei rifiuti - laddove è indicato che *“Le principali tipologie di apparati per l’abbattimento delle emissioni, oggi adottate presso gli impianti di trattamento meccanico-biologico a più elevato contenuto tecnologico, sono rappresentate essenzialmente dai biofiltri”* e che *“Nel dimensionamento e nella progettazione dei biofiltri, occorre prevedere”* anche *“L’efficienza di abbattimento minima del 99% in modo da assicurare un valore teorico in uscita dal biofiltro inferiore alle 300 U.O./ m³”*

Altresì, nel Testo Unico Ambientale - decreto legislativo n. 152 del 3 aprile 2006 - l’inquinamento odorigeno viene genericamente ricondotto all’inquinamento atmosferico ed è oggetto di una trattazione orientata alla prevenzione e alla limitazione delle emissioni per le singole sostanze caratterizzate solo sotto l’aspetto tossicologico.

Segnatamente, nella Parte Quinta - “Norme in materia di tutela dell’aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera” la disposizione di cui all’art. 268 comma 1, lett. a) - definizione di *“inquinamento atmosferico”* pare ricomprendere, implicitamente, l’inquinamento olfattivo nel definire lo stesso come: *“ogni modificazione dell’aria atmosferica, dovuta all’introduzione nella stessa di una o di più sostanze in quantità e con caratteristiche tali da ledere o da costituire un pericolo per la salute umana o per la qualità dell’ambiente oppure tali da ledere i beni materiali o compromettere gli usi legittimi dell’ambiente”*; così pure l’art. 177 nel disporre che:

4. I rifiuti sono gestiti senza pericolo per la salute dell’uomo e senza usare procedimenti o metodi che potrebbero recare pregiudizio all’ambiente e, in particolare:

a) senza determinare rischi per l’acqua, l’aria, il suolo, nonché per la fauna e la flora;

b) senza causare inconvenienti da rumori o odori;

(.....)

E, ancora in riferimento (allegato III alla parte IV) ai criteri generali da adottare in materia di bonifica e messa in sicurezza, si legge che essi devono essere condotti in modo da *“... evitare ogni rischio aggiuntivo a quello esistente di inquinamento dell’aria, delle acque sotterranee e superficiali, del suolo e sottosuolo, nonché ogni inconveniente derivante da rumori e odori”*.

A fronte di tali dispositivi di ordine generale non sono individuabili nello stesso Testo Unico Ambientale limiti specifici per le emissioni odorigene, se non, come premesso, quelli assegnati ad alcune sostanze per le emissioni convogliate e alla loro conseguente regolamentazione.

Dunque, l’assenza di prescrizioni specifiche o di una regolamentazione orientata a individuare valori limite di emissione, attesta come tale problematica ambientale sia ricondotta genericamente alla disciplina dell’inquinamento atmosferico.

Ulteriormente, la valutazione dell’impatto olfattivo è presa in considerazione anche nell’ambito dei procedimenti autorizzativi per le attività industriali (Autorizzazioni Ambientali Integrate – AIA), ove vengano prodotte emissioni odorigene. Tale aspetto è stato oggetto di esame in molteplici casi, in particolar modo per quegli impianti con significativo impatto ambientale, come avviene nell’ambito delle procedure di rilascio di AIA ai sensi del Titolo III-bis del D. Lgs. 152/06.

¹ Decreto Ministeriale del 29/01/2007 - Emanazione di linee guida per l’individuazione e l’utilizzazione delle migliori tecniche disponibili in materia di gestione dei rifiuti, per le attività elencate nell’allegato I del decreto legislativo 18 febbraio 2005, n. 59. Pubblicato su Gazzetta Ufficiale Suppl. Ordin. n° 130 del 07/06/2007

Ricorre, infatti, in molti dispositivi AIA la formulazione di specifiche prescrizioni concernenti le emissioni odorigene. Di norma, ad essere imposto risulta l'obbligo di monitoraggio dell'emissione di sostanze odorigene che viene abbinato alla valutazione della qualità dell'aria presso i recettori sensibili. A esito di tali attività di monitoraggio, e nel caso di rilevazione di problematiche di odori, viene usualmente prescritto ai gestori degli impianti di presentare un piano di adeguamento con la definizione di misure volte a risolvere le criticità rilevate. In questi casi la mancata ottemperanza alle prescrizioni presenti in AIA risulta sanzionata ai sensi dell'articolo 29-quattordicesimo del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i., in particolare dal comma 2 di tale articolo 3. Peraltro, l'assenza di valori limite di emissione non consente l'applicazione del più severo comma 3, lettera a) del medesimo articolo 4. Inoltre, occorre segnalare che sulla tematica dell'impatto olfattivo è stato recentemente approvato il Decreto Legislativo n. 183 del 15/11/2017, recante attuazione della direttiva (UE) 2015/2193. Il provvedimento si propone di dare indicazioni in merito alla limitazione delle emissioni nell'atmosfera di taluni inquinanti originati da impianti di combustione medi nonché riordinare il quadro normativo concernente gli stabilimenti che producono emissioni in atmosfera. Nello specifico, l'art. 272-bis (Emissioni odorigene) prevede:

“1. La normativa regionale o le autorizzazioni possono prevedere misure per la prevenzione e la limitazione delle emissioni odorigene degli stabilimenti di cui al presente titolo. Tali misure possono anche includere, ove opportuno, alla luce delle caratteristiche degli impianti e delle attività presenti nello stabilimento e delle caratteristiche della zona interessata, e fermo restando, in caso di disciplina regionale, il potere delle autorizzazioni di stabilire valori limite più severi con le modalità previste all'articolo 271:

- a) valori limite di emissione espressi in concentrazione (mg/Nm^3) per le sostanze odorigene;*
- b) prescrizioni impiantistiche e gestionali e criteri localizzativi per impianti e per attività aventi un potenziale impatto odorigeno, incluso l'obbligo di attuazione di piani di contenimento;*
- c) procedure volte a definire, nell'ambito del procedimento autorizzativo, criteri localizzativi in funzione della presenza di ricettori sensibili nell'intorno dello stabilimento;*
- d) criteri e procedure volti a definire, nell'ambito del procedimento autorizzativo, portate massime o concentrazioni massime di emissione odorigena espresse in unità odorimetriche (ou_E/m^3 o ou_E/s) per le fonti di emissioni odorigene dello stabilimento;*
- e) specifiche portate massime o concentrazioni massime di emissione odorigena espresse in unità odorimetriche (ou_E/m^3 o ou_E/s) per le fonti di emissioni odorigene dello stabilimento,*

2. Il Coordinamento previsto dall'articolo 20 del decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155, può elaborare indirizzi in relazione alle misure previste dal presente articolo.

Attraverso l'integrazione dell'allegato I alla Parte Quinta, con le modalità previste dall'articolo 281, comma 6, possono essere previsti, anche sulla base dei lavori del Coordinamento, valori limite e prescrizioni per la prevenzione e la limitazione delle emissioni odorigene degli stabilimenti di cui al presente titolo, inclusa la definizione di metodi di monitoraggio e di determinazione degli impatti”.

In sintesi, le principali finalità avanzate nello schema di decreto proposto mirano a:

- legittimare le normative emanate dalle Regioni sulle emissioni odorigene oggetto di molteplici contestazioni e contenziosi legali;
- dare avvio ad un processo di sistematizzazione su scala nazionale della normativa ambientale per le emissioni odorigene.

Infine, ulteriore riferimento normativo è ravvisabile anche nella recente norma comunemente definita sugli “ecoreati”, vale a dire la Legge 68/2015² recante “Disposizioni in materia di delitti contro l'ambiente”. Il danno correlato all'accertamento di tali delitti, richiede la significatività e la misurabilità, che, nel caso delle emissioni odorigene, sono origine di problematicità nella loro pratica applicazione.

Disposizioni normative locali

Allo scopo di disciplinare i casi di molestia olfattiva e sopperire, quindi, all'assenza di norme nazionali, alcune Regioni/Province Autonome, hanno redatto specifiche norme e Linee guida che vengono di seguito riportate.

REGIONE PIEMONTE

DGR n. 13-4554 del 9 gennaio 2017 – L.R. 43/2000 - Linee guida per la caratterizzazione e il contenimento delle emissioni in atmosfera provenienti dalle attività ad impatto odorigeno.

Le linee guida si applicano agli impianti soggetti ad Autorizzazione Integrata Ambientale che, in ragione delle caratteristiche delle lavorazioni, possono determinare emissioni olfattive nonché alle attività soggette a Valutazione di Impatto Ambientale o Verifica di assoggettabilità da cui derivino o possano derivare emissioni odorigene.

Inoltre, le stesse indicazioni possono essere applicate anche ad attività diverse da quelle individuate a fronte di problematiche che coinvolgano significative porzioni di territorio o di popolazione, laddove approcci preliminari per la risoluzione del problema sono risultati inefficaci.

REGIONE LOMBARDIA

DGR n. 12764 del 16/04/2003

Linea guida per la costruzione e l'esercizio degli impianti di produzione compost:

- Valutazione impiantistica (caratteristiche dell'impianto, ciclo di produzione, compatibilità dei sistemi di abbattimento)
- Valutazione urbanistica (localizzazione degli impianti in relazione al contesto territoriale)
- Limite alle emissioni odorigene: 300 ou_E/m³

DGR n. IX/3018 del 15 febbraio 2012

Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno.

La Delibera:

- approva specifiche linee guida per la caratterizzazione e l'autorizzazione delle emissioni gassose in atmosfera delle attività ad impatto odorigeno;
- prevede che le linee guida siano adottabili nell'ambito delle procedure avviate dopo 180 giorni dalla sua adozione.

Il campo di applicazione delle linee guida sono tutte le attività che, durante il loro esercizio, danno luogo ad emissioni odorigene e che sono soggette ad autorizzazione integrata ambientale (d.lgs. 152/06 e s.m.i. - parte seconda) o ad autorizzazione alla gestione dei rifiuti (d.lgs. 152/06 e s.m.i. -

² Legge 22 maggio 2015, n. 68 Disposizioni in materia di delitti contro l'ambiente (G.U. 28 maggio 2015, n. 122)

parte quarta). Inoltre, si applicano a tutte le attività sottoposte a valutazione d'impatto ambientale o a verifica di assoggettabilità da cui possono derivare emissioni odorigene.

Tutte le istanze di autorizzazione o gli studi di impatto ambientale (compresa la documentazione per la verifica di assoggettabilità a Valutazione di Impatto Ambientale) per nuove attività o per modifiche che influenzano in modo significativamente peggiorativo le emissioni odorigene di impianti esistenti dovranno essere corredate da una caratterizzazione delle emissioni odorigene eseguita concordemente con quanto riportato nelle linee guida.

Le linee guida non si applicano ad attività già in essere al momento della loro entrata in vigore e neanche in occasione dei rinnovi di autorizzazione c.d. tal quali. Trovano applicazione ad impianti esistenti, che non apportano modifiche al proprio ciclo produttivo, in caso di conclamate problematiche olfattive che interessano il territorio. In tal caso è prevista l'attuazione di una specifica procedura che potrà essere adottata anche nel caso di nuovi impianti che, a seguito della messa a regime, diano luogo a problematiche odorigene.

PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

Deliberazione n. 1087 del 24 giugno 2016 – Linee Guida sugli odori

Le linee guida definiscono i criteri di riferimento per la valutazione di accettabilità del disturbo olfattivo. Essi sono differenziati in base alla destinazione urbanistica (aree residenziali/non residenziali), in base alla distanza dalla sorgente (maggiore di 500 metri; tra i 200 e i 500 metri; inferiore ai 200 metri) e compresi fra 1 e 4 unità olfattometriche al metro cubo. I limiti all'emissione sono definiti per ogni singola specifica attività/impianto ai fini di consentire il rispetto dei valori di accettabilità presso i recettori.

Nello specifico sono state definite distinte procedure a seconda che si tratti di autorizzare nuovi impianti o di risolvere problemi causati da impianti già esistenti. La procedura per i nuovi impianti si riferisce solo a quelli presumibilmente più impattanti ossia a quelli che richiedono Autorizzazioni Integrate Ambientali (AIA) o che riguardano il trattamento di rifiuti organici (FORSU) e consiste essenzialmente nella presentazione da parte del gestore di uno studio di impatto olfattivo da valutare, per l'eventuale imposizione dei limiti alle emissioni odorigene e di altre prescrizioni. Invece, per gli impianti esistenti l'applicazione è prevista a fronte di ricorrenti e significative segnalazioni di disturbo olfattivo da parte della popolazione a tutti gli impianti: sia quelli assoggettati ad autorizzazione integrata ambientale o di trattamento della FORSU per i quali non si presenti l'occasione di un riesame di autorizzazione per modifica sostanziale, sia quelli per cui è prevista l'assoggettamento ad altra autorizzazione ambientale (diversa dall'AIA o FORSU) di competenza del Servizio Autorizzazioni e valutazioni ambientali (SAVA) della Provincia.

REGIONE VENETO

DGR n. 568 del 25/02/2005

Norme tecniche ed indirizzi operativi per la realizzazione e la conduzione degli impianti di recupero e di trattamento delle frazioni organiche dei rifiuti urbani ed altre matrici organiche mediante compostaggio, biostabilizzazione e digestione anaerobica.

REGIONE EMILIA ROMAGNA

DGR n. 1495 del 24/10/2011

Criteri tecnici per la mitigazione degli impatti ambientali nella progettazione e gestione degli impianti a biogas:

- Misure strutturali e gestionali (stoccaggi biomasse e digestato, movimentazione)
- l'autorizzazione deve prevedere un PdM delle emissioni odorigene;
- Campagna di rilevamento delle emissioni odorigene (EN 13725:2004) sia alle sorgenti, che monte / valle dell'impianto;
- 2 autocontrolli/anno ed eventuale approfondimento modellistico;
- Valori guida (trattamenti digestato): $400 \text{ ou}_E/\text{m}^3$; NH_3 $5 \text{ mg}/\text{Nm}^3$.

REGIONE ABRUZZO

DGR n. 400 del 26/05/2004

Direttive regionali concernenti le caratteristiche prestazionali e gestionali richieste per gli impianti di trattamento dei rifiuti urbani:

- Efficienza dei sistemi di trattamento secondo i principi dell'olfattometria dinamica;
- Limite per tutti i punti campionati di $300 \text{ ou}_E/\text{m}^3$.

REGIONE PUGLIA

LR n. 23 del 2015, "Modifiche alla legge regionale 22 gennaio 1999, n. 7, come modificata e integrata dalla legge regionale 14 giugno 2007, n. 17"

La legge regionale stabilisce all'articolo 1, comma 1, che l'emissione in atmosfera di sostanze odorigene deve osservare, in prima applicazione, le concentrazioni limite (CL) definite nell'allegato tecnico della stessa norma, che riporta i limiti in termini di concentrazione di odore e di corrispondente concentrazione in volume per ogni sostanza considerata, oltre alle indicazioni del metodo di analisi di riferimento". Tale norma individua come limiti di concentrazione di odore, espressi in ou_E/m^3 , per le sorgenti diffuse un valore pari a $300 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ e per le sorgenti puntuali un valore limite pari a $2000 \text{ ou}_E/\text{m}^3$.

REGIONE BASILICATA

DGR n. 709 del 22/04/2002

Linee guida per la progettazione, costruzione e gestione degli impianti di compostaggio e biostabilizzazione

- Impiego della norma EN 13725 per valutare l'efficienza del biofiltro;
- Limite alle emissioni odorigene: $300 \text{ ou}_E/\text{m}^3$

2.3 Tutela normativa indiretta

Art. 844 c.c. e art. 674 c.p.

La carenza di una normativa specifica volta a disciplinare gli odori e il loro impatto ha favorito il ricorso verso la tutela indiretta della molestia olfattiva, conseguita mediante l'utilizzo di due norme codicistiche, ossia l'art. 844 c.c. e l'art. 674 c.p..

Da un lato, l'art. 844 c.c. - "Immissioni" - in ambito civile, prevede che "Il proprietario di un fondo non può impedire le immissioni di fumo o di calore, le esalazioni, i rumori, gli scuotimenti e simili propagazioni derivanti dal fondo del vicino, se non superano la normale tollerabilità, avuto anche riguardo alla condizione dei luoghi"; dall'altro, l'art. 674 c.p. - "Getto pericoloso di cose" - in materia penale, stabilisce che "Chiunque getta o versa, in un luogo di pubblico transito o in un luogo privato ma di comune o di altrui uso, cose atte a offendere o imbrattare o molestare persone, ovvero, nei casi non consentiti dalla legge, provoca emissioni di gas, di vapori o di fumo, atti a cagionare tali effetti, è punito con l'arresto fino a un mese o con l'ammenda fino a duecentosei euro".

Talune sentenze pronunciate dalla Corte di Cassazione Sez. III Pen., forniscono utili elementi nell'analizzare l'orientamento della giurisprudenza in relazione all'applicabilità dei suddetti articoli in materia di emissioni odorigene, nel cui ambito non risulta possibile individuare idonei limiti tabellari.

Ad esempio nella **sentenza n. 36905 del 14 settembre 2015** emessa dalla Corte di Cassazione (Sez. III Pen.) sono contenuti una serie di aspetti interessanti in merito a parametri e criteri di valutazione delle emissioni odorigene; in particolare, secondo i giudici, "la contravvenzione di cui all'art. 674 c.p. è reato di pericolo, configurabile in presenza anche di "molestie olfattive" promananti da impianto munito di autorizzazione in quanto non esiste una normativa statale che prevede disposizioni specifiche e valori limite in materia di odori, con conseguente individuazione del criterio della "stretta tollerabilità" quale parametro di legalità dell'emissione, attesa l'inidoneità ad approntare una protezione adeguata all'ambiente e alla salute umana di quello della "normale tollerabilità".

L'art. 844 c.c. contiene il riferimento al parametro della "normale tollerabilità" e secondo quanto affermato dalla Suprema Corte (che richiama anche l'orientamento della Corte Costituzionale), "è norma destinata a risolvere il conflitto tra proprietari di fondi vicini per le influenze negative derivanti da attività svolte nei rispettivi fondi". In base a quanto attestato ne consegue che il criterio della normale tollerabilità, riportato dall'art. 844 c.c., non può essere utilizzato per giudicare in merito alle immissioni pregiudizievoli per la salute umana e per l'ambiente, potendosi riferire esclusivamente al diritto di proprietà.

Nelle formulazione della citata sentenza dalla Cassazione n. 36905/2015, è significativo che l'impianto fosse autorizzato e avesse rispettato i limiti di emissione in atmosfera, poiché trattasi in particolare di molestie olfattive e dunque di fattispecie differente.

Il parametro della stretta tollerabilità risulta oggetto di valutazioni in altre sentenze, tra cui quella emessa dalla Cassazione Pen., Sez. III, **n. 16670 del 4 maggio 2012**.

Oggetto di esame, del caso di specie, erano gli odori e fumi che risultavano provenire da un esercizio commerciale generando molestie ai vicini. La Corte ha ritenuto che, in assenza di una specifica normativa statale a cui far riferimento per i valori limite in materia di odori, il criterio individuabile, quale parametro di legalità dell'emissione, fosse quello della stretta tollerabilità, attesa l'inidoneità ad approntare una protezione adeguata all'ambiente e alla salute umana di quello della normale tollerabilità, previsto dall'art. 844 c.c..

Coerenti indicazioni sul merito sono rinvenibili nella **sentenza n. 2475 del 17 gennaio 2008** emessa dalla Cassazione Pen., Sez. III. Oggetto di esame, del caso di specie, era attinente all'inquinamento

olfattivo prodotto da stabilimenti alimentari e di lavorazione degli scarti animali. Anche in questo procedimento la Corte ha inteso che in assenza di una predeterminazione normativa, ove il giudice debba valutare la tollerabilità consentita delle emissioni prodotte sull'area esterna all'azienda e sulle persone che vi abitano o comunque vi operano, tale valutazione dovesse operarsi secondo criteri di stretta tollerabilità.

L'approccio desumibile da tali sentenze indica che la tutela dalle molestie olfattive, in assenza di una normativa statale che preveda disposizioni specifiche e valori-limite in materia di odori non possa essere ricondotta agli aspetti normativamente disciplinati concernenti l'inquinamento atmosferico.

Addizionalmente, in altre sentenze della Cassazione è possibile trovare utili indicazioni sul criterio della normale tollerabilità di cui all'art. 844 c.c.. Nella **sentenza n. 21138 del 16 maggio 2013**, è attestato che "in tema di getto pericoloso di cose, l'evento di molestia provocato dalle emissioni di gas, fumi o vapori è apprezzabile a prescindere dal superamento di eventuali limiti previsti dalla legge, essendo sufficiente il superamento del limite della normale tollerabilità ex art. 844 c.c.. Laddove, quindi, non trattasi di attività industriali che trovino la loro regolamentazione in una specifica normativa di settore, per la configurabilità del reato non è necessario il superamento degli "standard" fissati dalla legge, essendo sufficiente che le emissioni siano idonee a superare la normale tollerabilità e quindi ad arrecare fastidio". La Corte ha anche indicato, nella medesima sentenza, che per accertare la normale tollerabilità il giudice può fondare il proprio convincimento su elementi probatori di diversa natura.

Sulla medesima posizione si è orientata la Corte di Cassazione, sez. III penale, **nella sentenza n. 20748/13** depositata il 14 maggio 2013 stabilendo che la molestia prescinde dal superamento di eventuali limiti previsti dalla legge, essendo sufficiente il superamento del limite della normale tollerabilità ai sensi dell'articolo 844 c.c.; nella sentenza viene, peraltro, ribadito che non essendo possibile accertare obiettivamente, con adeguati strumenti, l'intensità delle emissioni, "il giudizio sull'esistenza e sulla non tollerabilità delle emissioni stesse ben può basarsi sulle dichiarazioni di testi, specie se a diretta conoscenza dei fatti, quando tali dichiarazioni non si risolvano nell'espressione di valutazioni meramente soggettive o in giudizi di natura tecnica ma consistano nel riferimento a quanto oggettivamente percepito dagli stessi dichiaranti". Lo stesso principio è parimenti attestato nella **sentenza n. 37037 del 26 settembre 2013**, relativa ad emissioni di effluenti gassosi da allevamento avicolo, nel ritenere configurabile l'art. 674 c.p. nel caso in cui tali immissioni provengano da un impianto, seppur munito di autorizzazione per le emissioni in atmosfera e che rispetta i limiti di legge, ritiene sufficiente il superamento del limite della normale tollerabilità ex art. 844 c.c., quale criterio di legittimità delle emissioni stesse, ai sensi dello stesso art. 674 c.p..

Tale orientamento è confermato anche in una recente sentenza della Corte di Cassazione (**sentenza cassazione penale sez. III n. 12019 del 10 febbraio 2015**) ove è affermato che il reato di cui all'art. 674 del Codice penale è configurabile anche in presenza di "molestie olfattive" provenienti da impianto munito di autorizzazione per le emissioni in atmosfera e rispettoso dei relativi limiti, non riferiti però agli odori. Nel caso in esame i valori limite autorizzati per le immissioni in atmosfera erano stati rispettati, mentre gli odori erano risultati molesti sulla base delle testimonianze degli abitanti residenti nelle vicinanze dell'impianto. La sentenza ha

individuato quale parametro di legalità dell'emissione quello della "stretta tollerabilità", attesa l'inidoneità ad approntare una protezione adeguata all'ambiente e alla salute umana del criterio della "normale tollerabilità", previsto dall'art. 844 del Codice civile, che in un'ottica strettamente individualistica e non collettiva, tiene conto non solo della sensibilità dell'uomo medio, ma anche della situazione locale.

La sentenza in parola ha riconosciuto che qualora difetti la possibilità di accertare strumentalmente in modo obiettivo l'intensità delle emissioni odorigene, la molestia olfattiva possa non esser "accertata" in via scientifica e "il giudizio sull'esistenza e sulla non tollerabilità delle emissioni odorigene può ben basarsi sulle dichiarazioni di testimoni, specie se a diretta conoscenza dei fatti, quando tali dichiarazioni non si risolvano nell'espressione di valutazioni meramente soggettive o in giudizi di natura tecnica, ma consistano nel riferimento a quanto oggettivamente percepito dagli stessi dichiaranti".

A titolo non esaustivo, al termine del presente documento sono riportati i altri riferimenti di sentenze attinenti alla molestia olfattiva.

2.4 Riferimenti normativi su scala europea

Approcci normativi in alcuni Stati dell'Unione Europea

FRANCIA

La qualità dell'aria, in Francia, è regolamentata principalmente dalla direttiva 2008/50/CE concernente la qualità dell'aria ambiente e dalla direttiva 2001/81 / CE (direttiva NEC) relativa ai limiti di emissione fissati per alcuni inquinanti atmosferici. La legislazione nazionale francese si basa sulla legge n. 96-1236 del 30 dicembre 1996, relativa all'aria e all'uso razionale dell'energia (LAURE), codificata nel codice ambientale. Le disposizioni legislative e regolamentari relative alla qualità dell'aria sono contenute nel titolo II "Aria e atmosfera" del Libro II del codice ambientale (articoli L220-1-L228-3 e R221-1-D228-1).

In materia di impianti di compostaggio il decreto del 22 Aprile 2008 (ultimo aggiornamento dal decreto del 27 luglio 2012) stabilisce i requisiti tecnici che devono essere soddisfatti dagli impianti di compostaggio soggetti ad autorizzazione.

In particolare stabilisce che, per le installazioni nuove ed esistenti, la concentrazione di odori, calcolata con un modello di dispersione, non deve superare, entro 3 km dalla linea di confine dell'impianto, il limite di $5 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ più di 175 ore all'anno, corrispondenti ad una frequenza del 2% (cioè 98 ° percentile).

Il decreto del 12 febbraio 2003 (aggiornato il 30 aprile 2010) relativo ai processi di produzione dei sottoprodotti di origine animale stabilisce all'articolo 28 l'utilizzo dell'olfattometria dinamica, secondo la norma NF EN 13725: 2003, per determinare la concentrazione di odori. In particolare, fissa:

- Per impianti esistenti, la concentrazione di odori dell'aria ambiente, calcolata entro 3 km dalla linea di recinzione dell'impianto, non deve superare $5 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ applicando il 98 ° percentile;

- Per i nuovi impianti, la concentrazione di odore dell'aria ambiente, calcolata entro 3 km dalla linea di recinzione dell'impianto, non deve superare $5 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ applicando il 99,5 ° percentile.

L'articolo 46 stabilisce la frequenza del monitoraggio delle fonti di odori in termini di emissioni di odori e dell'uso o meno di nasi elettronici. L'articolo 49 descrive l'utilizzo di un indice di pericolosità per la valutazione del disagio olfattivo percepito dalla popolazione in prossimità dell'impianto.

GRAN-BRETAGNA

Il quadro legislativo nel Regno Unito (UK), nel cui ambito gli odori sono attualmente controllati, sono i seguenti:

- Legge sulla protezione ambientale (EPA), 1990;
- Legge di pianificazione di città e regioni (TCPA);
- Regole di autorizzazione ambientale (EP) (Inghilterra e Galles);
- Regole di prevenzione e controllo dell'inquinamento e regolamenti per la gestione dei rifiuti (Scozia e Irlanda del Nord).

In particolare la prevenzione e il controllo degli odore fondato sull'*Environmental protection act: Office of public sector information* non fornisce alcun criterio che permetta di decidere quando un odore è accettabile o molesto per cui l'intero sistema si basa sul giudizio degli ispettori ambientali. Inoltre il Ministero delle Attività agricole britannico ha predisposto il codice di buone pratiche agricole per la protezione dell'aria "*The air code*" (rivisto nel 1998) che è considerato il principale documento a supporto della normazione del disturbo olfattivo che fornisce le linee guida e il background legale per le buone pratiche di produzione. Questo codice non specifica alcuna distanza di rispetto particolare ma solo la raccomandazione che qualsiasi allevamento suinicolo posto a meno di 400 metri da zone residenziali deve porre una maggiore cura nell'applicazione delle norme previste dal codice stesso.

Un cambiamento è avvenuto nel 2002 con la pubblicazione del documento "*Technical guidance note H4, Integrate pollution prevention and control (IPPC), Horizontal guidance for odour*" in base al quale l'approccio quantitativo basato sulla quantificazione dell'emissione segue la simulazione della dispersione di odore per determinare se esiste una "ragionevole situazione di fastidio".

Nello specifico, i valori di riferimento per gli odori sono stati fissati dalla stessa direttiva:

- $1,5 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ per le fonti di emissione di odori da processi che comportano residui o cascami di origine animale, da processi che implicano effluenti o fanghi settici e da discarica;
- $3 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ per l'allevamento intensivo di bestiame, la frittura grassa (processazione), lavorazione della barbabietola da zucchero, compostaggio aerobico di rifiuti di origine vegetale;
- $6 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ per birreria, pasticceria, caffè.

Quindi, i limiti sono indicati in tre diversi livelli di disagio olfattivo (più offensivi, moderatamente offensivi e meno offensivi).

GERMANIA

Il quadro normativo tedesco sulla qualità dell'aria si basa sulle disposizioni adottate dall'Unione europea (UE) e recepite nel diritto tedesco. Inoltre, esistono disposizioni sul controllo della qualità dell'aria a livello statale. La legge federale di controllo dell'immissione (BImSchG - Bundes

Immissionsschutz Gesetz) norma tutti i tipi di odori, considerati un fastidio, derivanti da qualsiasi struttura commerciale. Le norme tecniche sul controllo della qualità dell'aria (TA-Luft, 2002) contengono, tra le altre disposizioni, anche le direttive per la precauzione contro i danni ambientali causati dall'odore. Tuttavia, TA-Luft non porta criteri oggettivi per la protezione dagli episodi di odore. Questi sono contenuti in una specifica normativa nazionale denominata Linee Guida sull'odore nell'aria ambiente (GOAA, 2008). GOAA si occupa di odori derivanti da impianti industriali e allevamenti di bestiame. Sono esclusi odori provenienti da trafori stradali, riscaldamento domestico, vegetazione, spargimento di letame e fonti simili.

I criteri definiti in questa guida sono basati sulla rilevazione di odori riconoscibili e sul concetto di odore-ora. Gli odori nell'aria ambiente possono essere misurati solo se possono essere identificati durante la misurazione in campo o attraverso l'utilizzo di modelli di dispersione.

Il concetto di odore-ora è contenuto nella linea guida (denominata VDI 3940-Parte 1: 2006). In essa, un odore-ora rappresenta una singola misura effettuata in una frazione di tempo durante la quale un odore raggiunge o supera un valore percentuale fissato.

Questa definizione derivata dalle proprietà generali del senso dell'olfatto, in particolare dalla sua rapida capacità di adattarsi agli stimoli. Si suppone che, sebbene la durata complessiva di tutti gli episodi olfattivi sia identica, molti brevi superamenti della soglia di odore, in un intervallo di misurazione, producono sull'olfatto un fastidio maggiore rispetto a quello prodotto da pochi stimoli continui e ciò è dovuto all'adattamento dell'olfatto. Di conseguenza, il concetto di odore-ora attribuisce un peso maggiore a molti episodi brevi di odore che non a pochi episodi lunghi (GOAA, 2008).

Normalmente, l'esposizione all'odore è classificata come un grave fastidio se l'esposizione totale all'odore (EXPtot) supera il valore limite (EXPlim) fissato per le aree:

- residenziali e miste: $0,25 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ al 90° percentile;
- commerciali, industriali e agricole: $0,25 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ all'85° percentile.

2.5 Approcci normativi su scala internazionale

STATI UNITI D'AMERICA

Il problema degli odori è regolamentato sulla base della legge *Nuisance law* e varia da Stato a Stato. Inoltre, per la gestione delle emissioni odorose molti Stati hanno attuato apposite linee. La distanza desiderabile definita fra gli allevamenti esistenti e gli insediamenti residenziali più vicini risulta pari a 1600 m; questo valore scende a 400-800 m nel caso di singole abitazioni. Questi limiti sono stati individuati nel 1994 dall'ASAE (oggi ASABE, *American society of agricultural and biological engineers*).

AUSTRALIA

Le politiche di regolamentazione dell'impatto da odore sono sotto la responsabilità di ciascun Stato e fanno riferimento alla norma *Odour methodology guideline Wa*.

In particolare, l'EPA (*Environmental protection agency*) dello stato del South Australia ha emanato

specifiche direttive per la valutazione dell'impatto di odore mediante l'uso di modelli diffusivi.

CANADA

La valutazione dell'impatto odoroso fa riferimento alla norma *Air quality resources for Alberta Livestock producers* e ha lo scopo di migliorare la qualità dell'aria. Questa viene effettuata mediante l'applicazione delle buone pratiche di gestione degli allevamenti e l'utilizzo di simulazioni modellistiche.

-
- Corte di cassazione penale Sez. III – 18 gennaio 2017 Sentenza n.2240;
 - Corte di cassazione penale Sez. III – 26 settembre 2012 Sentenza n.37037;
 - Corte di cassazione penale Sez. III – 27 marzo 2008 Sentenza n. 19206;
 - Corte di cassazione penale Sez. III – 21 gennaio 2008 Sentenza n. 3042;
 - Corte di cassazione penale Sez. III – 11 maggio 2007 Sentenza n. 25175;
 - Corte di cassazione penale Sez. III – 31 marzo 2006 Sentenza n. 11556;
 - Corte di cassazione penale Sez. III – 9 marzo 2006 Sentenza n. 8299;
 - Corte di cassazione penale Sez. III – 31 gennaio 2006 Sentenza n. 3678;
 - Corte di cassazione penale Sez. III – 10 marzo 2005 Sentenza n. 9503;
 - Corte di cassazione penale Sez. III – 29 settembre 2004 Sentenza n. 38297;
 - Corte di cassazione penale Sez. V –14 giugno 2004 Sentenza n. 26649;
 - Corte di cassazione penale Sez. I – 8 giugno 2004 Sentenza n. 25660;
 - Corte di cassazione penale Sez. III – 12 maggio 2003 Sentenza n. 20755;
 - Corte di cassazione penale Sez. I – 13 gennaio 2003 Sentenza n. 760;
 - Corte di cassazione penale Sez. I – 16 giugno 2000 Sentenza n. 8094;
 - Corte di cassazione penale Sez. I – 14 gennaio 2000 Sentenza n. 407;
 - Corte di cassazione penale Sez. I – 12 aprile 1996 Sentenza n. 5702
 - Corte di cassazione Sez. III – 8 aprile 2004 Sentenza n. 16728;
 - Corte di cassazione Sez. III – 3 marzo 2004 Sentenza n. 9757;
 - Corte di cassazione Sez. I – 7 luglio 2000 Sentenza n. 697;
 - Corte di cassazione civile Sez. III – 11 aprile 2006 Sentenza n. 8420;
 - Consiglio di Stato Sez. V – 15 aprile 2004 Sentenza n. 2144;
 - Tribunale Amministrativo Regionale della Toscana – Sentenza n.276/2008;
 - Tribunale Amministrativo Regionale del Friuli - Venezia Giulia – 26 maggio 2003 Sentenza n. 202;

3. ELEMENTI VALUTATIVI NELL'AMBITO DI PROCEDURE DI AUTORIZZAZIONE

Scopo del presente capitolo è fornire, agli Enti di controllo, elementi utili per la valutazione della documentazione prodotta da impianti a rischio osmogeno nell'ambito delle procedure autorizzative, relativamente a nuovi impianti e/o a modifiche di impianti esistenti. Tali elementi valutativi si propongono anche per essere di ausilio alle Amministrazioni locali nell'attività di pianificazione territoriale e di rilascio di autorizzazioni, fornendo criteri idonei sui possibili impatti dovuti alle sorgenti odorigene.

In considerazione dell'analisi della documentazione fornita dal Gestore in sede istruttoria e dell'applicazione di idonei criteri valutativi, l'Autorità Competente potrà valutare le prescrizioni tecniche e gestionali che dovranno essere rispettate al fine del contenimento delle emissioni stesse, nonché le modalità per il monitoraggio ed il controllo da effettuarsi nel tempo.

3.1 Procedure autorizzative degli impianti a rischio osmogeno

I criteri forniti nel presente capitolo fanno riferimento alle attività che, durante il loro esercizio, danno luogo ad emissioni odorigene; in particolare:

- attività soggette ad Autorizzazione Integrata Ambientale, di cui agli allegati VIII e XII alla Parte Seconda del D.Lgs. 152/06 e ss.mm.ii, sia in fase di rilascio/rinnovo di AIA che a successive richieste di modifica (sostanziali, non sostanziali) degli impianti;
- attività soggette ad autorizzazione alle emissioni in atmosfera e/o alla gestione di rifiuti (D. Lgs. 152/06 e ss.mm.ii. - parte V e IV);
- a tutte le attività sottoposte a valutazione di impatto ambientale o a verifica di assoggettabilità, da cui possono derivare emissioni odorigene.

L'impatto odorigeno rappresenta un fattore di pressione significativo da considerare per i diversi tipi di impianto a rischio osmogeno; infatti, la propensione alla formazione di odori ed alla loro dispersione dipende, oltre che dalla tipologia di sorgente, anche dai determinanti meteorologici del sito, ossia da quei parametri che influenzano il trasporto e la diluizione degli odoranti in atmosfera. La quantificazione dell'impatto odorigeno che un impianto produce sul territorio diventa, pertanto, uno strumento decisionale importante per le Amministrazioni, anche in funzione delle diverse destinazioni d'uso del territorio, in accordo con i Piani Programmatici locali.

Criteri di valutazione delle istanze di autorizzazione

Ai fini di una adeguata valutazione delle istanze di autorizzazione, è opportuno che la documentazione prodotta dal Gestore contenga le informazioni necessarie a descrivere in modo esaustivo la sorgente ed il contesto territoriale nel quale essa si inserisce, nonché una simulazione del suo impatto sul territorio con l'ausilio di strumenti predittivi di valutazione. In assenza di limiti normativi di emissione, i risultati mostrati nello studio di impatto odorigeno possono essere di ausilio per la prescrizione, nel provvedimento di autorizzazione, di valori di emissione per gli odori,

anche in relazione con i valori di input del modello di dispersione presentato, per proporre l'applicazione di soluzioni tecnico-impiantistiche e/o gestionali volte a contenere le emissioni nonché per l'approvazione di un piano di monitoraggio adeguatamente calibrato al fine di tenere sotto controllo l'impatto odorigeno prodotto, verificarne la corrispondenza con quello previsto ed autorizzato ed eventualmente affrontare impatti accidentali.

A questo scopo, si ritiene utile delineare un percorso valutativo che, mediante l'analisi di alcuni elementi di conoscenza, possa essere di ausilio nella predisposizione di pareri di competenza. Si tratta di indicazioni di carattere generale, ferma restando la validità dei provvedimenti normativi regionali o Linee guida, laddove già specificatamente redatte (**REGIONE LOMBARDIA** - DGR n. IX/3018 del 15/02/2012 "Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno"; **REGIONE PIEMONTE** - D.G.R. n. 13-4554 del 09/01/2017 - L.R. 43/2000 - "Linee guida per la caratterizzazione e il contenimento delle emissioni in atmosfera provenienti dalle attività ad impatto odorigeno"; **PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO** - D.G.P. n. 1087 del 24/06/2016 "Linee Guida sugli odori"; **REGIONE PUGLIA** - Linee Guida ARPA "Linee guida per il rilascio di pareri riguardanti le emissioni in atmosfera prodotte dagli impianti di depurazione"; **REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA** - Linee guida ARPA "Procedura per la valutazione dell'impatto odorigeno da attività produttive").

Descrizione degli elementi di valutazione proposti

Valutazione delle caratteristiche odorigene dell'impianto.

Nel caso in cui il Gestore, nella sua valutazione, abbia ritenuto la sua attività priva di processi a rischio osmogeno, l'Ente di controllo procederà alla valutazione della dichiarazione attestante la non significatività della sorgente, redatta sulla base di evidenze bibliografiche o, nel caso di impianti esistenti, di misurazioni sperimentali. A tal proposito, si può far riferimento alle soglie di significatività indicate nei provvedimenti normativi regionali o linee guida specifiche.

Nel caso in cui, secondo il Gestore, l'impianto presenti attività a potenziale impatto odorigeno, o nel caso in cui l'Ente di controllo riscontri negativamente le dichiarazioni di presunta non significatività, il Gestore dovrà presentare idonea documentazione recante informazioni relative agli aspetti riportati di seguito.

➤ Descrizione della sorgente:

- una descrizione puntuale del ciclo produttivo, con indicazione di eventuali materiali solidi, liquidi e gassosi trattati ed eventualmente stoccati in impianto, che possono dare luogo ad emissioni odorigene (tipologia, quantità, tempi e modalità di gestione);
- l'identificazione di tutte le sorgenti odorigene in impianto (convogliate, diffuse areali attive e/o passive, fuggitive), e la loro individuazione in planimetria, dettagliata con la definizione dei tempi e della durata di funzionamento degli impianti, l'eventuale caratterizzazione chimico fisica dell'emissione, altre informazioni del caso);
- la caratterizzazione delle sorgenti emissive con l'attribuzione di un valore di portata di odore (espresso in ou_E/s). Nel caso di impianti nuovi o di nuove sezioni di trattamento in impianti esistenti, tali valori potranno essere ricavati preferibilmente da misure di concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica in impianti equivalenti. Nel caso in cui non sia possibile ottenere misure sperimentali, tali valori potranno essere ricavati

dalle specifiche tecniche delle tecnologie, dai dati di bibliografia, da esperienze consolidate o da indagini mirate allo scopo;

- un'adeguata descrizione dei sistemi di abbattimento eventualmente adottati e degli accorgimenti gestionali per la riduzione delle emissioni odorigene;
- un'adeguata descrizione di misure aggiuntive, in termini di controllo e/o procedure gestionali, da implementare in caso di transitori o eventi accidentali.

➤ Studio modellistico previsionale dell'impatto odorigeno:

È opportuno che lo studio riporti la valutazione previsionale degli impatti previsti derivanti dalle sorgenti odorigene individuate. Il capitolo n. 5 ("Modelli di dispersione per la valutazione di impatto olfattivo") del presente documento, a tal proposito, sintetizza indicazioni metodologiche e requisiti (ad esempio: i dati da fornire in input al modello, quali dati topografici e caratteristiche del dominio, dati di emissione, dati meteorologici, indicatori utilizzati nell'espressione dei risultati, informazioni per le varie parti da includere nella relazione) emersi dall'analisi degli Allegati tecnici e delle Linee Guida regionali già predisposti. Rimandando, pertanto, a tale capitolo per una trattazione dei vari tipi di informazioni, si sottolinea che, ai fini della caratterizzazione delle sorgenti, vista la loro rilevanza sui risultati delle simulazioni, è opportuno che lo studio riporti le seguenti informazioni:

- i parametri fisici ed emissivi come descritti nel capitolo n. 5 (*"Modelli di dispersione per la valutazione di impatto olfattivo"*);
- i dati di emissione, ove disponibili, ottenuti sperimentalmente con descrizione delle modalità di monitoraggio, secondo quanto riportato nel capitolo n. 4 (*"Metodologie di monitoraggio delle emissioni odorigene"*);
- nel caso di utilizzo di fattori di emissione, dovrebbero essere forniti dettagli circa:
 - il calcolo effettuato per la relativa stima a partire dalle misure o dai dati di letteratura, citandone le fonti;
 - i parametri gestionali necessari per la caratterizzazione del fattore emissivo unitario, compresa l'eventuale variabilità temporale dell'emissione descrivendone un anno tipo (ad esempio, per gli allevamenti: tipologia di allevamento, numero di capi, peso vivo, fasi dell'allevamento, regime alimentare, temperatura interna, schema di utilizzo dei ventilatori,...);
 - il fattore emissivo reperibile in letteratura con indicazione delle fonti. Si raccomanda che, per la scelta dei fattori emissivi, vengano favoriti quelli più recenti e relativi a caratteristiche strutturali e gestionali più simili al caso in esame.
- descrizione dei presidi di abbattimento e stima/misura della loro efficacia.

➤ Valutazione della presenza di recettori e verifica di segnalazioni pregresse.

La scelta del dominio di calcolo deve essere effettuata tenendo conto di diversi fattori, fra i quali la presenza di recettori sensibili presenti sul territorio circostante la sorgente in esame; in fase di valutazione dei risultati della modellizzazione, è pertanto opportuno verificare se i recettori individuati ricadono all'interno dell'isolinea relativa a $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ del 98° percentile su base annuale, delle concentrazioni di picco orarie.

Nell'ambito dell'istruttoria può inoltre essere opportuno valutare la presenza di segnalazioni relative a molestie olfattive riguardanti l'area in esame.

Questi due aspetti costituiscono infatti elementi di criticità di cui tener conto nella valutazione del progetto ai fini autorizzativi ed al fine delle attività di monitoraggio e controllo previste dal PMeC.

➤ Individuazione di potenziali sorgenti (esterne all'impianto in esame).

Nell'area racchiusa dall'isolinea relativa a $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ del 98° percentile su base annuale delle concentrazioni di picco orarie, è opportuno valutare, sulla base delle informazioni fornite dal Gestore e/o dalla conoscenza del territorio da parte dell'Ente di controllo, la presenza di potenziali sorgenti odorigene esterne allo stabilimento in esame. Pur non essendo richiesto l'inserimento delle sorgenti individuate in input al modello di dispersione, tali informazioni potranno essere utilizzate come ausilio nella valutazione della pressione osmogena complessiva sull'area in esame. Nel caso in cui, infatti, siano presenti altre sorgenti odorigene sarà opportuno tenere conto dell'eventuale disturbo olfattivo generato e segnalato nel tempo nella valutazione del progetto in esame ai fini autorizzativi ed al fine delle attività di monitoraggio e controllo previste dal PMeC.

➤ Piano di monitoraggio

Il Piano di Monitoraggio e Controllo/Ambientale deve prevedere una specifica sezione dedicata alle emissioni odorigene, dettagliata ed adeguata alla complessità del sito. Si ritiene opportuno che il Piano di Monitoraggio venga richiesto per tutte le attività, così come richiamate all'inizio del paragrafo 3.1.

Esso, come requisito minimo, dovrebbe contenere:

- una caratterizzazione dettagliata delle sorgenti di emissione odorigena, individuate per tipologia (puntuali, diffuse areali attive e/o passive e fuggitive, contemplando anche eventualmente stoccaggi in impianto);
- tutte le misure tecnologiche e gestionali, impiegate per tenere sotto controllo l'emissione di odore e la riduzione dell'inquinamento odorigeno;
- informazioni circa l'applicazione di metodi appropriati per il monitoraggio ed il controllo delle diverse tipologie di sorgente, nonché le modalità e le frequenze di monitoraggio;
- una descrizione delle attività messe in atto in caso di rilascio accidentale di emissioni odorigene.

Il Piano di Monitoraggio e Controllo/Ambientale deve prevedere strumenti adeguati all'impatto previsto e commisurati alla complessità della situazione indagata, fino all'utilizzo di misure periodiche o strumentazione di misura in continuo, ove ritenuto necessario. Esso dovrebbe essere un documento aggiornabile rispetto a ogni cambiamento o modifica del ciclo di lavoro o introduzione di nuovi materiali di lavorazione nonché della variazione di nuovi schemi per il monitoraggio. Il Piano di Monitoraggio è soggetto ad approvazione dell'Autorità Competente.

Nei casi in cui il piano di monitoraggio comprenda l'esecuzione di campioni gassosi odorigeni e tali indagini, o una parte di esse, siano svolte da operatori della ditta o loro delegati

(laboratori di fiducia), è necessario che ne venga data comunicazione, con ragionevole anticipo, agli Enti di controllo, in modo da consentirne la presenza in azienda con il fine di supervisionare l'attività in corso.

In Fig. 6 è mostrato uno schema esemplificativo relativo al percorso di valutazione illustrato; tale diagramma è di tipo generale e non vincolante, qualora non coerente con quanto previsto dalla normativa regionale o Linee Guida già esistenti.

Si ribadisce che il percorso descritto ha valenza generale e può essere arricchito dall'introduzione di ulteriori elementi di valutazione sulla base delle esperienze territoriali.

La caratterizzazione dell'area di interesse, in termini di capacità dispersive dell'atmosfera e condizioni meteorologiche prevalenti che favoriscono l'emissione di odori, può essere considerata un esempio di ulteriore criterio valutativo. Le aree del territorio possono, infatti, essere caratterizzate da una maggiore propensione alla dispersione degli odori rispetto ad altre che può essere descritta considerando i parametri relativi alla stabilità atmosferica ed alle calme di vento (Sozzi, 2003; Craig, 2013; Tyndall J, 2007; Hernandez-Ramirez et al. 2011. A proposito, si riportano le indicazioni presenti nel documento di "Procedura per la valutazione dell'impatto odorigeno da attività produttive", di ARPA Friuli Venezia Giulia (ARPA FVG, 2017) che procede, in tal senso, ad una zonizzazione del territorio, considerando i parametri relativi alla stabilità atmosferica ed alle calme di vento. Per quanto riguarda la stabilità atmosferica, è considerata la lunghezza di Monin-Obukhov, L definita come l'altezza sopra il livello del suolo per cui la produzione di turbolenza meccanica eguaglia quella termica; in particolare, viene calcolato il parametro $1/L$ e, per descrivere la stabilità atmosferica, si considerano i valori di $1/L$ positivi. Le calme di vento vengono considerate, per convenzione, quando l'intensità del vento è minore di 0.5 m/s. Infine, le caratteristiche climatiche che favoriscono la formazione di odori sono prese in considerazione attraverso il parametro climatologico "numero di giorni con temperatura massima superiore a 25°C" (giorni caldi). I parametri considerati sono efficaci nella loro descrizione generale soprattutto nelle aree pianeggianti. In presenza di orografia complessa, infatti, si inseriscono fenomeni di carattere locale che devono essere considerati di volta in volta, proprio a causa della loro limitata rappresentatività. Per ogni ulteriore dettaglio si rimanda al documento integrale dell'ARPA FVG.

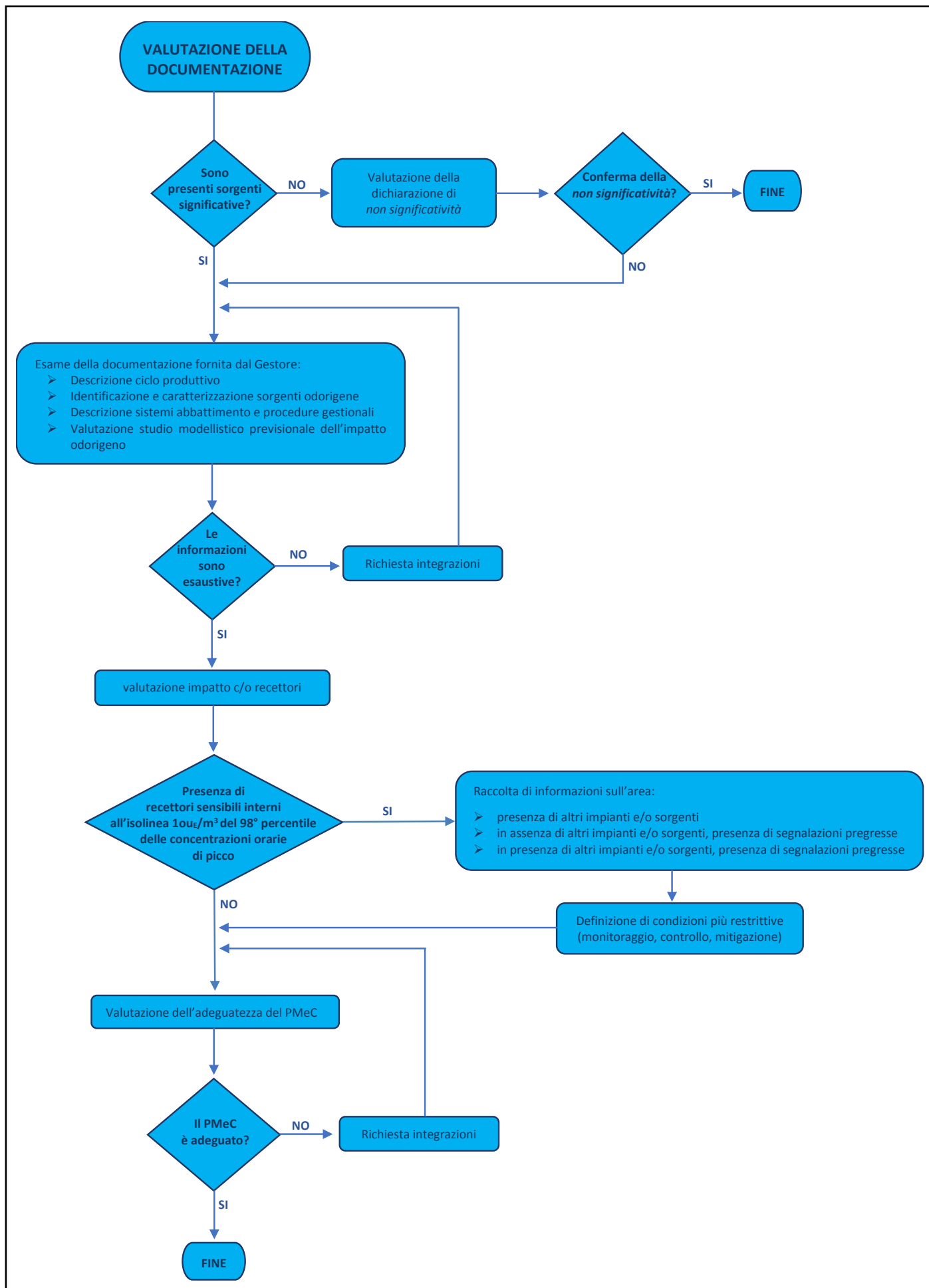


Fig. 6 - Schema esemplificativo relativo al percorso di valutazione nell'ambito delle procedure autorizzative

Bibliografia

- Arpa FVG, 2017. *Procedura per la valutazione dell'impatto odorigeno da attività produttive*, http://www.arpa.fvg.it/export/sites/default/tema/aria/utilita/Documenti_e_presentazioni/line_e_guida_docs/2017mmdd_arpafvg_procedura_odori.pdf
- Craig C., 2013. *Odor dispersion fundamentals*. Atmospheric behavior, pp 26 – 29.
- Hernandez-Ramirez G. Sauer J., Hatfield L., Pruger J, 2011. *Quantifying atmospheric stability conditions ad swine facility and an adjacent corn field in Iowa, USA*. Their Appl. Climatol, 105:495-503.
- Sozzi R. La micrometeorologia e la dispersione degli inquinanti in aria. APAT, RTI CTN_ACE XX/2003.
- Tyndall J, Colletti J, 2007. *Mitigating swine odor with strategically designed shelterbelt systems: a review*. Agroforest Syst, 69:45–65.

4. METODOLOGIE DI MONITORAGGIO DELLE EMISSIONI ODORIGENE

Il monitoraggio delle emissioni odorigene può essere definito come l'insieme delle attività che si rendono necessarie per definire compiutamente gli aspetti principali correlati alla presenza di odore in un ambiente di vita e/o per acquisire le informazioni fondamentali per poter impostare e proporre un'adeguata risposta ai problemi delle maleodorazioni.

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 necessario ricorrere ad un insieme di indagini e di tecniche, tra loro complementari per riuscire ad ottenere il maggior numero di informazioni possibili.

In generale, le metodologie di monitoraggio delle emissioni odorigene possono essere raggruppate in funzione delle loro principali finalità:

- 1) metodologie finalizzate a caratterizzare le fonti di odore: rientrano in questa categoria i metodi e le indagini volte, all'interno di contesti produttivi, all'identificazione dei cicli lavorativi e delle sorgenti emmissive di maggiore interesse olfattometrico e/o chimico;
- 2) metodologie finalizzate a valutare la risposta e l'esposizione della popolazione: rientrano in questa categoria i metodi e le indagini che hanno l'intento di comprovare le segnalazioni e i reclami, cercando di trovare attendibili correlazioni con le attività presenti sul territorio e determinando l'estensione geografica e/o temporale della problematica denunciata.

La misura ed il monitoraggio delle emissioni odorigene possono essere effettuati attraverso diverse modalità, descritte dettagliatamente nei successivi paragrafi ed elencate di seguito.

- ❖ ***Mediante caratterizzazione chimica qualitativa e quantitativa, finalizzata alla determinazione della composizione della miscela di sostanze che determinano l'odore.***
L'analisi chimica fornisce una conoscenza quali/quantitativa dei composti di maggior interesse presenti nella miscela gassosa ma non consente, di norma, precise considerazioni sull'impatto odorigeno: difficilmente i risultati delle analisi possono essere tradotti in termini di intensità dell'odore, gradevolezza, ecc... Le analisi chimiche vengono eseguite generalmente focalizzando l'attenzione sulle categorie di composti di interesse ambientale e sanitario caratterizzate da bassa soglia olfattiva che, in base alle conoscenze sui cicli produttivi e sulle attività antropiche che caratterizzano le zone interessate al problema, possono essere presenti. In funzione delle informazioni a disposizione, quindi, vengono scelte le tecniche di campionamento e di analisi più adeguate per la determinazione dei composti individuati.

❖ **Mediante analisi in olfattometria dinamica secondo la norma UNI EN 13725.**

L'olfattometria dinamica è una tecnica sensoriale attraverso cui l'aria odorosa, diluita con aria inodore, viene presentata a un gruppo di persone selezionate (panel) per registrarne la percezione di odore risultante: tale misura ha principalmente l'obiettivo di determinare la concentrazione di odore con l'ausilio dell'olfatto umano come sensore. Contrariamente all'analisi chimica, quella olfattometrica non fornisce informazioni sull'identificazione di una sostanza o di un gruppo di sostanze bensì permette di determinare le "unità di odore" della miscela gassosa. In tale modo è, dunque, possibile "quantificare" una sensazione realizzando così un metodo per misurare oggettivamente, per quanto tecnicamente possibile, la reale intensità della sorgente olfattiva. Tramite l'elaborazione delle risposte del panel è possibile stimare il numero di diluizioni necessarie affinché l'odore non venga più percepito e calcolare la concentrazione, in unità di odore al metro cubo, del campione in esame (uo_E/m^3). A titolo di esempio, un campione di aria che necessita di essere diluito 500 volte per non essere percepito da almeno il 50% del panel (che corrisponde alla soglia olfattiva), avrà una concentrazione di odore pari a $500\ uo_E/m^3$.

❖ **Mediante la rendicontazione della percezione del disturbo olfattivo da parte della popolazione residente.**

Generalmente le indagini possono avvenire attraverso:

- ✓ il monitoraggio sistematico del disturbo olfattivo mediante utilizzo di questionari da compilare in giorni e ore prestabilite da parte di un campione predeterminato di popolazione residente o di un gruppo di volontari, eventualmente addestrati per valutare l'odore percepito presso le loro abitazioni, durante le ore del giorno, in giornate lavorative e festive;
- ✓ il monitoraggio in campo tramite un panel di esaminatori. Il territorio viene suddiviso in maglie e gli esaminatori effettuano una valutazione nei punti della griglia interessata dal monitoraggio, compilando una scheda di rilevazione;
- ✓ rilevazione ed analisi delle segnalazioni di percezione di odore comunicate dalla popolazione residente.

Di norma, tali indagini vengono abbinate alle rilevazioni dei principali parametri meteorologici che influenzano la propagazione degli odori (direzione e velocità del vento) al fine di validare e contestualizzare le informazioni ottenute.

❖ **Mediante l'utilizzo di metodologie senso-strumentali o "Nasi Elettronici".** Tali dispositivi sono potenzialmente in grado di simulare il processo di memorizzazione e riconoscimento, tipici del sistema olfattivo umano. L'abbinamento di un sistema olfattivo elettronico alle precedenti tecniche di indagine, ancorché da ottimizzare per le specifiche situazioni, può rappresentare il naturale completamento dei rilievi possibili in merito a problematiche di odore. Gli obiettivi nell'utilizzo di tali sistemi sono solitamente dupli: discriminare la sorgente di emissione dell'odore e quantificarne l'intensità e la persistenza in un ambiente in termini temporali. In linea di principio è inoltre possibile, con tali strumenti, proporre una stima approssimata delle emissioni odorigene, in termini di unità odorimetriche, anche se può essere difficile garantire l'attendibilità di tali stime, considerando che la misura della concentrazione di odore è basata sulla percezione olfattiva dei componenti del panel. La

risposta del naso umano è, infatti, diversa dalla risposta di sensori elettronici, seppur numerosi e sofisticati, tanto che, forse, sarebbe meglio parlare di indice di odore anche per evitare un utilizzo improprio di questi strumenti.

❖ **Mediante il monitoraggio di parametri surrogati.** L'uso di parametri surrogati può essere considerato un approccio efficace nei casi in cui sia possibile evidenziare sostanze chimiche odorigene (ad esempio idrogeno solforato o ammoniaca) o non odorigene (ad esempio metano da discariche) che possano essere considerate "traccianti" nell'ambito della miscela odorigena associata all'emissione oggetto di valutazione. Affinché possa essere identificato un parametro surrogato dell'odore, è necessario che il rapporto tra la concentrazione del parametro surrogato e la concentrazione odorigena sia relativamente costante e conosciuto. Tale relazione dovrà, quindi, essere supportata da uno specifico studio di comparazione. Di seguito, a titolo esemplificativo, è presentato un elenco non esaustivo di sistemi di monitoraggio in continuo, che possono essere utilizzati per seguire l'andamento di parametri surrogati da correlare alle concentrazioni di odore (UK Environment Agency, 2011):

- a) Strumenti non specifici (rivelatori a ionizzazione di fiamma [FID] o a fotoionizzazione [PID], per la determinazione dei composti organici totali o degli NMHC;
- b) Analizzatori di H₂S a celle elettrochimiche o Gold Foil Instruments;
- c) Analizzatori di NH₃ a chemiluminescenza o celle elettrochimiche
- d) Gas cromatografi da campo per la determinazione di mercaptani o altre sostanze;
- e) Sistemi di monitoraggio long path-length (es. LIDAR).

Nella quasi totalità dei casi, il monitoraggio delle emissioni odorigene è preceduto da indagini preliminari relative al contesto territoriale in cui si manifestano le maleodorazioni che consentono, spesso, di circoscrivere il campo di azione a cicli produttivi o attività che costituiranno, di fatto, l'oggetto principale dei monitoraggi. Le valutazioni preliminari e la conseguente corretta progettazione di un piano di monitoraggio delle emissioni odorigene consentono di stabilire dove e su cosa focalizzare l'attenzione per acquisire quelle informazioni fondamentali ad individuare le criticità esistenti e le possibili soluzioni. È fondamentale, fin dalle prime fasi di impostazione del monitoraggio, avere ben presente le finalità specifiche delle indagini e le questioni a cui dare risposta. Ad esempio, il piano di monitoraggio delle emissioni odorigene può essere finalizzato a:

- individuare geograficamente la provenienza dell'odore;
- individuare le aree produttive e gli specifici cicli produttivi di potenziale interesse olfattivo;
- individuare le aree di possibile impatto degli odori;
- discriminare il contributo delle diverse sorgenti di odore individuate;
- quantificare la frequenza e la durata degli eventi odorigeni;
- correlare gli eventi odorigeni alla presenza di determinate sostanze chimiche aerodisperse;
- correlare gli eventi odorigeni all'attivazione di determinati cicli produttivi o all'uso di determinate materie prime;
- stimare i livelli massimi di accettabilità delle emissioni odorigene, al fine di limitare gli eventi di maleodorazione.

Non è sempre necessario attivare tutte le tipologie di indagine potenzialmente utilizzabili ma, invece, è sempre necessario avere ben chiaro l'obiettivo del monitoraggio per poter scegliere, di volta in volta, gli strumenti più adatti alle risposte che si vogliono ottenere. Per la buona riuscita dei monitoraggi è fondamentale il coinvolgimento collaborativo di tutti i soggetti interessati, a partire dalle amministrazioni locali, fino ai comitati dei cittadini e alle ditte potenzialmente interessate.

4.1 Procedure di raccolta, prelievo e gestione dei campioni gassosi odorigeni

I risultati del piano di monitoraggio delle emissioni odorigene e l'applicazione corretta di molte delle tecniche di indagine che possono essere attivate (olfattometria, analisi chimica, naso elettronico, altri metodi strumentali), non possono prescindere da un'adeguata fase di campionamento sia delle diverse sorgenti di odore di interesse specifico, sia di eventuali campioni ambientali. Pertanto, il campionamento è un elemento di fondamentale importanza: la qualità del dato analitico e la valutazione dei conseguenti risultati dipendono, infatti, dalla rappresentatività del campione prelevato. Lo scopo principale del campionamento è fondamentalmente quello di ottenere frazioni volumetriche di campioni gassosi rappresentative del contesto che si vuole caratterizzare (tipicamente la sorgente o l'aria ambiente) e delle condizioni emissive di cui si vuole avere specifico riscontro (ad esempio, informazioni sui livelli massimi e minimi piuttosto che sul livello emissivo medio, il che presuppone campionamenti su basi temporali diverse, che possono estendersi da pochi minuti fino alla semi-ora o all'ora ed anche oltre).

La fase di campionamento vera e propria, deve essere sempre preceduta da una serie di attività propedeutiche necessarie alla corretta impostazione del monitoraggio da realizzare, tra le quali:

- l'acquisizione di sufficienti informazioni sul contesto territoriale in cui si manifestano le problematiche di odore, sulle attività produttive e sulle emissioni di potenziale interesse (individuazione delle sorgenti odorigene principali);
- la conoscenza preliminare generale della composizione chimica delle emissioni odorigene e l'acquisizione di informazioni circa l'eventuale presenza di composti tossici. Tale informazione, nel caso siano da realizzare analisi olfattometriche, è importante sia per l'operatore che effettua il prelievo sia per gli esaminatori addetti all'analisi (panel);
- l'individuazione dei punti di campionamento e la valutazione delle loro caratteristiche, anche in relazione alla possibilità oggettiva di effettuare correttamente i prelievi; potrebbe essere necessaria l'installazione di presidi specifici per facilitare o rendere possibile le operazioni di campionamento, soprattutto nel caso di sorgenti emissive convogliate (ad esempio: realizzazione di bocchettoni di prelievo, scale, ecc.). L'operatore addetto al campionamento, infatti, deve poter svolgere le attività in totale sicurezza, pertanto il punto di prelievo deve essere facilmente raggiungibile e soddisfare i requisiti relativi alle norme di sicurezza sul lavoro (D.Lgs.81/2008 e ss.mm.). Utili informazioni in proposito si possono reperire nelle seguenti norme tecniche applicabili ai campionamenti alle emissioni: UNI EN 15259 "Misurazione di Emissioni da sorgente fissa - Requisiti delle sezioni e dei siti di misurazione e dell'obiettivo, del piano e del rapporto di misura" e UNI EN ISO 16911-1

“Determinazione manuale e automatica della velocità e della portata di flussi gassosi in condotti”.

Per i motivi appena esposti, spesso risulta essenziale pianificare sopralluoghi preventivi, non solo nelle aree di ricaduta degli odori ma anche presso gli stabilimenti e gli impianti di interesse ed annotare le possibili sorgenti, i punti di emissione e le zone scelte per effettuare i prelievi, indicando le relative modalità di campionamento ipotizzabili sulla base delle informazioni a disposizione e dei riscontri ottenuti in campo.

Nel progettare la corretta metodologia di campionamento di una sorgente odorigena è inoltre necessario acquisire informazioni utili a definire adeguatamente i parametri che caratterizzano l'emissione della sorgente stessa, ovvero:

- la configurazione geometrica della sorgente e le modalità di trasferimento delle sostanze odorogene dalla sorgente all'atmosfera (valutare la tipologia di emissione: convogliata, areale attiva, areale passiva, ecc.);
- la durata della emissione (valutare se continua, discontinua, a cicli alternati, ecc.);
- il ciclo produttivo che genera l'emissione, in modo da fare una prima valutazione sul fatto che la si possa ritenere ragionevolmente costante ed omogenea nel tempo oppure variabile (con riferimento sia alla portata volumetrica, nel caso di emissioni convogliate o sorgenti areali attive, sia alle caratteristiche quali/quantitative chimiche e odorogene).

I campionamenti devono essere effettuati, di norma, in condizioni di ordinaria attività, con impianti funzionanti a regime. È di fondamentale importanza, a tale proposito, valutare la possibile variabilità dell'emissione. Infatti, qualora le attività e gli impianti da caratterizzare presentino condizioni di funzionamento significativamente variabili, è necessario valutare, in funzione delle finalità delle indagini, l'opportunità di eseguire diversi campionamenti per ognuna delle diverse condizioni ipotizzate, sulla base delle informazioni preliminari acquisite, e valutare contestualmente l'entità del range di variabilità. Si dovrà, perciò, stabilire preventivamente se i campionamenti da effettuare debbano essere rappresentativi di una condizione emissiva “media” oppure di una condizione emissiva “estrema” (condizione cautelativa), anche se di breve durata, o se debbano dare riscontro di entrambe le situazioni e dei livelli di variabilità. A tale proposito, un utile ausilio alla progettazione delle indagini è costituito da alcuni documenti operativi di riferimento per le attività di campionamento e misura alle emissioni convogliate, tra cui il Manuale UNICHIM 158/1988 e il rapporto ISTISAN 91/41, nei quali vengono descritte le casistiche emissive inquadrabili come costante, continua, variabile, intermittente, ecc... In sede operativa è comunque necessario verificare quanto ipotizzato preventivamente in riferimento alla possibile variabilità dell'emissione, eseguendo preliminarmente e/o contestualmente ai campionamenti, anche la misura diretta e continuativa di COT (Carbonio Organico volatile Totale) con strumentazioni in continuo (FID, PID o altro) per un tempo adeguato; questa modalità operativa è sicuramente la più completa e corretta per garantire l'esecuzione di campionamenti rappresentativi delle condizioni emissive da caratterizzare.

Una corretta durata e numerosità dei campionamenti, e quindi anche del periodo temporale di rappresentatività del campione, è fondamentale anche in funzione di eventuali utilizzi del dato olfattometrico come input a modelli matematici di ricaduta che, tipicamente, utilizzano input

meteorologici su base oraria e che restituiscono, perciò, stime mediate sulla medesima base temporale. Un adeguato set di dati olfattometrici rappresentativi della variabilità delle emissioni, consentirà di stabilire, in funzione degli scopi della modellizzazione, se utilizzare cautelativamente un dato emissivo estremo, anche se magari di durata pari a pochi minuti, oppure un dato mediato su base temporale più ampia, descrittivo di una condizione media più omogenea rispetto al set di dati meteorologici.

4.1.1 Metodologie e supporti di campionamento

I campioni gassosi da avviare ad analisi olfattometriche, analisi chimiche o di caratterizzazione con nasi elettronici o altri metodi strumentali possono essere raccolti con modalità diverse, su diversi supporti, in funzione della metodologia utilizzata per l'analisi.

I campionamenti olfattometrici, descritti nella norma UNI EN 13725, sono basati sul trasferimento, all'interno di sacchetti o bags di materiale polimerico inerte ed in condizioni controllate, di una porzione rappresentativa del campione gassoso da sottoporre ad indagine, analizzato senza alcun pretrattamento, salvo eventuale pre-diluizione. Il metodo di raccolta in bags si basa sull'utilizzo di pompe a depressione che lavorano in base al "principio del polmone"; il sacchetto è posizionato all'interno di contenitori rigidi evacuati usando una pompa da vuoto ed il campione viene richiamato all'interno del sacchetto per effetto della depressione generata. Tale modalità evita che vi siano rischi di contaminazione, in quanto non vi è contatto diretto tra la pompa e il campione. I campioni raccolti in bags possono essere utilizzati sia per l'olfattometria dinamica, sia per essere sottoposti ad analisi chimiche o altri metodi strumentali, secondo le specifiche metodiche di interesse, o all'analisi mediante naso elettronico per la memorizzazione dell'impronta olfattiva. I campioni gassosi così ottenuti, infatti, possono essere somministrati ad analizzatori automatici, in grado di restituire un dato analitico in tempo reale, oppure essere oggetto di trasferimento su supporti specifici di campionamento, adeguati alle specifiche metodiche di indagine chimica, da eseguire in laboratorio in condizioni controllate. Il rilevante vantaggio di quest'ultima possibilità applicativa risiede nel fatto che, data la durata generalmente breve di raccolta del campione olfattometrico (solitamente pochi minuti per raccogliere consistenti quantitativi di aria o emissione), l'analisi successiva può essere rappresentativa di situazioni emissive estreme o di momenti di percezione acuti; i classici campionamenti effettuati in campo, diversamente (e soprattutto per le analisi chimiche), richiedono spesso tempi prolungati non compatibili con la breve durata di alcuni eventi acuti.

I campionamenti finalizzati alla caratterizzazione chimica di sorgenti emissive o aria ambiente, descritti in numerose metodologie di campionamento ed analisi emanate da enti di normazione o descritti in norme legislative o sviluppate da enti di ricerca e pubblicate in bibliografia, sono generalmente basati sul trasferimento di uno o più inquinanti su un substrato che "fissa" l'inquinante stesso e ne consente il trasferimento, in condizioni controllate, al laboratorio di analisi. Di fatto, questa modalità di campionamento deve essere preceduta da una attenta

valutazione delle sorgenti e del contesto ambientale, per identificare gli inquinanti di potenziale interesse e, di conseguenza, individuare le metodologie di prelievo ed analisi chimica più indicate.

I campionamenti per la caratterizzazione chimica possono essere condotti con modalità “attiva” o “passiva”. Il campionamento con modalità “attiva” è applicato sia per sorgenti emissive sia per aria ambiente: consiste nel prelevare, con pompa di campionamento, una porzione rappresentativa di campione gassoso, forzandolo all’intimo contatto con il substrato idoneo a fissare gli inquinanti di interesse. Il campionamento con modalità “passiva”, invece, è applicato per campionamenti ambientali: viene effettuato con dispositivi che non necessitano di pompe di aspirazione, nei quali il substrato di campionamento entra in contatto con gli inquinanti in base al fenomeno della diffusione, regolato da precise leggi fisiche.

I principi chimico/fisici più diffusi, in base ai quali i diversi substrati di campionamento sono in grado di fissare gli inquinanti, si possono riassumere in:

- *adsorbimento*: capacità di alcuni substrati, quali ad esempio carbone attivo, tenax, XAD-2 e altri polimeri, di fissare i composti gassosi mediante interazioni di tipo fisico, reversibili in specifiche condizioni analitiche;
- *chemiadsorbimento*: in questi casi il substrato è rivestito da reagenti specifici per determinate categorie di inquinanti; i composti da determinare sono trasformati in specie chimiche non volatili che vengono adsorbite sul substrato per poi essere determinate analiticamente;
- *assorbimento*: in questo caso il substrato è una soluzione generalmente acquosa che fissa gli inquinanti di interesse attraverso processi di solubilizzazione, reazione acido-base o reazioni di ossido-riduzione.

I volumi di campione gassoso che devono essere campionati per una efficace caratterizzazione chimica delle sorgenti emissive o di aria ambiente, dipendono dal livello di concentrazione nel gas degli inquinanti di interesse e dal livello prestazionale (limite di rilevabilità) della tecnica analitica applicabile. Tanto più ridotte sono le concentrazioni delle sostanze di interesse ipotizzate nei campioni gassosi, tanto più elevati saranno i volumi di aeriforme da campionare, in funzione della sensibilità analitica delle metodiche applicabili. Si consideri, inoltre, che la velocità di campionamento dell’aeriforme di interesse è anche funzione del substrato utilizzato, che non sempre consente elevati flussi di campionamento e, di conseguenza, determina spesso tempi di campionamento lunghi e non sempre adeguati a rappresentare brevi fenomeni odorigeni. Un valido supporto in tal senso, come accennato in precedenza, risulta essere la possibilità di effettuare campionamenti olfattometrici (che si possono realizzare prelevando in pochi minuti consistenti volumi di aeriforme in sacche facilmente trasportabili) da utilizzare per l’applicazione di specifiche metodiche analitiche di interesse.

Una particolare tipologia di campionamento ambientale, finalizzato esclusivamente alla caratterizzazione chimica, nel quale il campione gassoso viene prelevato e trasferito all’interno di contenitori inerti (analogamente a quanto avviene nei campionamenti olfattometrici) consiste nell’utilizzo di “canister”. I canister sono contenitori in acciaio di diverso volume (solitamente da 0,5 litri a 15 litri di capienza), la cui superficie interna è sottoposta a trattamento inertizzante per prevenire la possibile degradazione dei composti gassosi campionati e che, preliminarmente ad ogni utilizzo, devono essere decontaminati facendo uso di azoto o di aria ultrapura con cicli di

pressurizzazione e successivo svuotamento. Il campionamento si esegue ponendo il dispositivo, in condizione di sottovuoto, nell'ambiente di cui si vuole captare l'aeriforme ed attivando l'apposita valvola regolatrice di flusso di cui dispone il canister. In funzione del volume del canister e della valvola di regolazione, possono realizzarsi campionamenti di pochi minuti o mediati su tempi più lunghi, che possono arrivare anche alle 24 ore e oltre. Le successive analisi richiedono specifici dispositivi per interfacciare il canister con la linea strumentale di analisi.

Le caratteristiche dei supporti di campionamento sono generalmente riportate nelle norme tecniche che descrivono le singole metodiche di campionamento e analisi. In particolare, specificatamente per i monitoraggi di tipo chimico che si sviluppano attraverso una fase di campionamento riferito a uno o più composti o famiglie di composti, seguita successivamente dall'analisi di laboratorio, le tipologie di supporti possono variare da materiali solidi quali polimeri, carbone attivo, resine, gel di silice, ecc... (con o senza rivestimento di reagenti), fino a soluzioni liquide acquose di diverso tipo.

I materiali da utilizzare, invece, per il prelievo dei campioni gassosi da destinare alle analisi olfattometriche sono descritti nella norma EN 13725. In particolare, i materiali devono soddisfare i seguenti criteri:

- essere "inerti", cioè in grado di minimizzare le interazioni con l'aeriforme da campionare.
- devono possedere superficie liscia;
- devono possedere neutralità odorigena (assenza di odore proprio);
- devono avere caratteristiche di tenuta adeguate; al fine di evitare alterazioni, perdite di campione o diluizione dello stesso con ingresso di aria dall'esterno, è importante che i materiali abbiano porosità e coefficiente di diffusione più bassi possibile.

I materiali più utilizzati sono costituiti da polimeri quali Politetrafluoroetilene (PTFE, Teflon) per tubi di raccordo e connessioni e Polietilentereftalato (PET, Nalophan) per le sacche da campionamento.

Nei casi in cui si debbano prelevare campioni gassosi da sorgenti emmissive con temperature non compatibili con i materiali di campionamento o con contenuto di umidità tale da generare la formazione di condense all'interno del campione stesso, con conseguente rischio di alterazione delle caratteristiche originali e di possibili fenomeni di adsorbimento, è necessario prediluire il campione gassoso. Poiché la prediluizione del campione comporta l'utilizzo di dispositivi accessori specifici da impiegare in campo, è opportuno, quando possibile, valutare la necessità di operare in tal senso già in fase di progettazione dei campionamenti. Il fattore di prediluizione da realizzare durante le fasi di campionamento del gas deve essere tale da impedire il raggiungimento del punto di rugiada dell'aeriforme durante il campionamento stesso, fino alle successive analisi; pertanto, è importante considerare anche le eventuali basse temperature ambientali esterne o di stoccaggio (formule o diagrammi di stato che consentano di ipotizzare fattori di diluizione adeguati possono essere riportati su handbook o manuali specifici).

La prediluizione deve essere effettuata in campo utilizzando azoto inerte o aria sintetica; in ogni caso, anche in accordo con le indicazioni fornite dalla norma tecnica tedesca VDI 3880, si raccomanda di operare secondo un fattore di prediluizione non superiore a 15. Operativamente, si ritiene necessario prediluire il campione gassoso in fase di campionamento nei casi in cui

l'aeriforme da campionare abbia umidità relativa superiore al 90% o temperatura superiore a 50°C (rischio di formazione di condensa nel sacchetto). La prediluizione può essere effettuata anche su campioni per i quali è ipotizzabile una concentrazione molto elevata, soprattutto nel caso di analisi mediante olfattometria dinamica; in quest'ultimo caso, se il campione non presenta rischi di condensa, la pre-diluizione può essere operata anche in laboratorio. È inoltre opportuno operare una pre-diluizione qualora si vogliano ritardare i processi di ossidazione delle sostanze da campionare riducendo la quantità di ossigeno all'interno del sacchetto; in questo caso, si utilizzerà rigorosamente azoto, quale gas di diluizione.

Per i prelievi finalizzati alla caratterizzazione chimica, che si realizzano attraverso una fase di campionamento riferito a uno o più composti o famiglie di composti, nelle singole metodiche di campionamento e analisi possono essere descritte specifiche procedure da applicare in caso di emissioni calde, umide o a concentrazione elevata.

4.1.2 Strategia di campionamento olfattometrico: sorgenti odorigene e campionamenti ambientali

Obiettivo del campionamento olfattometrico è quello di ottenere una frazione volumetrica del campione gassoso rappresentativa delle caratteristiche della sorgente emissiva o dell'aria ambiente. È opportuno sottolineare, in ogni caso, che la sola concentrazione di odore non è sufficiente per realizzare una valutazione esaustiva di un'emissione odorigena ma è necessario tener conto anche della portata gassosa associata alla sorgente stessa; la combinazione delle due grandezze determina la portata di odore (OER – Odour Emission Rate) espressa in unità odorimetriche al secondo (ou_E/s). La concentrazione di odore e la portata di odore, rappresentano le grandezze principali che descrivono la sorgente emissiva e sono fondamentali qualora si debba stimare l'impatto olfattivo di una sorgente con l'applicazione di modelli matematici di ricaduta. In generale, possono essere individuate alcune principali tipologie di sorgente odorigena e, conseguentemente, possono essere fornite indicazioni operative specifiche in merito alle strategie di campionamento (dettagli ulteriori in merito sono riportate al paragrafo 4.3). È opportuno precisare che i contenuti del presente documento richiamano quanto riportato in materia da Norme tecniche e/o Linee guida, pertanto, laddove per alcune tipologie di sorgente non vi è accordo univoco sulle specifiche modalità operative di campionamento, dando vita a possibili differenti varianti, potrebbe essere necessaria l'applicazione di particolari accorgimenti per la pianificazione di un campionamento rappresentativo; per tali casi si rimanda ad approfondimenti successivi.

- a) Sorgenti Puntuali. Sono definite tali quelle sorgenti in cui l'emissione gassosa avviene, generalmente in modo controllato, attraverso un camino di espulsione. Il prelievo di campioni gassosi da tali sorgenti emissive, consiste nell'estrazione dal condotto di una parte di effluente convogliato che viene poi trasferito tal quale (o prediluito, se necessario) all'interno dello specifico dispositivo di campionamento costituito da pompa a depressione e bags di materiale inerte. Tramite la pompa a depressione, nella quale è posto il sacchetto di campionamento di materiale inerte, l'aeriforme è richiamato direttamente nel sacchetto

senza entrare in contatto né con la pompa né con altri materiali che potrebbero alterarne le caratteristiche (Fig. 7).

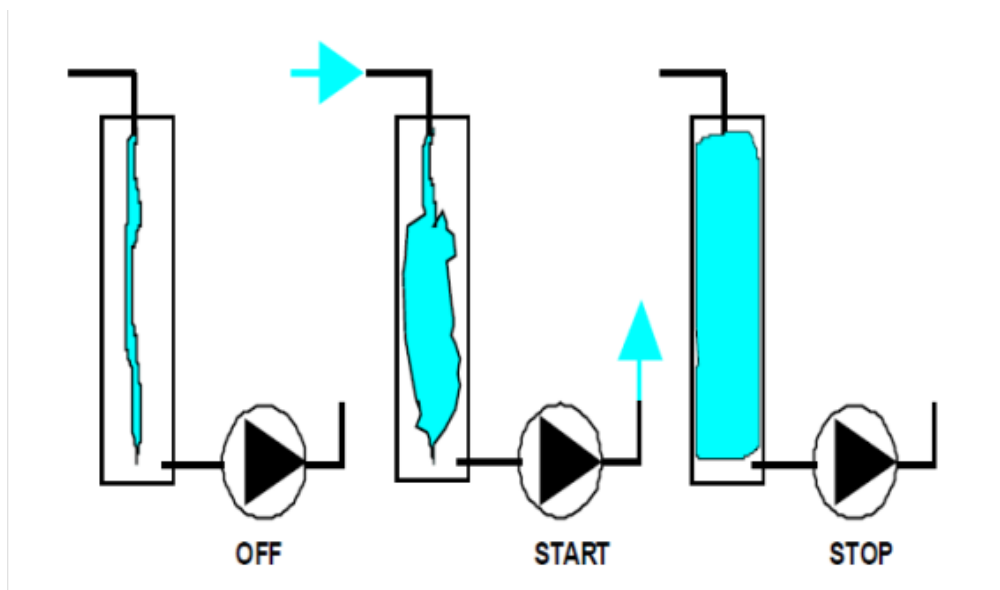


Fig. 7 - Rappresentazione del principio di funzionamento della pompa a depressione

Nel caso di emissioni convogliate, poiché il risultato del campionamento olfattometrico è spesso abbinato alla misura di portata volumetrica (necessaria per la corretta espressione della portata di odore), è opportuno realizzare il prelievo nel punto di accesso ritenuto adeguato per la misura di portata stessa, affinché si abbia la massima rappresentatività del campione prelevato. Secondo le specifiche norme per la misura di portata volumetrica (norma UNI EN 15259 e norma UNI EN ISO 16911), la presa di campionamento deve essere posizionata possibilmente in una sezione del condotto che soddisfi i requisiti di stazionarietà ed uniformità di flusso. I sacchetti di campionamento devono essere condizionati prima del prelievo, in conformità alla norma UNI EN 13725. A tale scopo, essi vengono riempiti con l'aeriforme da campionare e poi svuotati, prima di eseguire il campionamento vero e proprio. Nei casi in cui l'aeriforme da prelevare venga espulso in pressione, il campionamento può essere eseguito anche semplicemente inserendo il tubo di ingresso del sacchetto all'interno del condotto; a causa della sovrappressione, l'effluente gassoso transiterà spontaneamente nel sacchetto di campionamento. Per quanto riguarda la durata dei campionamenti, devono essere considerate le caratteristiche della sorgente, in termini di valutazione delle fluttuazioni della portata odorigena. In generale, sulla base delle informazioni a disposizione, acquisite sia in fase di pianificazione delle attività sia da precedenti verifiche, è possibile distinguere due principali situazioni:

- emissioni che si possono ritenere caratterizzate da livelli emissivi ragionevolmente costanti sia in termini di portata emissiva (Nm^3/h), sia in termini di caratteristiche chimiche quali/quantitative e, di conseguenza, anche in termini di emissioni odorigene;
- emissioni che non possono ritenersi caratterizzate da livelli emissivi ragionevolmente costanti e pertanto devono essere caratterizzate mediante il

campionamento di più porzioni gassose, ognuna delle quali rappresentativa di una diversa condizione emissiva di interesse e possibilmente effettuate in corrispondenza del momento più critico dal punto di vista delle emissioni odorigene.

In fase operativa è comunque necessario verificare “in campo” la variabilità della emissione, eseguendo misure dirette e continuative di COT (Carbonio Organico volatile Totale) con strumentazioni in continuo (FID, PID o altro), in modo da garantire campionamenti rappresentativi delle condizioni emissive che si vogliono caratterizzare.

Poiché i dispositivi di campionamento con pompa a depressione realizzano il riempimento di un sacchetto campione in un limitato periodo di tempo, generalmente pochi minuti, si ritiene opportuno fornire indicazioni operative diverse in funzione delle caratteristiche della emissione e degli obiettivi programmati.

- Nel caso di emissioni continue in termini di portata emissiva e costanti in termini di caratteristiche chimiche quali/quantitative e quindi, presumibilmente costanti anche in termini di emissioni odorigene, ogni porzione di gas campione da sottoporre ad analisi deve essere ottenuta nell’arco della giornata mediante almeno 3 singoli campionamenti in un intervallo temporale rappresentativo di almeno 30 minuti; in alternativa, possono essere utilizzate pompe a depressione che, attraverso specifici dispositivi (temporizzatori, riduzione della depressione realizzata, ecc.), consentano il riempimento di un unico sacchetto nello stesso intervallo temporale;
- Nel caso di emissioni continue in termini di portata emissiva ma variabili in termini di caratteristiche chimiche quali/quantitative e quindi, presumibilmente variabili anche in termini di emissioni odorigene, potrà essere eseguito 1 solo campionamento, cercando di individuare il momento emissivo più critico, qualora interessi caratterizzare solo la condizione estrema. Qualora interessi valutare anche la variabilità dell’emissione, dovranno essere effettuati molteplici singoli campionamenti, in numero sufficiente per caratterizzare correttamente i diversi livelli emissivi, in un adeguato intervallo temporale da stabilire, volta per volta, in funzione delle specifiche caratteristiche della sorgente; i campionamenti dovranno essere analizzati singolarmente.

Nel caso di emissioni caratterizzate da ben definite fasi produttive alle quali sono associabili caratteristiche emissive ben distinte, le modalità di campionamento descritte ai punti precedenti saranno da realizzare per ognuna delle fasi di interesse. Nel caso in cui si vogliano mettere in evidenza esclusivamente i livelli emissivi massimi generata da una specifica attività, seppur associabili a brevi periodi di tempo, è possibile focalizzare l’attività di campionamento nella fase ritenuta più critica, fermo restando la necessità di individuarla con sufficiente attendibilità sulla base delle informazioni a disposizione.

b) Sorgenti Areali

Le sorgenti areali sono emissioni che provengono da superfici solide o liquide, con estensione significativa. Esistono due tipologie di sorgenti areali:

- *attive*: sorgenti con flusso d'aria indotto (è il caso principalmente dei biofiltri);
- *passive*: sorgenti senza flusso indotto. L'unico flusso presente è quello dovuto al trasferimento di sostanze gassose odorigene dalla superficie della sorgente all'aria sovrastante (è il caso di corpi di discariche, vasche di impianti di depurazione di acque reflue, cumuli di materiali, ecc.).

Il limite fra sorgenti areali attive e passive è fissato, per convenzione, facendo riferimento ad un flusso volumetrico specifico pari a $50 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$.

Le sorgenti areali attive possono essere considerate al pari di sorgenti puntuali in cui, però, la sezione di emissione è estremamente più estesa e pertanto il campione gassoso deve essere ottenuto dalla combinazione di più aliquote prelevate da diversi e numerosi punti di campionamento. Per campionare questo tipo di sorgenti (ad es. biofiltro) si utilizza una cappa "statica" (Fig. 8) che permette di isolare una determinata porzione di superficie, convogliando il flusso in un apposito condotto d'uscita ed evitando, in particolare, che l'atmosfera ed il vento possano diluire il gas emesso prima che venga catturato nel sacchetto. Dal camino della cappa si preleva il campione con le stesse modalità adottate per le sorgenti puntuali. Sul condotto d'uscita della cappa è predisposta un'apertura sia per consentire il prelievo, sia per effettuare le misurazioni dei principali parametri fisici che caratterizzano le condizioni fluidodinamiche della porzione di superficie isolata (temperatura, umidità, velocità dell'aria, portata volumetrica, ecc...).

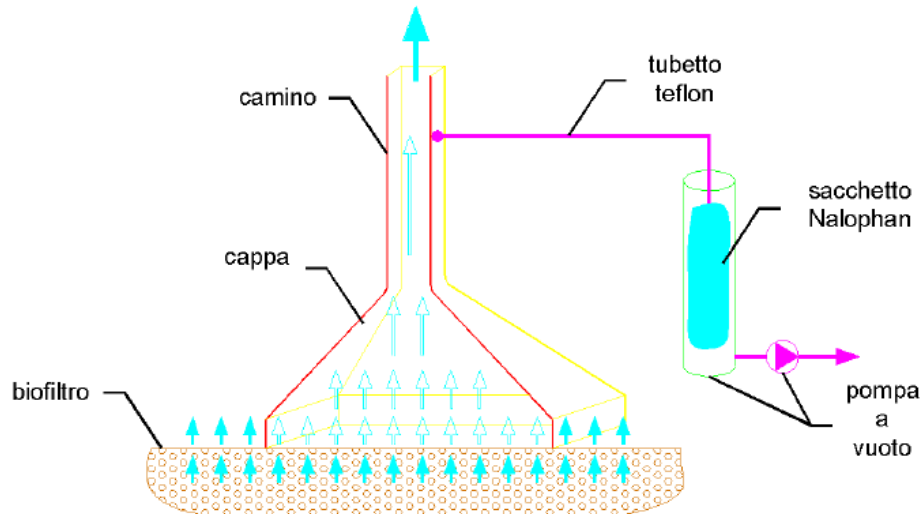


Fig. 8 – Schema di funzionamento della cappa statica

Quando si opera sulla superficie di un biofiltro, i campionamenti devono essere effettuati in diversi punti distribuiti uniformemente sull'intera superficie, così da ottenere dati rappresentativi della sorgente. La superficie del biofiltro, pertanto, deve essere idealmente suddivisa in una griglia, costituita da sub-aree equivalenti, dove realizzare i campionamenti con l'ausilio della cappa statica. La superficie campionata tramite cappa statica dovrà essere almeno l'1% della superficie emissiva totale con un minimo di 3 ed un massimo di 10 campioni in totale, a prescindere dalla superficie emissiva (ad esempio su un biofiltro fino a 500 m^2

dovranno essere prelevati 5 campioni in 5 punti diversi distribuiti uniformemente sulla sua superficie di emissione). Preliminarmente al campionamento, è obbligatoria la misurazione dei principali parametri fisici che caratterizzano ciascuna porzione di superficie isolata dalla cappa statica; in particolare, è necessario effettuare una mappatura delle velocità di emissione, al fine di verificare l'omogeneità del flusso o la eventuale presenza di flussi preferenziali. Sulla base di tale mappatura, possono essere distinti 2 casi:

- sorgenti areali attive con flusso omogeneo (le velocità misurate in vari punti della superficie differiscono al massimo di un fattore 2);
- sorgenti areali con flusso non omogeneo (le velocità misurate in vari punti della superficie differiscono di un fattore superiore a 2).

I valori di velocità misurati in ciascun punto della superficie, opportunamente combinati tra loro, consentono di effettuare una stima della portata complessiva emessa dalla superficie del biofiltro e di confrontarla con il valore della stessa grandezza, misurata però dal condotto di adduzione dell'aria da depurare alla platea biofiltrante. Elevate disomogeneità di velocità dell'aria tra un punto di campionamento e l'altro nonché significative discordanze tra i valori di portata emissiva calcolati con le due differenti modalità, possono indicare l'esigenza di manutenzione del biofiltro.

Le sorgenti areali passive costituiscono, assieme alle sorgenti volumetriche, la tipologia di sorgente operativamente più complessa da caratterizzare: infatti, oltre alla difficoltà di misurazione della concentrazione di odore, è complicato definire con precisione la portata d'aria, essendo tipicamente sorgenti senza flusso indotto. Il principio su cui si basa la tecnica di campionamento è quello di isolare una parte della superficie emissiva con una cappa, simulando poi l'effetto di "estrazione della componente odorosa" da parte della naturale ventilazione ambientale attraverso l'immissione, nella zona isolata, di un flusso gassoso controllato di aria inodore; il campione gassoso così generato viene captato all'uscita della cappa e convogliato nelle sacche di materiale inerte. Per eseguire i campionamenti su queste tipologie di sorgenti si utilizzano generalmente cappe ventilate denominate "Wind Tunnel (gallerie del vento)", progettate per simulare la condizione atmosferica di flusso parallelo senza rimescolamento verticale (Fig. 9); una corrente nota di aria orizzontale, passante sulla superficie, raccoglie i composti odorigeni volatili provocando l'emissione di odore. In sostanza, il sistema a galleria del vento permette ad una corrente d'aria orizzontale, a flusso noto e misurato, di scorrere sulla superficie da campionare provocando "naturalmente" una emissione di odore che viene raccolta dalla corrente gassosa. Per ottenere risultati rappresentativi è importante prestare attenzione ad alcuni aspetti operativi: poiché le cappe isolano dall'ambiente esterno una porzione della superficie emissiva, è possibile che localmente si alterino le condizioni di emissione (per esempio, una variazione di pressione locale può provocare un aumento o una diminuzione delle emissioni di odore); a garanzia di questo, è necessario condizionare il sistema lasciando fluire il gas all'interno della cappa per un tempo di stabilizzazione che dipende dalle caratteristiche costruttive della cappa utilizzata.

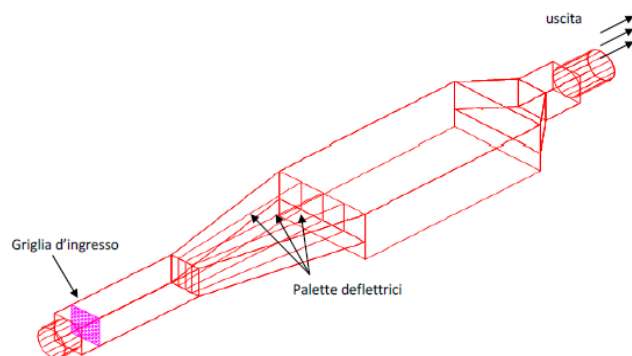


Fig. 9 – esempio di wind tunnel (DGR n. IX/3018 del 15 febbraio 2012)

Poiché la concentrazione di odore misurata sull'aria in uscita dalla wind-tunnel decresce con l'aumentare della velocità del gas inviato all'interno, con superfici poco emissive è necessario operare in condizioni tali per cui non si dovrebbe mai scendere al di sotto delle $50 \div 100$ uo_E/m^3 . A tale scopo, il prelievo deve essere effettuato con flussi indotti piuttosto bassi, che realizzano velocità dell'aria in superficie all'incirca di qualche centimetro al secondo ($1 \div 10$ cm/s). Tale valore relativo alla velocità dell'aria inviata sotto la cappa, unitamente alla conoscenza delle caratteristiche dimensionali della wind-tunnel (così come descritto successivamente al capitolo 4.3), è necessario alla corretta espressione del valore di flusso specifico di odore e deve essere esplicitato sul rapporto di prova. Il numero di campioni da prelevare è funzione dell'estensione e della tipologia di sorgente areale passiva da caratterizzare. In generale, si può stabilire che:

- per sorgenti areali passive omogenee (es. vasche movimentate di materiali liquidi), nelle quali la superficie emissiva si può ritenere ragionevolmente uniforme per effetto della miscelazione, si ritiene sufficiente prelevare un unico campione rappresentativo, avendo l'accortezza di effettuare il prelievo in zona non troppo vicina alla parete perimetrale;
- per sorgenti areali passive non omogenee (es. superfici di discarica, cumuli di rifiuti, compost o materiali in genere, ecc.), il numero di campionamenti dovrà essere valutato sia in funzione delle caratteristiche delle singole porzioni della sorgente areale, sia in funzione della loro specifica estensione. Per fare alcuni esempi concreti, nell'effettuare la caratterizzazione odorigena di cumuli di compost stoccati presso un impianto, l'individuazione del numero di campioni e dei punti di prelievo può essere basata sull'estensione e sull'età dei singoli cumuli. Analogamente, nel caso di discariche, nell'effettuare la caratterizzazione odorigena del sito, si dovrà considerare sia lo specifico utilizzo dei diversi settori (fronte di coltivazione della discarica, zone di copertura provvisoria, copertura definitiva, post-gestione, ecc.), sia lo loro estensione.

Per il caso specifico di caratterizzazione odorigena delle emissioni da superfici di discarica, l'individuazione di un'unica metodologia per il prelievo di campioni odorigeni è tuttora oggetto di dibattito scientifico, a causa del più complesso meccanismo di volatilizzazione da superfici solide. In particolari condizioni operative, in luogo di un approccio diretto di misura, può essere valutata l'applicazione di un approccio di tipo indiretto, basato sulla misurazione della concentrazione di metano dalla superficie della discarica e sulla stima della

concentrazione di odore, effettuata a partire dall'individuazione preliminare di una relazione di proporzionalità diretta tra concentrazione di metano misurata sulla superficie di discarica e concentrazione odorimetrica del biogas (Rachor, 2013; Lucernoni, 2017).

c) Sorgenti Volumetriche

Vengono considerate sorgenti volumetriche gli edifici dai quali fuoriescono gli odori, attraverso condotti a ventilazione naturale oppure tramite porte, portoni, finestre o altre aperture. Poiché il campionamento, la misura e la quantificazione di tali sorgenti risulta estremamente complicata, è fondamentale valutare preliminarmente la significatività e l'importanza del loro potenziale contributo. Nel caso sia fondamentale, per l'indagine, conoscere l'impatto olfattivo di questa tipologia di sorgenti, si può valutare la possibilità di ricondurre tale sorgente ad una sorgente puntuale o areale, misurando, se possibile, i flussi gassosi in corrispondenza delle aperture e dei condotti di espulsione dei ricambi d'aria, oppure stimare la portata gassosa mediante l'utilizzo di gas traccianti.

d) Campionamenti Ambientali

In aggiunta alla caratterizzazione delle diverse sorgenti odorigene presenti in un contesto produttivo, è spesso altrettanto importante valutare le caratteristiche di qualità dell'aria delle zone su cui ricadono gli odori. Spesso le maleodorazioni si manifestano anche a distanze significative dai siti produttivi ma proprio perché percepite dalla popolazione, costituiscono fonte di preoccupazioni e timori sulla salubrità degli ambienti di vita. Accanto ai campionamenti ambientali finalizzati alla caratterizzazione chimica dell'aria, effettuati in alcuni casi con strumentazione automatica specifica o con metodologie generalmente rivolte a determinare famiglie di sostanze chimiche e che restituiscono dati medi su periodi temporali più o meno prolungati, anche i campionamenti olfattometrici ambientali possono fornire informazioni utili in determinate condizioni. Infatti, i campionamenti olfattometrici ambientali, soprattutto se effettuati contestualmente agli episodi di maggiore rilievo delle maleodorazioni (che spesso si manifestano a intermittenza e hanno durata limitata nel tempo), possono essere un utile supporto per:

- la caratterizzazione chimica dell'aria ambiente nei momenti di maggiore percezione di odore e per valutare l'eventuale presenza di composti chimici da correlare alle sorgenti oggetto di indagine;
- per l'addestramento dei nasi elettronici con aria odorosa segnalata dalla popolazione e per un'eventuale attribuzione ad una specifica sorgente, mediante l'ausilio dei medesimi strumenti;
- per la quantificazione della concentrazione di odore rilevata in aria ambiente.

In generale, l'applicazione dell'olfattometria dinamica, quale unica tecnica di indagine su campionamenti ambientali, pur essendo operativamente realizzabile, fornisce informazioni spesso limitate o poco significative. Infatti, difficilmente, da sola (a meno di situazioni particolari e/o di forte impatto come, ad esempio, quelle di estrema vicinanza con la sorgente), è in grado di restituire indici numerici di impatto olfattivo. In alcuni casi, invece, soprattutto se integrata e combinata con altre evidenze o altri metodi di indagine, l'applicazione della olfattometria dinamica su campionamenti ambientali può risultare

utile. Il prelievo di campioni olfattometrici ambientali viene effettuato mediante pompa a depressione; i campionamenti olfattometrici possono essere realizzati in una o più postazioni sul territorio, in funzione della diversa finalità del monitoraggio, e possono essere sia di tipo istantaneo (durata limitata a pochi minuti), sia mediati su periodi temporali maggiori. L'efficacia dei campionamenti ambientali è determinata dalla tempestività del prelievo in relazione alla presenza dell'effetto odorigeno della sorgente. Per questa ragione, è auspicabile che il campionamento olfattometrico ambientale sia integrato con altre informazioni ed attivato, per quanto possibile, in tempo reale a seguito di segnalazioni di molestia olfattiva e/o di superamenti dei livelli di emissione rilevati da specifici sensori.

e) Campionamento di sorgenti per finalità di addestramento nasi elettronici

Le modalità di campionamento olfattometrico descritte nei precedenti paragrafi sono perfettamente adeguate a realizzare campioni utilizzati per l'addestramento di nasi elettronici. Come sarà descritto al capitolo 4.4, l'addestramento dello strumento rappresenta una fase fondamentale del monitoraggio mediante naso elettronico. Il naso elettronico infatti, deve essere opportunamente istruito a riconoscere l'impronta olfattiva dell'aria che andrà poi a discriminare, attraverso un preliminare processo di memorizzazione delle possibili sorgenti. Il processo di addestramento del naso elettronico necessita di campioni rappresentativi della sorgente da memorizzare ma non necessariamente della conoscenza puntuale della concentrazione e del flusso di odore di ciascun campione.

4.2 - Monitoraggio chimico

Generalità

Il monitoraggio chimico è realizzato mediante caratterizzazione chimica qualitativa e quantitativa della sorgente emissiva, finalizzata alla migliore determinazione della composizione della miscela di sostanze che ne determinano l'odore. L'analisi chimica fornisce una conoscenza quali/quantitativa, (non sempre completamente esaustiva, a causa delle diverse capacità analitiche dei diversi metodi applicabili) dei composti presenti nel gas, ma non consente, di norma, precise considerazioni sull'impatto odorigeno: difficilmente i risultati delle analisi possono essere tradotti in termini di intensità dell'odore, gradevolezza, ecc...

Correlare la composizione chimica di un'aria osmogena con la sua concentrazione di odore risulta molto complesso; tuttavia alcune informazioni possono essere dedotte dal calcolo degli Odour Activity Value (OAV) delle sostanze che costituiscono una miscela odorigena. Tale grandezza è ottenuta dal rapporto tra la concentrazione di ogni analita e la sua soglia di percezione olfattiva (Odour Threshold Concentration, OTC); la somma degli OAV di una miscela è proporzionale, in prima approssimazione, alla sua concentrazione di odore. L'applicazione del calcolo degli OAV è valido nell'ipotesi di ignorare l'interazione tra i vari componenti della miscela (effetti additivi, antagonistici o sinergici). In generale, OAV è equivalente alla concentrazione di odore di un singolo odorante mentre, in una miscela odorigena, la discrepanza tra la somma degli OAV e la

concentrazione di odore può variare di 1 – 2 ordini di grandezza, a causa degli effetti di interazione non valutati. Allo stato attuale, sono ancora limitati gli studi sulla valutazione degli effetti di interazione degli odorigeni e sulla variazione degli OAV (Blazy, 2015; Wu, 2015; Wu, 2016).

La caratterizzazione chimica delle emissioni odorigene risulta particolarmente utile nei seguenti casi:

- individuazione di molecole traccianti delle emissioni per l'identificazione delle sorgenti responsabili di un inquinamento odorigeno;
- valutazione di screening di un'emissione odorigena contenente anche sostanze irritanti, tossiche o nocive (industrie chimiche, fonderie, ecc.), preliminare all'analisi olfattometrica con panel;
- valutazione delle previsioni di un modello di dispersione, mediante analisi delle ricadute sui recettori di composti in tracce emessi dalle sorgenti (traccianti), a causa dell'impossibilità di eseguire sulle immissioni misure olfattometriche esenti dal fondo ambientale;
- identificazione delle sostanze odorigene più significative, al fine di individuare adeguati sistemi di abbattimento e valutarne l'efficacia.

4.2.1 Tecniche di campionamento ed analisi

Le analisi chimiche vengono eseguite generalmente focalizzando l'attenzione sulle categorie di composti di interesse ambientale, caratterizzate da bassa soglia olfattiva che, in base alle conoscenze sui cicli produttivi e sulle attività antropiche che caratterizzano le zone interessate al problema, possono essere presenti. È proprio in funzione delle informazioni a disposizione che vengono scelte le tecniche di campionamento e le analisi adeguate alla determinazione dei composti così individuati.

Le tecniche di campionamento ed analisi si possono distinguere tra metodologie specificatamente rivolte alla determinazione di singoli composti o metodologie dedicate a determinazioni analitiche "multiresiduali", cioè generalmente valide per un'ampia gamma di composti. La fase di campionamento si sostanzia nel prelevare il campione di aria tal quale, con modalità analoghe a quelle del campionamento olfattometrico realizzato in sacchetti di Nalophan o altro materiale adatto o, in alternativa, utilizzando materiali che consentono di "estrarre" gli inquinanti di interesse dal gas da analizzare, concentrandoli su adeguati supporti; in entrambi i casi, i campioni così ottenuti sono poi sottoposti a specifiche procedure analitiche. Tra le tipologie di campionamento che utilizzano specifici supporti per il trasferimento degli inquinanti gassosi, rientrano le tecniche basate sull'adsorbimento, assorbimento e chemiadsorbimento. Il prelievo di aria tal quale, invece, si realizza con tecniche di campionamento in bags (campionamento olfattometrico) e con tecniche che utilizzano i "canister", appositi contenitori metallici, rivestiti internamente da film di materiale inerte che, per depressione, convogliano il campione gassoso al loro interno senza alterarne la composizione.

Le tecniche di campionamento che sfruttano l'adsorbimento e il chemiadsorbimento, richiedono che gli inquinanti, separati dal gas da caratterizzare e catturati su specifico supporto, siano poi estratti e resi disponibili all'analisi. Ciò può avvenire attraverso il desorbimento chimico o il desorbimento termico. Nel primo caso, il desorbimento avviene utilizzando un opportuno

solvente, mentre nel secondo caso il desorbimento avviene per effetto di un flusso gassoso ad elevata temperatura; questa seconda tecnica, abbinata a specifica strumentazione di desorbimento, generalmente consente di ottenere le migliori prestazioni, in termini di sensibilità analitica.

Le tecniche basate invece sul campionamento di aria tal quale (sacche Nalophan o canister) necessitano di adeguato sistema di preconcentrazione del campione da sottoporre ad analisi, quale ad esempio la tecnica di microestrazione in fase solida su fibra SPME oppure, nel caso di canister, l'impiego di un apposito sistema di estrazione e preconcentrazione diretta. Per la conservazione dei campioni di emissioni odorigene tal quali ai fini della caratterizzazione chimica, valgono le stesse considerazioni applicate alle analisi olfattometriche: il campione prelevato in sacchetti di Nalophan o altro materiale adatto può essere sottoposto ad analisi chimica, purché ciò avvenga entro un intervallo di tempo non superiore alle 30 ore. Analogamente alle considerazioni valide per campioni da sottoporre ad analisi olfattometrica, deve essere evitata la formazione di condensate nel sacchetto, operando una prediluizione con sufficiente volume di aria pulita secca.

Tra le diverse tecniche analitiche applicabili per la caratterizzazione chimica qualitativa e quantitativa, si possono citare, in funzione della tipologia di composti da determinare, la cromatografia liquida e la spettrofotometria (metodi per aldeidi, ammine, solfuri, ammoniaca, acido solfidrico, ecc.) anche se le tecniche maggiormente impiegate sono rappresentate dalla gascromatografia abbinata alla spettrometria di massa (GC/MS) e dalle più recenti tecniche di abbinamento della GC/MS con tecniche sensoriali (GC/O).

4.2.2 Analisi mediante Gascromatografia/Spettrometria di massa (GC/MS)

La tecnica analitica di elezione per la caratterizzazione chimica delle emissioni odorigene è certamente la gascromatografia abbinata alla spettrometria di massa (GC/MS), preceduta da un'opportuna fase di preconcentrazione del campione gassoso e desorbimento termico. Il metodo più diffuso per l'analisi GC/MS di campioni gassosi è il metodo TO-15 dell'Environmental Protection Agency statunitense (US EPA): il campione gassoso, prelevato mediante speciali contenitori di acciaio trattati internamente (canister) precedentemente evacuati, viene adsorbito su fase solida, desorbito termicamente ed introdotto nel sistema GC/MS. Le condizioni analitiche del metodo consentono l'analisi quantitativa di gran parte delle Sostanze Organiche Volatili (SOV). Per l'applicazione ai campioni di interesse odorigeno, è comunque opportuno apportare al metodo alcune modifiche che ne estendano il più possibile il campo applicativo. Molte molecole ad alta polarità sono dotate di odore sgradevole e soglia di percezione molto bassa (ammine alifatiche, acidi carbossilici) e pertanto si suggerisce l'uso del Tenax come materiale adsorbente per le sue caratteristiche idrofobe. Inoltre, poiché la superficie interna di alcuni tipi di canister può adsorbire le molecole polari, si preferisce l'uso di sacche (Nalophan, Tedlar) per il campionamento; resta intesa la necessità dell'analisi entro le 30 ore. L'acquisizione dell'analisi in modalità "scansione completa" permette di registrare gli spettri di massa di tutti i composti analizzati e quindi di identificarli; per l'analisi quantitativa, si ricorre alla calibrazione del sistema GC/MS con soluzioni gassose sintetiche di riferimento per le sostanze più comuni. Il limite di sensibilità del metodo in modalità "scansione" è generalmente inferiore a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per la maggior parte delle

sostanze analizzate; in ogni caso, il livello di sensibilità dipende dal volume di campione gassoso analizzato (solitamente alcuni litri di aria). Per la ricerca di specifiche sostanze odorigene o particolari traccianti nelle immissioni, si ricorre alla tecnica di acquisizione SIM (Selected Ion Monitoring), che raggiunge, in queste condizioni, sensibilità generalmente inferiori a $0.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, analizzando volumi di aria da 2 a 8 litri.

I composti di interesse odorigeno da determinare mediante GC/MS, poiché dotati di odore sgradevole e/o soglia di percezione molto bassa, sono generalmente:

- composti solforati: tioli, tioeteri, ditioeteri, tioesteri;
- composti azotati: ammine alifatiche, indoli, piridine, pirazine;
- composti ossigenati: alcoli, eteri, esteri, aldeidi, chetoni, acidi, fenoli, furani;
- idrocarburi: olefine, idrocarburi aromatici.

Tipicamente il tracciato cromatografico che caratterizza un campione di una emissione mostra la presenza di numerosi componenti; tra questi, vanno individuati quelli che contribuiscono significativamente alle proprietà odorigene del campione, che possono essere stimate dalla somma dei loro OAV e confrontate con il risultato dell'analisi olfattometrica.

In abbinamento al metodo TO-15, è spesso impiegata la tecnica di microestrazione in fase solida su fibra (SPME) per l'analisi quantitativa GC/MS delle immissioni, sia per praticità che semplicità d'uso; per campioni gassosi prelevati in emissione, che presentano concentrazioni nell'ordine dei mg/m^3 , la tecnica SPME è sconsigliabile a causa di fenomeni di saturazione della fibra estraente.

4.2.3 Analisi mediante Gascromatografia/Olfattometria (GC/O)

Di recente introduzione nel panorama delle tecniche di indagine, e per questo ancora poco diffusa, la Gas Cromatografia - Olfattometria (GC-O) è una tecnica ibrida senso-strumentale che accoppia la separazione gas-cromatografica alla rivelazione sensoriale, condotta ad opera di un panel di valutatori addestrati che, attraverso una specifica porta di annusamento in vetro o in PTFE, connessa in parallelo agli analizzatori convenzionali, valuta i differenti composti eluiti dal GC. La caratteristica principale che contraddistingue questa tecnica consiste nella suddivisione, secondo rapporti definiti, dell'eluato in uscita dalla colonna gas-cromatografica, fra l'analizzatore convenzionale (generalmente FID o MS) e una porta olfattometrica; in figura 10 è mostrato lo schema di funzionamento dell'apparato strumentale.

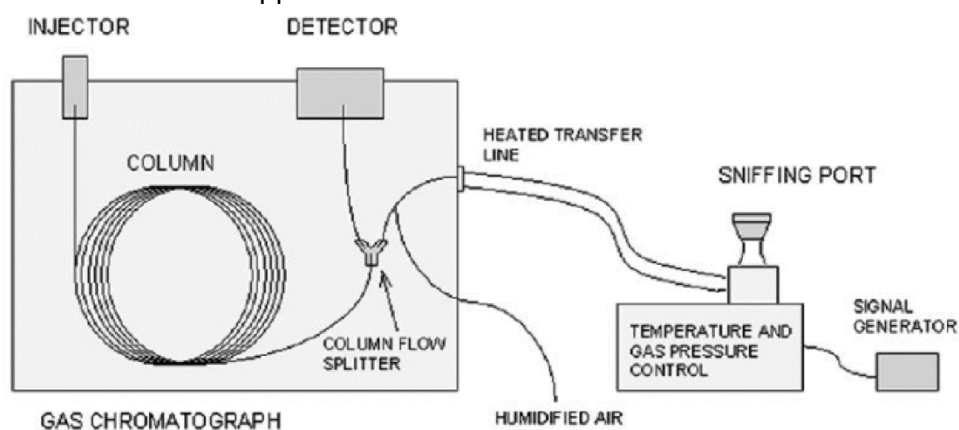


Fig. 10 – schema di funzionamento dell'apparato strumentale GC-O

L'eluato raggiunge la porta olfattometrica attraverso una linea di trasferimento riscaldata per impedire la condensa di analiti semi-volatili sulle pareti del capillare. Al fine di preservare la sensibilità olfattiva del valutatore umano ed evitare fenomeni di disidratazione delle mucose nasali, dovuti alla presenza del gas carrier cromatografico, all'eluato viene addizionata aria umidificata (prima che esso raggiunga l'organo di senso). Il valutatore umano, quindi, rivela la presenza o meno dell'odore, valuta la durata della percezione olfattiva relativa all'odore percepito, lo descrive qualitativamente e ne quantifica l'intensità. Le informazioni sensoriali vengono registrate e associate ai picchi cromatografici ottenuti dal cromatogramma, ottenendo il cosiddetto aromagramma, di cui la successiva figura ne rappresenta un esempio (Fig. 11).

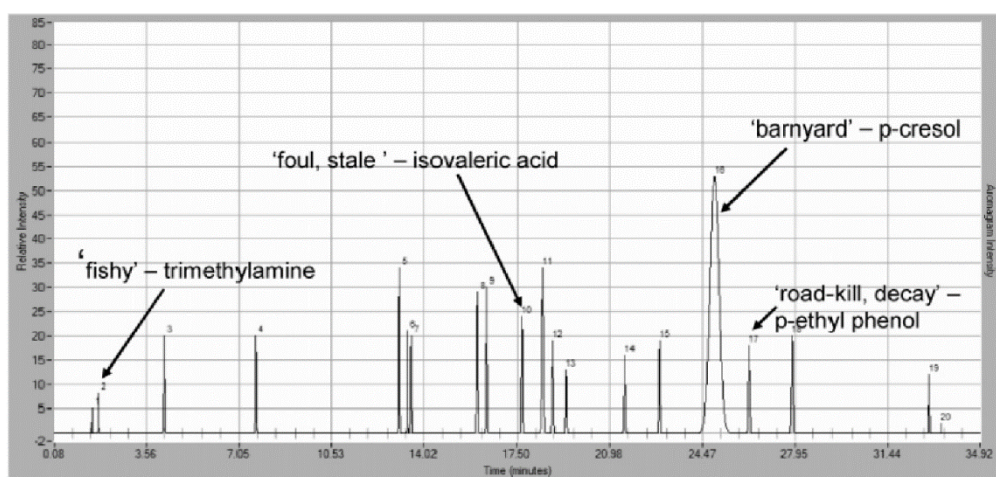


Fig. 11 – esempio di aromagramma ottenuto da analisi condotta mediante GC-O

Se l'estratto analizzato è sufficientemente concentrato, il flusso di eluato può essere, talvolta, separato in più flussi e veicolato verso più porte olfattometriche per la rilevazione simultanea da parte di diversi valutatori; questo approccio può fornire risultati più rappresentativi fornendo un valore medio di più valutazioni per ogni analisi.

La qualità dei dati raccolti dal GC-O è influenzata, in modo rilevante, dalle condizioni di separazione della miscela, determinando la qualità dell'eluato disponibile per la percezione e, quindi, la risposta del rivelatore umano. Infatti, il comportamento cromatografico delle sostanze odorigene varia sia in relazione alle fasi stazionarie della colonna gascromatografica, sia in funzione della tipologia dei composti, alcuni dei quali possono decomporsi facilmente durante l'analisi (ad esempio, i composti dello zolfo sono particolarmente suscettibili alla decomposizione indotta dal calore).

Il carattere odorigeno di alcuni composti, inoltre, dipende fortemente dalla loro concentrazione; molti composti odorigeni sono infatti presenti in concentrazioni molto basse nelle matrici complesse. Ulteriore fattore di criticità è la possibile co-eluzione di alcuni composti, effetto che rende più complessa la correlazione tra l'aroma rilevato e il composto. A tale proposito, recenti sviluppi della tecnica in tale contesto prevedono la cromatografia bidimensionale (GC × GC), che sembra essere la scelta più adeguata per soddisfare la necessità di una maggiore separazione e di una maggiore sensibilità. Questa tecnica si basa sulla raccolta continua di un effluente da una

colonna GC e dalla re-iniezione periodica di piccole porzioni dell'effluente ad una seconda colonna di diversa polarità, consentendo l'analisi olfattiva delle aree cromatografiche congestionate. E' necessario tuttavia evidenziare che il GC x GC accoppiato con ODP è una tecnica estremamente faticosa per l'operatore poiché i picchi vengono eluiti molto rapidamente e l'esaminatore può non avere abbastanza tempo per percepire gli odori e fornire i relativi descrittori.

La qualità dei dati raccolti mediante GC-O è certamente influenzabile anche del rivelatore umano; per ottenere dati riproducibili, i valutatori potenziali dovrebbero quindi essere sottoposti a screening per la sensibilità, la motivazione, la capacità di concentrazione e la capacità di richiamare e riconoscere le qualità degli odori; per evitare di compromettere le prestazioni del rivelatore umano, le evidenze scientifiche suggeriscono di non superare un tempo di annusamento di 25-30 minuti (Delahunty, 2006) La necessità di comprendere quali siano le sostanze responsabili del conferimento di un determinato odore ad un campione gassoso, ha determinato lo sviluppo della metodologia GC-O in applicazioni legate soprattutto al campo alimentare, per la caratterizzazione dei prodotti dal punto di vista olfattivo (studio degli "aromi") ma anche al campo medico, profumiero e ambientale, la maggior parte delle quali riguardante l'analisi di campioni provenienti da aree circostanti fattorie, stalle, caseifici, discariche, ai fini della valutazione delle sostanze responsabili della molestia olfattiva (Brattoli, 2013).

La GC-MS/O è, inoltre, perlopiù impiegata per la determinazione dell'efficienza di diversi sistemi di trattamento per la riduzione delle emissioni di odori; in particolare, i dati sensoriali, fornendo indicazioni sui composti odorigeni che contribuiscono maggiormente all'odore, sono utili ad individuare strategie specifiche di mitigazione e per caratterizzare gli odoranti sia prima che dopo l'applicazione di prodotti di abbattimento (carbone attivo, gel di silice e zeolite).

I risultati GC-O possono utilmente essere integrati con quelli acquisiti attraverso altri approcci, con l'obiettivo di fornire possibili correlazioni per una migliore comprensione dell'evento odorigeno; ad esempio, i risultati della GC-O possono essere abbinati con quelli ottenuti mediante olfattometria dinamica, rilevando correlazioni tra le concentrazioni dei SOV odorigeni e le concentrazioni di odore misurate.

4.3 Olfattometria dinamica

Nel presente paragrafo sono descritti specificatamente gli aspetti legati all'analisi di campioni gassosi in olfattometria dinamica per la determinazione della concentrazione di odore ed al relativo campionamento da sorgenti di emissione di odore. Per quanto riguarda la procedura di analisi, le indicazioni riportate fanno riferimento all'attuale testo della norma tecnica UNI EN 13725/2004; per gli aspetti di campionamento, poiché la stessa norma non risulta esaustiva, sono riportate integrazioni rinvenienti da procedure operative consolidate e/o presenti in successivi documenti di indirizzo alcune delle quali, in parte, già descritte al par. 4.1.2. Si precisa, inoltre, che la norma tecnica europea EN 13725/2003 è oggetto di revisione nell'ambito del CEN/TC 264/WG 2 e che, quindi, si dovrà tener conto delle modifiche, eventualmente intervenute, a seguito della nuova pubblicazione.

4.3.1 Modalità di campionamento per specifiche sorgenti e criteri di rappresentatività dei campioni

I – Generalità

Nella fase di raccolta dei campioni di aria si devono adottare tutte le precauzioni necessarie per garantire condizioni di sicurezza per la salute dei tecnici che eseguono i prelievi. A tal proposito, si rimanda tali valutazioni alle norme di riferimento per le piattaforme di lavoro temporanee e/o permanenti, requisiti di sicurezza sui luoghi di lavoro e al D.Lgs. 81/2008 e ss.mm.

II – Metodo di campionamento

Tutti i materiali utilizzati per il campionamento devono essere conformi alla norma tecnica di riferimento adottata. È possibile eseguire due tipi di prelievi:

- campionamento per olfattometria diretta;
- campionamento per olfattometria ritardata.

Olfattometria diretta: utilizzando questa tecnica il campione di aeriforme è convogliato direttamente dal punto di prelievo all'olfattometro; il metodo va applicato solo per emissioni con un livello di concentrazione costante per tutta la durata del prelievo. Il vantaggio di tale tecnica è costituito dal breve tempo trascorso tra campionamento e analisi.

Olfattometria ritardata: utilizzando questa tecnica il campione di aeriforme viene prelevato e trasferito in un contenitore adatto per lo stoccaggio ed il trasporto. Tale tecnica è utilizzata laddove l'emissione non sia costante nel tempo e qualora non sia possibile riprodurre le condizioni ambientali adatte alla determinazione diretta della concentrazione di odore in situ.

Il prelievo avviene in un sacchetto di campionamento collocato in un contenitore rigido. L'aria è rimossa dal contenitore utilizzando una pompa a vuoto; la depressione nel contenitore fa sì che il sacchetto si riempia con un volume di campione pari a quello che è stato rimosso dal contenitore. Tale metodo consente l'eliminazione di possibili alterazioni del campione dovute a passaggi del flusso di aeriformi all'interno del sistema di pompaggio.

È altresì possibile utilizzare il metodo di prelievo del "pompaggio diretto" ma si devono adottare delle precauzioni per minimizzare le possibili contaminazioni dell'aria, ovvero impiegare una linea di campionamento inodore o nuova e facendo fluire il gas all'interno della pompa fino a completa rimozione dell'odore prima di procedere al prelievo.

Pre-diluizione durante il campionamento

La pre-diluizione del flusso di gas odorigeni deve essere applicata quando è reale il rischio di condensa del gas prelevato all'interno del supporto utilizzato per il prelievo a temperatura ambiente oppure quando si è valutato che la stima della concentrazione di odore nell'aeriforme da campionare ecceda l'intervallo di diluizione massimo dell'olfattometro impiegato per la misurazione o, infine, se si ritenga opportuno ritardare i processi di ossidazione del campione dovuto alla presenza dell'ossigeno dell'aria, utilizzando un gas neutro (tipo azoto). Si distinguono le seguenti modalità:

- **Diluizione statica:** si riempie preventivamente parte del sacchetto con un gas inerte privo di odore (aria secca o azoto); questa tecnica è utilizzabile con un fattore di diluizione massimo di 3, poiché, per fattori di diluizione superiori a 3, cresce in maniera significativa l'errore dovuto alla misurazione del minor volume prelevato di campione.
- **Diluizione dinamica:** si ottiene miscelando, direttamente in fase di prelievo, un flusso di gas inerte e il flusso di gas campione.

Trasporto e conservazione del campione

Il campione deve essere analizzato nel più breve tempo possibile, in ogni caso mai oltre le 30 ore dal prelievo. Le possibili cause di deterioramento del campione possono essere l'assorbimento sulla superficie del sacchetto, la diffusione attraverso il sacchetto e la trasformazione chimica che può avvenire per opera di umidità e ossigeno presenti nel sacchetto.

Durante il trasporto, è necessario che i campioni vengano tenuti al buio per evitare reazioni di fotodegradazione e diffusione; il campione non deve superare i 25°C di temperatura, tuttavia è necessario mantenere la temperatura al di sopra del punto di rugiada per evitare condense all'interno del sacchetto di campionamento; bisogna infine evitare danneggiamenti meccanici, quindi proteggerli in contenitori opportuni ed evitare contaminazione con l'esterno.

III – Strategia di campionamento

Per la definizione della strategia, è necessario conoscere le finalità della misurazione e la natura del flusso di massa dell'odore.

Nel dettaglio vanno considerati:

- le fasi che concorrono alla produzione dell'odore da misurare;
- la valutazione della tossicità ed il rischio potenziale dei membri del gruppo di prova di tutte le emissioni;
- il posizionamento dei punti di emissione dell'odore;
- le possibili o eventuali fluttuazioni dell'odore, valutabili per mezzo di un analizzatore in continuo tipo FID;
- i punti di campionamento dell'emissione odorigena;
- le condizioni che possono incidere sull'emissione dell'odore come il clima e i parametri controllati e controllabili (per esempio parametri di gestione impianto).

Infine, per le emissioni convogliate, è importante rilevare la portata gassosa volumetrica alle condizioni normali di 20°C (293,15 K) e 101,3 KPa, in quanto utile per il calcolo della portata di odore, OER, espressa come ou_E/s .

Numero di campioni e tempo di campionamento

La norma UNI EN 13725/2004 non indica un numero minimo o massimo di prelievi da effettuare; il numero di campioni deve essere sufficiente a garantire che il flusso di odorigeno sia correttamente quantificato, basandosi su due requisiti:

- la precisione del metodo di misurazione, compreso il campionamento
- l'intervallo di confidenza richiesto per raggiungere una conclusione valida nello studio pratico.

La durata del prelievo dovrebbe essere determinata tenendo conto della fluttuazione della portata di odore nel tempo. Se si valuta costante la portata, è sufficiente prelevare 3 campioni in momenti casuali nel corso di un periodo temporale predefinito della giornata; se la portata non è costante ed il periodo di fluttuazione è di pochi minuti, si possono realizzare i campioni su 3 periodi di variabilità; se il periodo di fluttuazione è più lungo, i prelievi devono essere effettuati in momenti appropriati durante il ciclo dell'emissione.

Ulteriori dettagli su strategie di campionamento, numero di campioni e tempo di campionamento sono riportati al par. 4.1.2.

IV – Tipologia di sorgenti, apparecchiature di prelievo e calcolo dell'OER

Generalmente, sono individuate le seguenti quattro tipologie di sorgenti di odore.

- Sorgenti puntuali

In questo caso l'odore è emesso da un singolo punto, per esempio attraverso un camino; il prelievo va condotto da una presa di prelievo posizionata sul punto emissivo in modo diretto. Se l'emissione è in pressione, il sacchetto si riempie per effetto del flusso, viceversa il sacchetto deve essere riempito tramite un sistema di pompaggio a depressione. La portata di odore si ottiene dal prodotto della portata Q ricalcolata a 20°C (293,15 K) e 101,3 KPa per la concentrazione di odore espressa come uo_E/m^3 , ottenendo così le uo_E/s .

La portata di odore si calcola come:

$$OER = Q_{effl} * C_{od}$$

OER : portata di odore espressa come uo_E/s

Q_{effl} : portata volumetrica dell'effluente espressa come m^3/s

C_{od} : concentrazione di odore misurato espressa come uo_E/m^3

Per flussi convogliati, tipo le sorgenti puntuali, la misura della portata Q è quantificabile nel rispetto delle norme tecniche per la misura dei parametri fisici delle emissioni convogliate (flusso, temperatura, umidità, sezione e pressione). Da notare che le norme sulla misura di portata alle emissioni indicano condizioni di riferimento diverse da quelle riportate al capoverso precedente. In particolare esse stabiliscono una temperatura di riferimento di 273,15 K e, per tale motivo, essa deve essere ricalcolata a 20°C (293,15 K) e 101,3 KPa per renderla omogenea con le modalità di espressione della concentrazione di odore espressa come uo_E/m^3 .

- Sorgenti volumetriche

Si parla di sorgenti volumetriche per edifici che, in ragione di condotti di ventilazione o porte e finestre e altre aperture, emettono odore più o meno intenzionalmente. Per le sorgenti volumetriche si deve tenere conto del volume interno del locale da cui l'aeriforme diffonde verso l'esterno e la sezione da cui l'aeriforme diffonde che ne determina il flusso. La stima delle OER risulta piuttosto approssimativa ma può essere effettuata misurando la velocità dell'aria in

corrispondenza delle aperture, oppure misurando la portata gassosa che fuoriesce dall'edificio con l'ausilio di gas traccianti.

$$\text{OER} = Q_{\text{effl}} \times C_{\text{od}}$$

OER : portata di odore espressa come ou_E/s

Q_{effl} : portata volumetrica dell'effluente espressa come m^3/s

C_{od} : concentrazione di odore misurato espressa come ou_E/m^3

- Sorgenti diffuse o areali

Le superfici emissive areali sono tipicamente solidi o liquidi estesi, suddivise in areali attive e passive; attive se esiste un flusso indotto (es. biofiltri o liquidi aerati), passive se non hanno un flusso indotto (es. discarica, vasche di depurazioni reflui).

Per convenzione si fissa un limite di flusso volumetrico pari a $50 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$ che distingue una sorgente areale attiva e passiva.

Sorgenti areali attive

Per il prelievo di sorgenti areali attive si utilizza una cappa statica che isola una parte della superficie e permette di convogliare il flusso all'interno del condotto di uscita della cappa, dove viene prelevato con una pompa a depressione (Fig. 12)

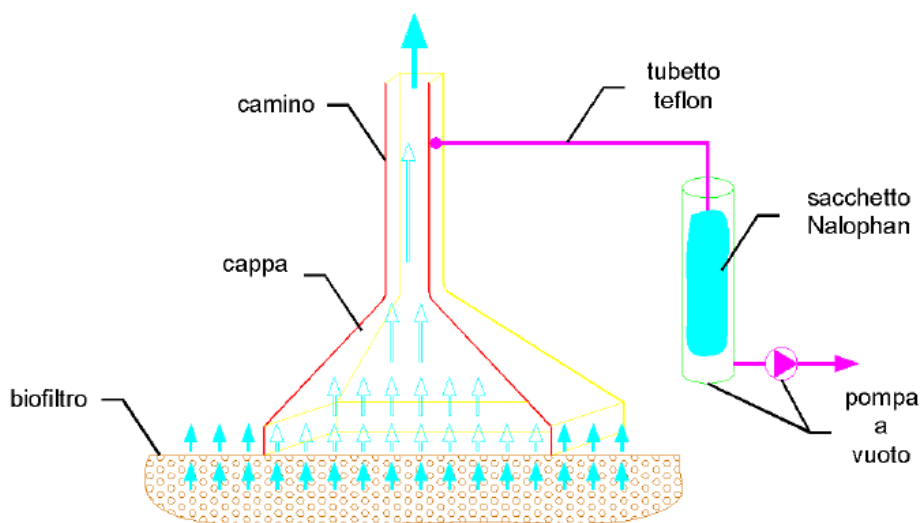


Fig. 12 – Schema di funzionamento della cappa statica

E' importante verificare l'omogeneità del flusso su tutta la superficie, al fine di avere un valore di concentrazione di odore medio. Si distinguono così 2 casi:

- sorgenti areali attive con flusso omogeneo (le velocità misurate in vari punti della superficie differiscono al massimo di un fattore 2)

$$c_{\text{od}} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n c_i}$$

c_{od} : concentrazione di odore media espresso come ou_E/m^3

c_i : concentrazione di odore misurata sulla i -esima superficie parziale espressa come uo_E/m^3

- sorgenti areali con flusso non omogeneo (le velocità misurate in vari punti della superficie differiscono di un fattore superiore a 2)

$$c_{odM} = \frac{\sum_{i=1}^n f_i}{\sqrt{\prod_{i=1}^n x_i f_i}}$$

c_{odM} : concentrazione di odore media espresso come uo_E/m^3

x_i = concentrazione di odore misurata sulla i -esima superficie parziale (ou_E/m^3)

f_i = velocità di efflusso misurata sulla i -esima superficie parziale (m/s)

Per le sorgenti areali attive (convogliate tipo biofiltro) il calcolo della portata di odore OER è effettuato in analogia con quello delle sorgenti convogliate. Si adotta come portata Q quella a monte della sorgente stessa, ovvero la mandata (ingresso), che si misura quindi come un'emissione convogliata ipotizzando che tra l'ingresso e l'uscita non vi siano vie di fuga preferenziali o emissioni diffuse che determinino una perdita di volumi di aria emessi dalla superficie della sorgente.

Sorgenti areali passive

Calcolare la portata di odore per queste sorgenti è complesso, a causa della difficoltà che si incontra nel misurare la portata volumetrica e nel determinare una concentrazione di odore rappresentativa. È necessario impiegare i cosiddetti metodi a cappa, ovvero isolare una parte della superficie emissiva e misurare la concentrazione di odore all'uscita dalla cappa stessa (Fig. 13).

Il principio di funzionamento è quello del trasferimento convettivo della massa di sostanze odorigene alla corrente gassosa indotta.

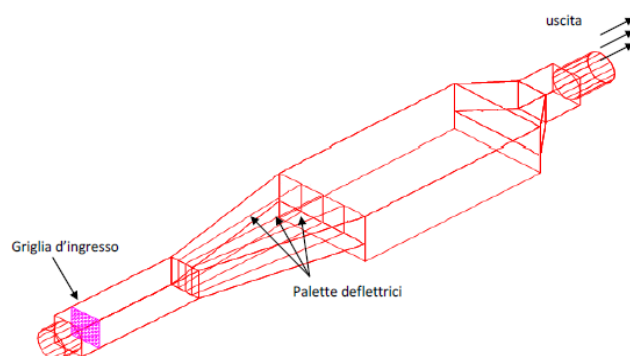


Fig. 13 – esempio di wind tunnel (DGR Regione Lombardia n. IX/3018 del 15 febbraio 2012)

Al fine di calcolare la portata di odore OER, è utile introdurre un altro parametro significativo, ossia il flusso specifico di odore SOER espresso come $ou_E/m^2/s$, che si ottiene nel seguente modo:

$$\text{SOER} = \frac{Q_{\text{effl}} * C_{\text{od}}}{A_{\text{base}}}$$

SOER: flusso specifico di odore espresso come $\text{ou}_E/\text{m}^2/\text{s}$

Q_{effl} : portata volumetrica dell'effluente uscente dalla cappa espresso come m^3/s

C_{od} : concentrazione di odore misurata espressa come ou_E/m^3

A_{base} : area di base della cappa espressa in m^2

$$\text{OER} = \text{SOER} * A_{\text{emiss}}$$

A_{emiss} : superficie emissiva espressa in m^2

Per le sorgenti areali passive (non convogliate), quindi, si deve considerare la SOER (flusso specifico di odore espresso come $\text{ou}_E/\text{m}^2/\text{s}$) e si considera come area emissiva la superficie effettivamente esposta all'atmosfera.

Per ottenere risultati rappresentativi è importante operare tenendo conto di alcuni accorgimenti. Poiché una porzione della superficie emissiva viene isolata rispetto all'ambiente esterno, è possibile che localmente si alterino le condizioni di emissione (per esempio, una variazione di pressione locale può provocare un aumento o una diminuzione delle emissioni di odore); per tale ragione, è conveniente lasciare fluire il gas all'interno della cappa fino alla stabilizzazione del sistema, con un tempo che dipende dalle caratteristiche costruttive della cappa utilizzata. Il sistema tipo "wind tunnel" è studiato per simulare la condizione atmosferica di flusso parallelo senza rimescolamento verticale; una corrente nota di aria orizzontale passante sulla superficie raccoglie i composti odorigeni volatili provocando un'emissione di odore.

È importante tenere presente che la concentrazione di odore misurata in uscita dalla cappa decresce con l'aumentare della velocità del gas inviato dentro la cappa; pertanto, con superfici poco emissive è necessario operare in condizioni tali per cui non si scenda mai al di sotto delle $50 \div 100 \text{ ou}_E/\text{m}^3$.

A tale scopo si deve effettuare il prelievo con flussi indotti piuttosto bassi, all'incirca di qualche centimetro al secondo ($1 \div 10 \text{ cm/s}$); in virtù di questo, è necessario che sul rapporto di prova sia esplicitata la velocità dell'aria inviata sotto la cappa.

In generale, per i prelievi su sorgenti areali passive è possibile utilizzare diversi sistemi di campionamento degli aeriformi, ma ogni sistema deve essere in grado di garantire prestazioni adeguate e riproducibili; tali requisiti prestazionali saranno riportati nelle norme tecniche di riferimento.

4.3.2 Analisi olfattometrica

La norma tecnica UNI EN 13725/2004 prevede che le analisi olfattometriche possano essere effettuate attraverso diverse modalità, a seconda della strumentazione a disposizione, finalizzate alla definizione della stima di soglia individuale e alla presentazione dell'odorante.

✓ Modalità "si/no"

Gli esaminatori (panelisti) devono fornire un riscontro in merito alla percezione o meno di odore “si o no”, di un campione gassoso presentato da una porta specifica; l’esaminatore che annusa il gas è consapevole che dalla porta può uscire il campione da rilevare oppure un gas di riferimento (aria).

✓ *Modalità di “scelta forzata”*

Agli esaminatori (panelisti) sono presentate due o più porte di somministrazione, di cui una fornisce il campione odorigeno e le altre gas neutro. La somministrazione del campione odorigeno è casuale sulle porte disponibili ed all’esaminatore viene richiesto di individuare “forzatamente” la porta da cui proviene lo stimolo, in caso di dubbio è necessario sceglierne una a caso.

Inoltre all’esaminatore viene chiesto di classificare la scelta come azzardata, sospettosa o vera; con la combinazione della risposta e del livello di certezza indicato, le risposte vengono classificate come vere o false.

Selezione del panel

Gli esaminatori sono selezionati utilizzando come odorante di riferimento il n-butanolo. Si devono raccogliere almeno 10 stime di soglia individuale (ITE) per il gas di riferimento, nel corso di almeno 3 sessioni in giorni non consecutivi. Affinché un esaminatore diventi un membro del gruppo di prova, la sua sensibilità olfattiva deve rientrare in un range definito ed i dati raccolti nei test di selezione devono essere conformi ai seguenti criteri:

- l'antilogaritmo dello scarto tipo s_{ITE} calcolato dai logaritmi (\log_{10}) delle stime di soglia individuale, espresse in unità di concentrazione di massa del n-butanolo deve essere minore di 2,3;
- la media geometrica delle stime di soglia individuale ITE, espressa in unità di concentrazione di gas di riferimento, deve rientrare tra 0,5 volte e 2 volte il valore di riferimento accettato (per l'n-butanolo da $62 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a $246 \mu\text{g}/\text{m}^3 \equiv$ da $0,020 \mu\text{mol}/\text{mol}$ a $0,080 \mu\text{mol}/\text{mol}$).

Requisiti del panel

Per verificare nel tempo l’idoneità di ogni singolo esaminatore, si deve registrare e conservare una cronologia di misurazione per ogni membro del gruppo di prova, determinando una stima di soglia individuale per l'odorante di riferimento, almeno una volta ogni dodici misurazioni regolari in cui è utilizzato tale membro del gruppo di prova. Ogni volta che è raccolta tale stima di soglia individuale, si deve completare e valutare la cronologia di misurazione del membro del gruppo di prova in questione. La valutazione deve essere eseguita calcolando i parametri di selezione come definito sopra considerando almeno 10 e non oltre le 20 stime di soglia individuali più recenti e confrontare i risultati con i criteri di selezione. Se il membro del gruppo di prova non è conforme, deve essere escluso da tutte le ulteriori misurazioni finché non è nuovamente ripristinata la conformità.

Numero e ordine delle presentazioni

La presentazione agli esaminatori degli stimoli olfattivi, in una serie di diluizioni, può essere crescente o casuale. Il fattore di incremento F_s deve essere compreso tra 1,4 e 2,4; durante la misurazione il fattore di incremento deve rimanere invariato.

È buona norma che il numero minimo di presentazioni in una serie di diluizioni sia preferibilmente 5 o 6 e comunque mai minore di 3.

All'interno della sequenza presentata va sempre inserito almeno un bianco di riferimento (aria).

Affinché una serie di diluizioni possa essere ritenuta valida, devono essere soddisfatti 3 criteri:

- 1) la serie di diluizioni deve fornire una stima della soglia individuale (ITE); ovvero prima di ogni sessione analitica deve essere fatta una verifica di risposta al n-butanolo;
- 2) la serie di diluizioni deve contenere almeno due risposte VERE consecutive per le due presentazioni con la più alta concentrazione di odorante;
- 3) se sono inclusi i bianchi (aria) e più del 20% delle risposte ai bianchi sono VERE per qualsiasi membro del gruppo di prova, tale membro deve essere escluso dal calcolo del risultato di tale misurazione.

La diluizione iniziale della sequenza di analisi è solitamente la massima possibile; si possono considerare diluizioni inferiori nel caso in cui si ritenga, a ragione, che la concentrazione di odore, valutata sulla base di dati bibliografici e sperimentali, sia sufficientemente bassa. Se il panel di esaminatori dovesse rispondere positivamente alla prima presentazione, la misura dovrà essere interrotta e ripresa da una diluizione maggiore; nel caso in cui si trattasse già della massima diluizione possibile, il campione dovrà subire una diluizione in laboratorio prima dell'analisi.

Numero di cicli per determinare una soglia del gruppo di prova

Per poter considerare valida una misura, devono essere eseguiti almeno 2 cicli di misurazione; eventualmente è possibile effettuare un ciclo preliminare che andrà scartato. I successivi cicli saranno quelli che concorreranno alla determinazione del risultato. Poiché il numero di cicli ed il numero dei panelisti influenzano l'esito della misurazione in termini di ripetibilità, si raccomanda di incrementarne il numero per migliorare il risultato; si ritiene quindi, che le condizioni ideali siano quelle in cui si eseguono 3 cicli di misurazione, scartando la prima, con 5 panelisti.

Al fine di escludere membri del gruppo di prova che mostrino comportamenti falsati, la norma tecnica impone di effettuare una procedura di vaglio retrospettivo, attraverso la quale si verifica la conformità del parametro ΔZ , pari al rapporto tra una stima di soglia individuale e la media geometrica di tutte le stime di soglia individuale in una misurazione (punto 9.2.3 della norma UNI EN 13725/2004). Lo scarto permesso nel vaglio retrospettivo, tra la singola misura e la media geometrica, non deve essere superiore a 5 volte in positivo o in negativo, pena l'esclusione del panelista dalla serie di misurazioni. Tale procedura viene reiterata finché tutti i membri del gruppo di prova risultino conformi. Qualora i panelisti conformi risultassero meno di 4, la misura deve considerarsi non conforme alla norma di riferimento.

Valutazione della tossicità del panel

La valutazione delle unità odorimetriche è effettuata attraverso la somministrazione a soggetti esaminatori/panelisti di concentrazioni crescenti di campioni incogniti e/o standard di riferimento fino alla soglia soggettiva di percettibilità.

In merito alla prevenzione della salute dei lavoratori che costituiscono il panel di esaminatori, ogni Laboratorio e/o ogni Agenzia Regionale di Protezione dell'Ambiente adotta una procedura di

sorveglianza sanitaria e operativa ai sensi del proprio “Documento di Valutazione del Rischio (DVR)” rispettando le indicazioni fornite dal Datore di Lavoro, dal Medico Competente e dal Responsabile del Servizio di Prevenzione e Protezione (RSPP).

Sulla norma tecnica di riferimento vengono focalizzati alcuni punti di fondamentale importanza:

- ❖ Ridurre il rischio di esposizione a sostanze potenzialmente tossiche
- ❖ Informare gli operatori sulla tossicità di ciò che si va ad analizzare
- ❖ In caso di concentrazioni note, valutare i limiti di esposizione occupazionali per tali componenti (TLV-TWA), rispetto al livello di diluizione adottati
- ❖ Osservare particolari precauzioni nel trasporto dei campioni, perché una fuoriuscita accidentale può causare un’esposizione involontaria
- ❖ Le miscele di taratura e/o calibrazione che potrebbero essere esplosive e/o infiammabili devono essere maneggiate con estrema cura e cautela

Alcune Agenzie e Laboratori hanno approfondito gli aspetti legati alla sicurezza sanitaria del panel di esaminatori ed hanno messo in atto procedure operative per ricondurre le sessioni analitiche olfattometriche entro i limiti dei criteri di accettabilità del “rischio chimico cancerogeno e non cancerogeno” e per monitorare periodicamente lo stato di salute dei lavoratori interessati.

Requisiti di qualità delle prestazioni e valutazione dell’incertezza di misura

La norma definisce criteri di qualità per le prestazioni complessive del laboratorio relativamente al metodo di misurazione sensoriale, in termini di accuratezza e ripetibilità, come riportati di seguito:

$$\text{Accuratezza} \quad A \leq 0,217$$

$$\text{Ripetibilità} \quad r \leq 0,477$$

Nello specifico, la norma descrive le procedure di calcolo per le prestazioni del laboratorio sul materiale di riferimento (n-butanolo) e per materiali non di riferimento per i quali è possibile valutare solo la ripetibilità all’interno di un laboratorio.

Inoltre, la norma stabilisce requisiti di qualità per l’apparecchiatura di diluizione, in termini di accuratezza e stabilità delle diluizioni effettuate dallo strumento, come riportati di seguito:

$$\text{Instabilità} \quad I_d < 5 \%$$

$$\text{Accuratezza strumentale} \quad A_d < 0,20$$

La determinazione dell’incertezza di misura può essere calcolata in diversi modi, attualmente la norma tecnica di riferimento non dà indicazioni su quale espressione sia la più adatta; in appendice alla norma sono riportati alcuni esempi pratici di calcolo.

4.4 Metodi senso-strumentali

Requisiti dei nasi elettronici

Il naso elettronico è un sistema complesso con caratteristiche olfattive simili a quelle umane e può essere definito come uno strumento che comprende una serie di sensori chimici o elettronici parzialmente specifici e con un sistema di riconoscimento del tracciato (pattern) in grado di individuare gli odori dovuti alla singola sostanza (odori semplici) o a delle miscele (odori complessi). Il naso elettronico non effettua un’analisi chimica della miscela, ma i sensori

parzialmente selettivi producono un tracciato, che può essere successivamente classificato in base a un database di riferimento acquisito dallo strumento in una precedente fase di training.

Esistono differenti tipi di sensore ma, in generale, il sensore ideale per essere integrato in un naso elettronico dovrebbe soddisfare i seguenti requisiti tecnici: elevata sensibilità ai composti chimici, bassa sensibilità a temperatura e umidità, elevate selettività, stabilità, riproducibilità, affidabilità, brevi tempi di reazione e di recupero, robustezza e durevolezza, essere di facile calibrazione e di piccole dimensioni.

In maggiore dettaglio, il naso elettronico utilizzato per la valutazione dell'esposizione all'odore presso specifici recettori dovrebbe essere in grado di analizzare l'aria ambiente in modo continuo, rilevare la presenza di odori e classificarli al fine di riconoscerne la provenienza e/o stimarne la concentrazione.

Impiego dei nasi elettronici per il monitoraggio ambientale

Le applicazioni dei nasi elettronici per il monitoraggio ambientale possono essere classificate in tre categorie:

- monitoraggio dell'aria ambiente
- monitoraggio per controllo di processo
- verifica dell'efficienza di abbattimento dell'odore da parte di sistemi di trattamento.

Monitoraggio dell'aria ambiente

Una delle applicazioni ambientali del naso elettronico è il monitoraggio dell'aria ambiente. Per la quantificazione dell'odore, il metodo di riferimento ufficiale è l'olfattometria dinamica (UNI EN 13725). Il tipo di sensori utilizzati e le caratteristiche qualitative/quantitative della miscela da analizzare hanno un'influenza sul tempo di esposizione necessario per raggiungere un valore costante della grandezza rilevata ai fini del riconoscimento dell'odore che, nel caso di sensori MOS (ossidi metallici semiconduttori), è il valore della resistenza elettrica. Risulta necessario effettuare un test per definire il tempo ottimale di contatto tra sensore e miscela da sottoporre ad analisi, tenendo in considerazione il fatto che umidità relativa e temperatura influenzano la risposta dei sensori. Tali test dovrebbero essere condotti mantenendo costanti l'umidità relativa e la temperatura, in modo da garantire una buona accuratezza per il riconoscimento dei vari composti odorigeni. La tecnologia MOS è risultata promettente per il riconoscimento di composti odorigeni puri sotto la TLV (threshold level value); un esempio è dato dai composti quali benzene, toluene, alcool etilico, acetone, etc. Tuttavia, si è visto che nel tempo i sensori subiscono una deriva, ovvero presentano una risposta diversa per la stessa sostanza, causando quindi una riduzione di capacità di riconoscimento del composto odorigeno.

I nasi elettronici sono impiegati nell'industria sia per monitorare l'efficienza di abbattimento degli odori da trattamenti end-of-pipe, sia per valutare l'impatto delle emissioni odorigene nei pressi di una specifica sorgente, effettuandone la caratterizzazione, o valutandone gli effetti direttamente sui recettori, previa correlazione e validazione del segnale elettrico dei sensori alla presenza e caratteristiche dell'odore. La misurazione degli odori ai ricettori e, quindi, a una certa distanza dalla sorgente e a concentrazioni più basse, comporta maggiori difficoltà tecniche per la quantificazione e l'identificazione degli odori nell'aria ambiente rispetto a quanto si verifica per la

caratterizzazione della sorgente: a maggior ragione, in presenza di più attività industriali, per cui si rende necessaria l'identificazione della causa della molestia olfattiva, è utile poter disporre di uno strumento in grado di monitorare la qualità dell'aria ambiente in modo continuo, attribuendo l'aria analizzata a una specifica sorgente di emissione. I nasi elettronici, se opportunamente addestrati, possono rilevare la presenza di odori nell'aria ambiente, attribuire l'odore percepito a una specifica sorgente di emissione, ovvero a una specifica classe olfattiva (classificazione qualitativa) e stimare la concentrazione di odore (quantificazione).

I primi lavori sulla quantificazione degli odori attraverso l'uso di nasi elettronici hanno messo in luce che gli algoritmi usati per la stima della concentrazione, il range di concentrazione di odore investigato e l'influenza delle condizioni ambientali sulla risposta dei sensori sono fattori cruciali per l'analisi.

Per essere una tecnica di misura efficiente, il naso elettronico deve possedere una bassa sensibilità a fattori esterni quali umidità, temperatura, velocità del vento e pressione atmosferica; deve essere stabile nelle condizioni operative e conservare la stabilità dopo diversi cicli di esposizione all'odore; deve essere ripetibile, di facile manutenzione, con possibilità di correzione delle derive (qualora necessario); deve poter essere addestrato e possedere un ampio spettro di percezione dell'odore dal valore soglia fino al valore di saturazione. Per essere utilizzato su larga scala, deve poter essere facilmente calibrato, avere un tempo di risposta rapida, essere recuperabile e facile da gestire (in termini di autonomia energetica, trasportabilità, robustezza). Nella sezione di rilevazione odori dello strumento, le variazioni di temperatura e umidità sono i maggiori interferenti, il cui contributo deve essere annullato per poter effettuare una misura per quanto possibile accurata e riproducibile.

Quando esposti a composti odoriferi, i nasi elettronici hanno un profilo di risposta reale caratterizzato da inerzie temporali sia per raggiungere il valore massimo di percezione dell'odore che per ripristinare il segnale base caratteristico del gas inodore. Pertanto, è importante conoscere bene il profilo dei due tempi (di risposta e di recupero) al fine di interpretare correttamente i segnali di uscita. I profili di risposta sono correlati alle condizioni dell'aria analizzata, alle proprietà dei sensori, all'efficienza del processo di elaborazione dati. I tempi di risposta e di recupero del sensore dipendono dalla cinetica di adsorbimento e desorbimento del composto odorifero sulla superficie del sensore. In particolare, il tempo di recupero dipende dai processi di desorbimento che possono talvolta essere troppo lenti o irreversibili, nel senso che la superficie dei sensori può essere avvelenata dagli stessi composti.

Condizioni dell'aria analizzata

I sensori sono sensibili alle variazioni di temperatura e umidità ma anche alla pressione atmosferica, al tenore di ossigeno, ecc... Al fine di ottenere una maggiore stabilità del segnale, si può limitare l'effetto di tali parametri con l'eliminazione del vapore acqueo e riscaldando per mantenere alla stessa temperatura i sensori. È anche possibile studiare l'impatto e la misura dei fattori influenti apportando una correzione del segnale per dare una risposta più appropriata. In sostanza viene compensata la deriva strumentale per correggere gli impatti determinati dai suddetti parametri sulla risposta strumentale.

Proprietà dei sensori

I sensori utilizzati per discriminare in continuo gli odori sono:

- Sensori di tipo conduttivo (ossidi metallici semiconduttori, polimeri conduttivi);
- Sensori piezoelettrici (microbilancia di cristalli al quarzo, onde acustiche di superficie);
- Transistor ad effetto di campo ad ossidi metallici semiconduttori, sensori a gas chemoresistivi, sensori elettrochimici, sensori ottici, sensori biologici.

I suddetti sensori hanno come effetti collaterali la deriva e la variazione di stabilità. Con la deriva avviene un decremento del tempo di risposta nel tempo; pertanto, è necessario intervenire mediante la sostituzione dei sensori, frequente ricalibrazione, ripetuta manutenzione. Qui nel seguito verranno descritti, in particolare, i sensori ad ossidi metallici semiconduttori, in quanto sono i più diffusi in commercio anche per i più bassi costi e la facile manutenzione. Tuttavia, tali dispositivi hanno come criticità la difficoltà di calibrazione per perdita di linearità e la forte dipendenza da variabili interferenti come umidità e temperatura.

Sensori ad ossidi metallici semiconduttori

Gli ossidi metallici semiconduttori più utilizzati nel settore del monitoraggio in continuo degli odori sono costituiti prevalentemente da biossido di stagno (SnO_2), a cui sono aggiunti additivi metallici come palladio, platino.

Nel 1953 è stato scoperto che l'ossigeno adsorbito su superfici ad ossidi metallici semiconduttori (MOS) determina una sostanziale variazione di resistenza elettrica. Tale scoperta è stata all'origine della tecnologia MOS. La variazione di resistenza elettrica è causata da una perdita o da un guadagno di elettroni di superficie, ovvero sulla superficie del MOS si incrementa la resistenza in presenza di gas ossidanti (NO_2 , O_3), mentre la presenza di gas riducenti ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$, H_2S , NH_3 , VOC) conduce ad una riduzione di resistenza. Pertanto, il composto odorigeno fa variare la resistenza elettrica sulla superficie del semiconduttore (SnO_2) in maniera diversa a seconda del tipo di composto che lambisce la superficie. Ad esempio, ci sono sensori sviluppati per riconoscere H_2S mediante l'aggiunta di Pt come catalizzatore su (SnO_2), mentre l'aggiunta di Mo specializza il sensore per rilevare presenza di ammoniaca. Però gli stessi sensori, anche se specializzati mediante aggiunta di catalizzatori, devono essere supportati da tecniche statistiche di elaborazione dati con analisi multivariata, per poter separare i contributi dei diversi composti, anche non odorigeni, che interagiscono con il semiconduttore. In tal modo si può guadagnare in selettività.

I moderni sensori sono in grado di effettuare simultaneamente misure di più proprietà (conduttanza e potenziale di superficie) e, se utilizzati simultaneamente, sono in grado di discriminare i composti odorigeni. La tipica misura di un sensore consiste nell'esposizione ad uno step di concentrazione di odore crescente dal valore zero ad un valore c, ritornando nuovamente a zero e registrando la variazione delle proprietà caratteristiche del sensore (ad esempio conduttanza).

Fase di addestramento

Il naso elettronico, dotato di queste caratteristiche, deve essere sottoposto a una fase di addestramento che richiede i seguenti step:

- il campionamento di appropriati campioni di odore rappresentativi degli odori che dovrebbero essere successivamente riconosciuti in fase di monitoraggio;
- l'analisi dei campioni attraverso l'olfattometria dinamica UNI EN 13725 (panel umano) per la determinazione della concentrazione di odore, in modo da valutare l'entità dell'emissione e determinare il fattore di diluizione da applicare per ottenere gli idonei campioni da somministrare al naso durante l'addestramento;
- la successiva diluizione a un appropriato range di concentrazione in modo da identificare le classi olfattive, ivi compresa l'aria neutra, ovvero non affetta da odori, oppure, al suo posto, una sostanza a concentrazione nota e costante di riferimento, chiamata standard, utilizzata per la ricalibrazione del sistema. Il numero e la composizione delle classi olfattive sono determinanti ai fini dell'addestramento.

Scopo dell'addestramento è quello di esporre il naso elettronico agli stessi campioni diluiti, in modo tale da comparare le sue risposte con i risultati dell'analisi olfattometrica; la relativa correlazione viene effettuata mediante calcolo statistico multivariabile non lineare. Per ottimizzare la capacità del naso elettronico di riconoscere gli odori diluiti percepiti ai recettori, che sono localizzati a una certa distanza dalla sorgente di emissione, è necessario diluire i campioni raccolti direttamente alla fonte, in modo da ottenere campioni idonei per l'addestramento che abbiano valori di concentrazione di odore più simili possibile alle concentrazioni di odore a cui lo strumento sarà esposto in campo. In fase di monitoraggio, il sistema dovrebbe essere in grado di riconoscere i campioni d'aria analizzati, riferendo i segnali di risposta dei sensori al database dei risultati delle elaborazioni delle misure acquisite in fase di training.

L'addestramento del naso elettronico ha anche lo scopo di stabilire la cosiddetta soglia, calcolata sulla base della rilevanza delle risposte dei sensori rispetto alle misure di aria neutra, al di sotto delle quali non è possibile nessuna classificazione, stabilendo così un limite di rilevabilità per il naso elettronico in modo simile a quello del naso umano.

Per l'utilizzo del naso elettronico come strumento di monitoraggio degli odori presso i recettori, sono state condotte alcune sperimentazioni in laboratorio e sul campo; ad esempio, in un caso applicativo con due dispositivi di naso elettronico, uno dei quali sviluppato specificamente per il monitoraggio in continuo degli odori in aria ambiente, è stato possibile discriminare tra le differenti sostanze pure e di stimare la concentrazione di odore dei campioni in un range compreso tra $50 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ e $300 \text{ ou}_E/\text{m}^3$, restituendo un coefficiente di correlazione (R^2) di 0,99 e un errore inferiore al 15% (Dentoni, 2012).

ARPA Emilia-Romagna, Sezione di Modena ha condotto una sperimentazione sull'utilizzo di un sistema olfattivo elettronico, appunto un "naso elettronico", quale sistema di monitoraggio in continuo delle emissioni odorigene che possono generare un impatto olfattivo in aria ambiente, in abbinamento ad altre tecniche di indagine (caratterizzazione chimica qualitativa e quantitativa per la determinazione della composizione della miscela di sostanze odorigene, analisi olfattometrica secondo la norma UNI EN 13725, rendicontazione della percezione del disturbo olfattivo da parte della popolazione residente), al fine di effettuare il monitoraggio delle emissioni odorigene impattanti su un'area residenziale di Castelnuovo Rangone (MO), nei mesi di luglio e agosto 2015. Sono state individuate e caratterizzate chimicamente e olfattometricamente le fonti di odore

predominanti all'interno delle attività produttive individuate; è stata verificata la capacità del sistema olfattivo elettronico di distinguere tra loro le arie odorigene a bassa concentrazione provenienti dalle diverse sorgenti di interesse individuate e sono state verificate le correlazioni tra condizioni meteorologiche, rilevamenti del sistema olfattivo elettronico e segnalazioni soggettive della presenza di odore, in modo da quantificare la durata dei fenomeni odorosi.

È stato necessario effettuare l'addestramento dello strumento per creare una banca dati delle impronte olfattive che l'aria ambiente avrebbe potuto assumere per effetto delle emissioni di odore circostanti e che il naso elettronico avrebbe dovuto riconoscere. A tal fine, sono stati sottoposti al naso elettronico, collocato presso il recettore (centro abitato), i campioni prelevati e miscelati automaticamente con aria pulita inodore, in modo da creare delle rette di calibrazione con i diversi valori di diluizione che potessero riscontrarsi in ambiente, per effetto della distanza tra sorgente e punto di ricaduta dell'odore.

L'elaborazione conclusiva nelle classi olfattive di addestramento (sorgenti), ottenute sui rilievi del naso elettronico, ha consentito una discreta separazione tra le tipologie dei campioni di aria odorosa delle tre ditte sotto esame, condizione fondamentale affinché possa avvenire l'eventuale riconoscimento delle singole fonti odorigene sui campioni di aria da indagare, rispetto all'aria inodore.

Nella maggior parte dei giorni in cui sono risultati attivi i rilevamenti con naso elettronico, specificatamente 35 giorni su 56 giorni totali, si è rilevata una qualità dell'aria associabile prevalentemente a fondi ambientali inodori, anche se spesso in queste giornate non sono mancati i riconoscimenti di durata non trascurabile associati alle sorgenti degli impianti.

I riconoscimenti, che il naso elettronico ha assegnato alle sorgenti degli impianti, hanno coperto il 13% circa del periodo temporale complessivo di monitoraggio, assegnando significative percentuali di riconoscimento ad alcune sorgenti delle aziende in esame (riferimento).

Efficienza del trattamento dei segnali

Senza un adeguato trattamento dei segnali, i dati in uscita dai sensori possono essere registrati, ma non sono in grado di discriminare informazioni sugli odori tal quali; pertanto, devono essere elaborati matematicamente. L'elaborazione include l'estrazione delle caratteristiche e le tecniche di riconoscimento dei tracciati basate su metodologie quali l'analisi dati multivariata, ad esempio l'analisi delle componenti principali, o le analisi con tecniche delle reti, come ad esempio le reti neurali³.

Per ottenere la cosiddetta "impronta olfattiva" del campione analizzato, occorre effettuare un pre-processamento dei dati, ovvero l'estrazione di certe caratteristiche significative della curva di risposta dei sensori, al fine di produrre un set numerico di dati da processare per poi essere confrontati con il sistema di riconoscimento, banche dati precedentemente costruite in fase di addestramento del naso elettronico. Possono essere estratte differenti informazioni ed essere utilizzate in funzione delle caratteristiche del naso elettronico, la stabilità delle risposte, le variazioni di umidità e temperatura, considerando che ciascuna misura può essere rappresentata

³ Modello computazionale costituito da numerose unità elaborative omogenee interconnesse, che tenta di riprodurre il funzionamento di una rete neurale biologica; pertanto, sono configurate per apprendere e risolvere problemi in diversi ambiti tecnologici in maniera dinamica, adattando le azioni (output) ai cambiamenti indotti dai dati di input.

con un punto in uno spazio n-dimensionale, dove n è il numero ottenuto dal prodotto del numero dei sensori per le informazioni estratte da ciascun sensore. I sistemi di riconoscimento si basano sul principio che la distanza tra due punti relativi all'analisi di due campioni, in uno spazio a n dimensioni, è inversamente proporzionale alla loro somiglianza, ovvero più i punti sono vicini più i campioni appartengono alla stessa classe olfattiva. Prima di effettuare il riconoscimento delle classi olfattive, si effettua un'analisi dei dati acquisiti mediante la tecnica statistica di analisi delle componenti principali, che provvede ad effettuare una valutazione della capacità del sistema di discriminare tra le diverse classi olfattive.

Dopo la fase di pre - processamento delle informazioni provenienti dai sensori, si ottiene un set di dati numerici, che possono essere utilizzati per riconoscere e classificare/quantificare le emissioni odorigene. Tali metodi comprendono specifici algoritmi statistici come "K-Nearest Neighbors" (KNN), "Discriminant Function Analysis" (DFA), " Partial Least Square interpolation" (PLS) o "Artificial Neural Network" (ANN). Il metodo KNN è ampiamente utilizzato, perché semplice e facile da implementare: per la classificazione dell'odore il metodo KNN calcola la distanza tra il punto ottenuto dal campione di odore che deve essere classificato ed il punto relativo al dato di training che identifica le differenti classi olfattive.

Monitoraggio per controllo di processo: esempi di applicazione

L'applicazione dei nasi elettronici per il controllo di processo permette di intervenire prontamente a livello di gestione di processo, quando si rilevano anomalie odorigene presso la sorgente, in maniera tale da prevenire il diffondersi di odore presso i recettori. Tali dispositivi trovano anche impiego per monitorare i processi industriali per il controllo qualità del prodotto in diversi settori merceologici, in modo particolare nell'industria alimentare. Nel seguito, si riporta l'applicazione del naso elettronico a due processi: compostaggio e impianto depurazione acque reflue (Capelli, 2014).

Per quanto riguarda il processo di compostaggio, le applicazioni più diffuse impiegano il naso elettronico per il controllo del grado di maturazione del compost e del grado di degradazione anaerobica, in maniera tale da garantire la qualità finale del prodotto e minimizzare contestualmente il diffondersi di VOC e sostanze odorigene nei dintorni dell'impianto. In un esempio di applicazione sono state analizzate le sostanze rilasciate al procedere del processo di maturazione del compost, mediante GC-MS e naso elettronico al fine di stabilire una correlazione tra i risultati dell'analisi chimica e la risposta del naso, rendendo così possibile l'applicazione di questo strumento in continuo al processo di maturazione del compost (Lieberzeit, 2008). Sono state condotte sperimentazioni per monitorare con naso elettronico la transizione del processo di compostaggio da condizioni aerobiche ad anaerobiche. In un caso, è stato utilizzato un reattore da laboratorio a temperatura controllata: con un naso elettronico è stata analizzata l'aria e, contemporaneamente, sono stati monitorati nel tempo la variazione dei parametri potenziale redox e concentrazione di ossigeno. In tale sperimentazione, la concentrazione di odore è stata misurata mediante olfattometria dinamica. Il reattore è stato tenuto chiuso, in maniera tale che la concentrazione di ossigeno all'interno del reattore si riducesse fino al livello di transizione da degradazione aerobica ad anaerobica. Tale fase di transizione è stata monitorata per mezzo del naso elettronico, acquisendo contestualmente i dati dei suddetti parametri. In tal modo, si è reso

capace il naso di discriminare la fase di transizione, producendo differenti risposte al variare dei parametri di controllo e associando un'impronta olfattiva caratteristica della fase di transizione. Tuttavia, in tale sperimentazione si sono rilevati problemi di sensibilità dei sensori verso le variazioni di temperatura (Figueiredo, 2002).

Per quanto riguarda l'impiego del naso elettronico al controllo di processo di un impianto di depurazione acque, in un'applicazione sperimentale effettuata con un naso costituito da 12 sensori a polimeri conduttivi (Bouregois, 2000), è stata valutata la capacità del naso elettronico di discriminare le impronte olfattive provenienti sia da diverse fasi di depurazione dell'impianto, che da diversi impianti, dando risultati soddisfacenti, nonostante si sia riscontrata l'influenza delle variazioni di umidità e temperatura sui sensori.

Verifica dell'efficienza di abbattimento dell'odore da parte di sistemi di trattamento: esempi di applicazione

Molte attività industriali adottano sistemi per l'abbattimento sia di sostanze inquinanti che di odori, al fine di controllare gli impatti ambientali. Tali sistemi comprendono scrubber o biofiltri, installati prima dell'emissione in atmosfera. L'efficienza di tali sistemi deve essere periodicamente controllata al fine, se necessario, di modificare i parametri operativi di funzionamento per garantire l'abbattimento delle emissioni. La verifica dell'efficienza può essere condotta in modo discontinuo, analizzando periodicamente l'odore o le concentrazioni di inquinanti, o in continuo, utilizzando specifici sensori per rilevare la presenza di odore o di composti inquinanti nel flusso in uscita dai sistemi di abbattimento. I nasi elettronici possono essere applicati in questo settore al fine di caratterizzare le emissioni, in sostituzione o a integrazione di specifici sensori o misure olfattometriche. Per sviluppare uno strumento capace di monitorare i sistemi di abbattimento degli odori, è importante verificare la capacità di tali strumenti di discriminare le variazioni di concentrazione dell'odore, che possono verificarsi a causa di un malfunzionamento del sistema. Un altro aspetto critico è l'elevato contenuto di umidità che spesso caratterizza la corrente in uscita dai sistemi di abbattimento (scrubber e biofiltri). Un primo studio su un sistema reale di abbattimento è stato pubblicato nel 2006 da Sohn et al. Gli autori hanno investigato la possibilità di monitorare un sistema di biofiltrazione per trattamento degli odori da un allevamento di maiali, utilizzando un naso elettronico commerciale equipaggiato con 32 sensori conduttivi polimerici. I dati registrati dallo strumento sono stati pre-processati utilizzando uno specifico algoritmo di calibrazione dei sensori per compensare la risposta all'umidità e, quindi, analizzati con tre differenti tecniche, al fine di valutare la migliore risposta in termini di determinazione della concentrazione di odore. Nello stesso tempo, 81 campioni d'aria sono stati raccolti per l'analisi olfattometrica e per effettuare l'addestramento dello strumento a concentrazioni di odore note. Utilizzando la regressione lineare basata sulla risposta dei sensori e considerando le prime tre componenti principali, la correlazione tra i valori di concentrazione di odore misurata con olfattometria dinamica e quelli stimati dal naso elettronico ha riportato un valore di coefficiente di correlazione (R^2) pari a 0,44. Tale valore così basso di R^2 ha mostrato che la risposta dei sensori non varia linearmente con la concentrazione di odore. Pertanto, data la grande variabilità della composizione del gas all'uscita dei differenti sistemi di trattamento, tali strumenti necessitano di

uno specifico settaggio per differenti attività industriali, in modo da garantire accuratezza e precisione.

4.5 Coinvolgimento della popolazione nel controllo delle emissioni odorigene

Il perdurare di eventi di disturbo olfattivo in una determinata area causa spesso proteste e segnalazioni dei cittadini presso le Autorità Competenti (Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente, Polizia, Vigili del Fuoco, ASL, ecc...). La presenza di un odore molesto può rappresentare un indicatore di un ambiente insalubre, fortemente percepito dalla popolazione. Sebbene non sia stato ancora dimostrato un effettivo rischio per la salute umana, l'esposizione prolungata a cattivi odori può generare alcuni sintomi a livello psico-fisico, quali stati d'ansia, mal di testa, irritazioni agli occhi, problemi respiratori, nausea, etc. (Shiffman, 1998; Sucker et al., 2008; Aatamila et al. 2011). Per questa ragione, le emissioni odorigene sono considerate come una delle più importanti cause di lamentele della popolazione, interferendo sulle attività economiche quali attività commerciali, turistiche, con evidenti effetti anche sul contesto sociale in termini di impoverimento della qualità dell'ambiente, svalutazione dei beni e perdita del loro normale uso, nonché incertezza sulla sicurezza (Nicell, 2009).

Le segnalazioni di molestia olfattiva, nella maggior parte dei casi, costituiscono il primo campanello d'allarme per l'individuazione di una potenziale sorgente di odore presente sul territorio. Per questa ragione, negli ultimi anni è stato riconosciuto il ruolo fondamentale ricoperto dalla partecipazione sociale nella gestione di casi complessi di molestia olfattiva, quale strumento per caratterizzare il fenomeno e verificarne la sussistenza (es. indicazioni su frequenza e durata degli episodi odorigeni).

Affinché le segnalazioni possano essere utilmente valutate e costituire un indicatore oggettivo, è necessario che sia codificata una loro procedura di gestione, validazione e trattamento, considerando i seguenti aspetti:

- la modalità di recepimento e raccolta: necessità che le segnalazioni vengano veicolate in maniera precisa verso l'ente deputato alla loro gestione, raccolte in maniera ordinata e sistematizzata.
- la verifica di attendibilità: necessità di validazione ed integrazione con parametri meteorologici.

A seconda degli obiettivi e delle opportunità di realizzazione, la letteratura scientifica e alcuni approcci normativi in campo internazionale offrono numerosi esempi di valutazione condotta con l'ausilio di informazioni ottenute da segnalazioni sistematiche della popolazione o attraverso l'applicazione di metodologie standardizzate, che prevedono esaminatori in campo, spesso integrate con determinazioni strumentali o modelli di dispersione (Capelli, 2013).

Tali valutazioni fanno riferimento, quindi, all'impiego di cittadini volontari o di esaminatori addestrati, legittimando l'utilità della partecipazione sociale nella stima dell'impatto odorigeno (Nicolas, 2010).

4.5.1 Monitoraggio in campo mediante panel addestrato

Alcuni provvedimenti internazionali, applicati soprattutto in Germania, considerano l'impiego di esaminatori addestrati quale metodo affidabile per la valutazione dell'impatto olfattivo di una sorgente industriale in aria ambiente. In particolare, si fa riferimento alla linea guida tedesca VDI 3940:2006 per la descrizione della metodologia, denominata Field Inspection. Tale metodologia è stata oggetto della recente norma tecnica Europea, recepita in Italia nel 2017 (UNI EN 16841-1:2017, UNI EN 16841-2:2017). La norma tecnica descrive due metodi di applicazione della Field Inspection: Metodo a griglia e Metodo del pennacchio.

4.5.1.1 Metodo a griglia

Il metodo a griglia definisce il livello di esposizione all'odore rilevato in una definita area di studio, attraverso il calcolo di un indice quantitativo, definito "frequenza di ore – odore". Tale indice è determinato per ogni cella di una griglia virtuale costruita sul territorio intorno all'impianto oggetto di indagine, in cui i vertici costituiscono i quattro punti di osservazione.

L'area di valutazione viene definita prima dell'inizio delle campagne di misura e il grigliato virtuale è scelto con maglie da 100 a 300 metri di lato. Ogni vertice del grigliato rappresenta un punto di osservazione in cui esaminatori selezionati (almeno 10) si recano e rilevano la presenza e la tipologia dell'odore riconosciuto (in accordo con una lista definita) ogni 10 secondi per un tempo di 10 minuti (si raccolgono, quindi, 60 campioni in 10 minuti). Ciascun punto di misura viene ripetutamente valutato ad intervalli regolari per una durata di un anno di indagine; viene raccomandato di effettuare un numero totale di 104 singole misure per ciascuna cella di valutazione (26 singole misure per ciascun punto). Sono possibili campagne di indagine più brevi, ma comunque non inferiori a 6 mesi, garantendo un minimo di 52 singole misure per ciascuna cella (13 misure per ciascun punto). In quest'ultimo caso, devono essere equamente rappresentati i mesi più caldi e più freddi. In ogni caso, è necessario effettuare una pianificazione delle uscite in modo che stagioni, giorni della settimana e ore del giorno siano equamente distribuite, indipendentemente dalle condizioni meteorologiche (e dal parametro direzione del vento), che devono accompagnare la misura.

Per ciascun vertice della maglia viene calcolato il numero di ore – odore, pari al numero di risposte positive rispetto al numero totale di misure; la frequenza dell'odore in ciascuna cella è, quindi, calcolata come rapporto tra la somma delle segnalazioni di odore sui 4 vertici ed il totale delle misurazioni eseguite nei quattro vertici (espresso in %).

In sostanza, il metodo si basa su un'indagine statistica, riferita ad un periodo sufficientemente lungo, e permette di ottenere una mappa rappresentativa dell'esposizione ad un odore riconosciuto, distribuito su un'area di valutazione.

In fig. 14 sono mostrati esempi di grigliati costruiti sull'area di indagine.



Fig. 14 - Esempi di grigliati su mappa

4.5.1.2 Metodo del pennacchio

Il metodo del pennacchio viene utilizzato per determinare l'estensione del pennacchio di ricaduta dell'odore, a partire da una sorgente specifica, esaminando le condizioni meteorologiche che influenzano la dispersione.

L'estensione del pennacchio di odore è definito dai punti in cui avviene la transizione tra presenza e assenza di odore (SI/NO), valutata da esaminatori addestrati che si dispongono a valle, rispetto alla direzione del vento, a distanze diverse dalla sorgente.

I risultati sono tipicamente utilizzati per determinare un'estensione plausibile dell'esposizione potenziale a odori o stimare il flusso emissivo totale usando l'applicazione inversa dei modelli di dispersione (Schauberger, 2011; Van Elst, 2016).

Il metodo include due approcci: *metodo stazionario o dinamico*.

Secondo il principio del metodo stazionario, un ciclo di misura dovrebbe consistere di almeno 20 singole misure (4 linee di intersezione ciascuna con 5 punti di misura) dalle quali possono essere determinati almeno 6 punti di transizione. Gli esaminatori effettuano la valutazione in diversi punti su assi perpendicolari alla direzione del pennacchio. La stima dell'estensione massima del pennacchio si determina dalle osservazioni ottenute da due linee di intersezione, in cui la prima deve includere almeno un punto di osservazione di presenza di odore e la seconda deve registrare solo punti di osservazione di assenza di odore.

La distanza tra la linea di intersezione in cui sono osservati punti di assenza di odore e la più vicina linea di intersezione che contiene, invece, punti di presenza di odore, dovrebbe essere inferiore al 20% dell'estensione massima del pennacchio di odore.

Secondo il principio del metodo dinamico, un ciclo di misura dovrebbe essere condotto da almeno due esaminatori addestrati, che contribuiscono in parti uguali ai singoli risultati di misura e che compiono un tragitto a zig-zag attraverso il pennacchio. In questo caso, il ciclo di misurazione dovrebbe includere almeno 40 singole misure, dalle quale possono essere determinati almeno 20 punti di transizione (assenza di odore). La stima dell'estensione massima del pennacchio si determina dalle osservazioni ottenute durante due intersezioni, in cui una contiene almeno un punto di osservazione con presenza di odore e l'altra punti di assenza di odore. La distanza tra l'intersezione in cui sono osservati punti di assenza di odore e la più vicina intersezione che contiene punti di presenza di odore dovrebbe essere inferiore al 20% dell'estensione massima del pennacchio di odore (Fig. 15).

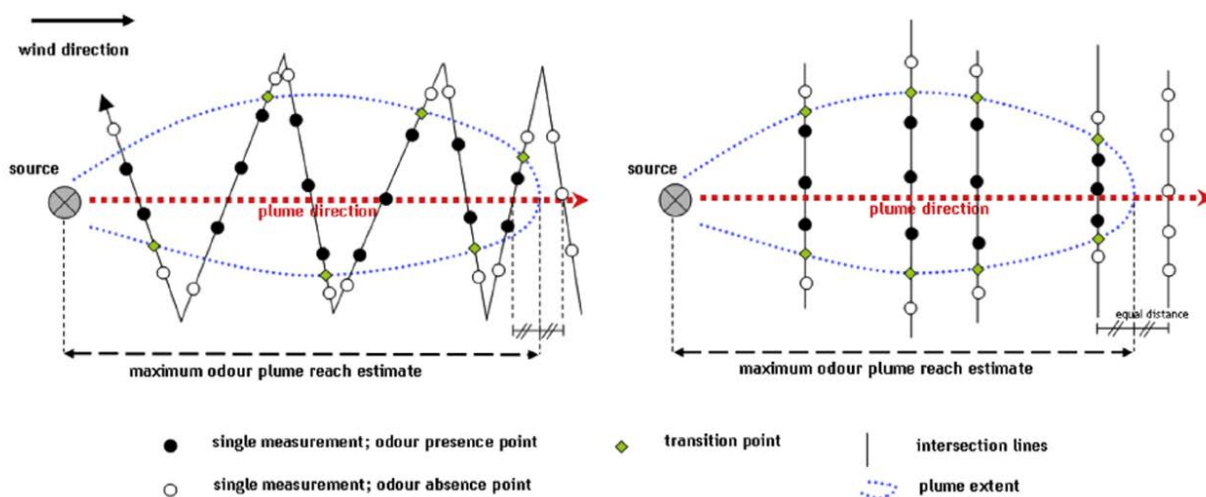


Fig. 15 - Rappresentazione grafica del metodo del pennacchio

Il Plume Method fornisce una risposta sensoriale che può essere relazionata alla predizione del modello nelle condizioni emissive e meteorologiche registrate al momento della prova. In questo caso una giornata è sufficiente per l'esecuzione della prova.

Il metodo della Field Inspection è spesso integrato con l'applicazione dei modelli a dispersione al fine di confrontare e validarne i risultati (Ranzato, 2012; Eusebio, 2013; Capelli, 2013).

È importante sottolineare che tali approcci non forniscono valutazioni relative alla molestia ma indici di esposizione; la relazione tra esposizione e molestia non è ancora definito e rimane, al momento, oggetto di studio.

4.5.2 Approcci per la valutazione mediante coinvolgimento diretto della popolazione

Le metodologie che prevedono l'uso di nasi umani addestrati per il monitoraggio in campo hanno necessità di un significativo impiego di risorse umane ed economiche.

In corrispondenza di contesti in cui si verificano ricorrenti segnalazioni di molestia olfattiva, studi di letteratura e/o approcci normativi, sviluppati anche a livello nazionale, forniscono esempi di applicazione di specifiche metodologie, basate su compilazione di questionari o sondaggi, che coinvolgono la popolazione residente.

Si possono, quindi, riconoscere i seguenti approcci:

- **somministrazione di sondaggi one – shot presso la popolazione residente.** Lo scopo di questi sondaggi è fornire un'immagine complessiva della sensazione della molestia percepita; non sono in grado, però, di dare informazioni sulla sua variazione nel tempo o sui singoli episodi. In questi casi, si valuta l'esperienza cumulativa di un campione statisticamente rappresentativo della popolazione su un lungo periodo di tempo. Il campione deve essere scelto in modo casuale, rispettando il profilo demografico del territorio (età, genere, classe sociale...). Tali sondaggi possono essere effettuati per via telefonica (preferiti per la brevità della risposta) o via posta ed, affinché i risultati possano essere efficaci, è necessario che il sondaggio prediliga semplici domande. L'applicazione di sondaggi one-shot può essere utile per valutare un trend nella percezione del disturbo ed eventualmente individuare, qualora presenti, fasce di popolazione più sensibili. Un esempio di questo tipo viene presentato nello studio di Axelsson et al. (2013), condotto in

un'area con insediamenti petrolchimici, in cui gli autori si avvalgono di un questionario con le seguenti richieste: a) Informazioni personali (età, sesso, stato civile, presenza di bambini in casa, impiego) b) Condizioni della casa (anni di residenza, tipologia di residenza) c) Disturbo rispetto a diverse sorgenti di esposizione d) Preoccupazioni per gli effetti sulla salute da varie sorgenti di esposizione. Un approccio simile per la valutazione del trend nella percezione del disturbo è descritto da De Feo (2013), condotto in un'area in prossimità di impianti di trattamento rifiuti. Sondaggi one-shot possono essere effettuati anche per effettuare valutazioni relative ai sintomi associati all'esposizione dell'odore (Franssen, 2002; Aatamila, 2011; Brancher, 2014).

- **somministrazione di questionari sistematici o compilazione di diari.** Lo scopo di tale metodologia è effettuare un monitoraggio sistematico degli eventi odorigeni e valutare un profilo globale di molestia raccogliendo dati su lunghi periodi. Generalmente il reclutamento dei residenti avviene su base volontaria, auspicando la partecipazione quanto più numerosa possibile per incrementare l'affidabilità dei risultati. Le modalità di somministrazione dei questionari possono essere diverse: compilazione di schede cartacee, applicazioni web o telefoniche. In tutti i casi, i partecipanti vengono registrati e, per ogni evento odorigeno segnalato devono indicare luogo di percezione, data, ora e/o durata dell'evento odorigeno; opzionalmente può essere richiesto un giudizio circa l'intensità, le caratteristiche qualitative dell'odore e/o la tipologia. A livello nazionale, alcuni provvedimenti normativi regionali, prevedono l'utilizzo di un monitoraggio sistematico del disturbo olfattivo per mezzo di schede cartacee, quale attività preliminare agli effettivi interventi di verifica e monitoraggio presso l'impianto causa della molestia. Lo scopo di tale monitoraggio consiste nel valutare l'eccezionalità degli eventi o il loro perdurare attraverso l'elaborazione delle segnalazioni e la loro validazione e, nel caso, avviare approfondimenti con lo scopo di individuare soluzioni (Linea Guida della Regione Lombardia, della Provincia Autonoma di Trento e della Regione Piemonte). Di seguito (Fig. 16) si riporta un esempio di scheda cartacea e di valutazione di accettabilità della percezione di disturbo olfattivo (estratto Allegato 3 Linea Guida Regione Lombardia).

Allegato A: modello di scheda di rilevazione del disturbo olfattivo

Segnalatore			Foglio n.	
Indirizzo		Comune	Cod. segnalat. (1)	

Segnalazioni delle percezioni di odori

Data (2)	Ora inizio	Ora fine	Intensità (3)	Note (caratteristiche del disturbo)

- (1) Compilazione a carico dei tecnici incaricati.
- (2) Più episodi occorsi nello stesso giorno devono essere descritte in righe diverse.
- (3) Scala di intensità convenzionale: + = odore percepibile, ++ = odore forte, +++ = odore molto forte

Tabella 1. Valutazione di accettabilità della percezione di disturbo olfattivo da parte della popolazione residente

In presenza di un superamento di un valore medio di 15 ore di disturbo olfattivo /mese per tempo di monitoraggio di un trimestre. Necessità di un approfondimento della problematica con lo svolgimento dell'indagine prevista dalla "fase B"	Con valori prossimi ai limiti di ore di disturbo olfattivo, in presenza interventi migliorativi già definiti e programmati è possibile prevedere la ripetizione del monitoraggio in un tempo successivo alle modifiche strutturali o organizzative messe in atto. In assenza di interventi migliorativi sull'impianto è discrezione dell'organo di controllo richiedere lo svolgimento della "fase B"	Con valori ampiamente inferiori ai limiti, considerando anche l'incertezza dei dati, stimata intorno al 20%, è possibile concludere che allo stato attuale il disturbo prodotto rientra nei limiti di accettabilità. Non sono pertanto richiesti interventi migliorativi sull'impianto e non c'è necessità di svolgere approfondimenti conoscitivi attuando quanto previsto dalla "fase B"
☹	☺	☺

Fig. 16 - esempio di scheda cartacea e di valutazione di accettabilità della percezione di disturbo olfattivo

Le informazioni ottenute dal monitoraggio attraverso i questionari possono essere utilizzate anche a supporto della validazione di modelli di dispersione, comparando gli eventi odorigeni percepiti dalla popolazione con i risultati delle simulazioni modellistiche.

In ambito internazionale, l'utilizzo di questionari per un campione di popolazione residente trova una parametrizzazione nella norma tedesca VDI 3883, secondo la quale la valutazione deve essere eseguita all'esterno della propria abitazione in due orari prestabiliti della giornata in due giorni (feriale e festivo) indicando intensità dell'odore in una scala di 6 livelli, indicati in tabella 3.

Categoria di disturbo (i)		Peso (Wi)
Nessun odore	0	0
Nessun fastidio	1	0
Leggermente fastidioso	2	25
Fastidioso	3	50
Molto fastidioso	4	75
Estremamente fastidioso	5	100

Tab. 3 – Parametrizzazione come da norma VDI 3883

La valutazione restituisce un indice di disturbo, I_k , così definito:

$$I_k = 1/N_k \sum_{i=0} W_i * N_{i,k}$$

I_k = indice di disturbo nella K-esima settimana di osservazione

N_k = numero totale di osservazioni nella k-esima settimana

i = categoria di disturbo

W_i = peso della categoria di disturbo i

$N_{i,k}$ = numero di osservazioni nella categoria di disturbo i nella k-esima settimana

Bibliografia

- Aatamila M., Verkasalo P.K.; Korhonen M.J., Suominen A.L., Hirvonen M.-R., Viluksela M.K., Nevalainen, A., 2011. *Odour annoyance and physical symptoms among residents living near waste treatment centres*. Environ. Res., 111, 164–170.
- ARPA Emilia Romagna “Monitoraggio delle emissioni odorigene impattanti sull’area residenziale di Castelnuovo Rangone (MO): indagini chimiche, olfattometriche e sperimentazione con sistema olfattivo elettronico” – disponibile al seguente link: http://www.comune.castelnuovo-rangone.mo.it/pagine_dedicare/ambiente_e_protezione_civile/06_aria_rumore_inquinamento_elettromagnetico/progetto_odori.htm?cookie=ok.
- Axelsson G., Stockfelt L., Andersson E., Gidlof-Gunnarsson A., Sallsten G., Barregard L., 2013. *Annoyance and Worry in a Petrochemical Industrial Area—Prevalence, Time Trends and Risk Indicators*, Int. J. Environ. Res. Public Health, 10, 1418-1438.
- Blazy V., de Guardia A., Benoist J.C., Daumoin M., Guiziou F., Lemasle M., Wolbert D., Barrington S., 2015. *Correlation of chemical composition and odor concentration for emissions from pig slaughterhouse sludge composting and storage*, Chemical Engineering Journal, 276, 398–409.
- Bourgeois W., Stuetz R.M., 2000. *Measuring wastewater quality using a sensor array: Prospects for real-time monitoring*, Water Sci. Technol., 41, 107-112.
- Brancher M., Griffiths K. D., Franco D., de Melo Lisboa H., 2017. *A review of odour impact criteria in selected countries around the world*, Chemosphere, 168, 1531-1570.
- Brattoli M., Cisternino E., Dambruoso P. R., de Gennaro G., Giungato P., Mazzone A., Palmisani J., M. Tutino, 2013. *Gas Chromatography Analysis with Olfactometric Detection (GC-O) as a Useful Methodology for Chemical Characterization of Odorous Compounds*, Sensors, 13, 16759-16800.
- Capelli L., Dentoni L., Sironi S., Del Rosso R., 2014. *The need for electronic noses for environmental odour exposure assessment*, Water Science & Technology, 69.1.
- Capelli L., Sironi S., Centola P., Del Rosso R., Il Grande M., 2008. *Electronic noses for the continuous monitoring of odours from a WWTP at specific receptors - Focus on training methods*, Sensors and Actuators B, 131, 53-62.
- Capelli L., Sironi S., del Rosso R., 2014. *Electronic Noses for Environmental Monitoring Applications*, Sensors, 14, 19979-20007.
- Capelli L., Sironi S., Del Rosso R., Guillot J.-M., 2013. *Measuring odours in the environment vs. dispersion modelling: A review*, Atmospheric Environment, 79, 731-743.
- De Feo G., De Gisi S., Williams I.D., 2013. *Public perception of odour and environmental pollution attributed to MSW treatment and disposal facilities: A case study*, Waste Management, 33, 974–987.
- Delahunty C.M.; Eyres G.; Dufour J.P., 2006. *Gas chromatography-olfactometry*, J. Sep. Sci., 29, 2107–2125.
- Dentoni L., Capelli L., Sironi S., Del Rosso R., Zanetti S., Della Torre M., 2012. *Development of an Electronic Nose for Environmental Odour Monitoring*, Sensors, 12, 14363-14381.
- DGP Trento n.1087 del 24/06/2016 – Linee guida sugli odori.

- DGR Lombardia n. IX/3018 del 15/02/2012 – Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno.
- DGR Piemonte n.13-4554 del 9/1/2017 – Linee guida per la caratterizzazione e il contenimento delle emissioni in atmosfera provenienti dalle attività ad impatto odorigeno.
- Eusebio L., Dentoni L., Capelli L., Sironi S., Rossi A.N., Bonati S., 2013. Odour impact assessment in the field: the plume method, *Environmental Engineering and Management Journal*, Vol.12, No. S11, Supplement, 193-196.
- Figueredo S., Stentifors E., 2002. *Evaluation the potential of an electronic nose for detecting the onset of anaerobic conditions during composting*, *Bioprocess Solid Waste Sludge*, 2, 1-7.
- Franssen E.A.M., Staatsen B.A.M., Lebet E., 2002. *Assessing health consequences in an environmental impact assessment: The case of Amsterdam Airport Schiphol*, *Environmental Impact Assessment Review*, 22, 633–653.
- Guillot J.M., 2016. *E-noses: Actual Limitations and Perspectives for Environmental Odour Analysis*, *Chemical Engineering Transactions*, Vol. 54, 223 – 228.
- Lieberzeit P.A., Rehman A., Najafi B., Dickert F.L., 2008. *Real-life application of a QCM-based e-nose: quantitative characterization different plant-degradation processes*, *Anal. Bioanal. Chem.*, 391, 2897-2903.
- Lucernoni F., Capelli L., Sironi S., 2017. *Comparison of different approaches for the estimation of odour emissions from landfill surfaces*. *Waste Management*, 63, 345-353.
- Manuale UNICHIM 158: 1988 – Misure alle emissioni. Strategie di campionamento e criteri di valutazione.
- Nicell J.A., 2009. *Assessment and Regulation of Odour Impacts*, *Atmospheric Environment*, 43, 196-206.
- Nicolas J., Cors M., Romain A.-C., Delva J., 2010. *Identification of odour sources in an industrial park from resident diaries statistics*, *Atmospheric Environment*, 44, 1623-1631.
- Rachor I.M., Gebert J., Grongroft A., Pfeiffer E.-M., 2013. *Variability of methane emissions from an old landfill over different time-scales*. *European Journal of Soil Science*, 64, 16-26.
- Ranzato L., Barausse A., Mantovani A., Pittarello A., Benzo M., Palmeri L., 2012. *A comparison of methods for the assessment of odor impacts on air quality: Field inspection (VDI 3940) and the air dispersion model CALPUFF*, *Atmospheric Environment*, 61, 570-579.
- Rapporto ISTISAN 91/41: 1991 – Criteri generali per il controllo delle emissioni.
- Schauberger G., Piringer M., Knauder W., Petz E., 2011. *Odour emissions from a waste treatment plant using an inverse dispersion technique*, *Atmospheric Environment*, 45, 1639-1647.
- Schiffman S.S., 1998. *Livestock odors: Implications for human health and well-being*. *J. Anim. Sci.*, 76, 1343-1355.
- Sohn J.H., Smith R., Yoong E., 2006. *Process studies of odour emissions from effluent ponds using machine-based odour measurement*, *Atmos. Environ.*, 40, 1230-1241.
- Sucker K., Both R., Bischoff M., Guski R., Winneke G., 2008. *Odor frequency and odor annoyance Part II: dose–response associations and their modification by hedonic tone*. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*, 81, 683-694.

- UK Environment Agency, 2011. *H4 Odour Management - How to comply with your environmental permit*, Bristol. <https://www.gov.uk/government/publications/environmental-permitting-h4-odour-management>.
- UNI EN 13725:2004 - Qualità dell'aria. Determinazione della concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica.
- UNI EN 15259: 2008 - Misurazione di emissioni da sorgente fissa. Requisiti delle sezioni e dei siti di misurazione e dell'obiettivo, del piano e del rapporto di misurazione.
- UNI EN 16841 – 1:2017, Aria Ambiente – Determinazione dell'odore in aria ambiente mediante indagine in campo - Parte 1: Metodo a griglia.
- UNI EN 16841 – 2:2017, Aria Ambiente – Determinazione dell'odore in aria ambiente mediante indagine in campo - Parte 1: Metodo del pennacchio.
- UNI EN ISO 16911: 2013 - Misurazione di emissioni da sorgente fissa. Determinazione manuale ed automatica della velocità e della portata di flussi in condotti.
- Van Elst T., Delva J., 2016. *The European Standard prEN 16841-2 (Determination of Odour in Ambient Air by Using Field Inspection: Plume Method): a Review of 20 Years Experience With the Method in Belgium*, Chemical Engineering Transactions, vol. 54, 175-180.
- VDI 3880: 2011 – Olfactometry. Static sampling, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- VDI 3883 Part 1 - 2015: Assessment of odour annoyance. Questionnaires, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- VDI 3940 Part 1 – 2 – 2006: Measurement of odour impact by field inspection - Measurement of the impact frequency of recognizable odours, Beuth Verlag GmbH, Berlin.
- Wu C., Liu J., Yan L., Chen H., Shao H., Meng T., 2015. *Assessment of odor activity value coefficient and odor contribution based on binary interaction effects in waste disposal plant*, Atmos. Environ., 103, 231-237.
- Wu C., Liu J., Zhao P., Piringer M., Schauburger G., 2016. *Conversion of the chemical concentration of odorous mixtures into odour concentration and odour intensity: A comparison of methods*, Atmospheric Environment, 127, 283-292.

5. MODELLI DI DISPERSIONE PER LA VALUTAZIONE DI IMPATTO OLFATTIVO

5.1 Introduzione

I modelli matematici rappresentano strumenti di conoscenza e di semplificazione della realtà, ma anche di riproduzione della stessa trasposta in scenari futuri o ipotetici. I modelli matematici utilizzati per stimare l'impatto degli odori consentono di simulare matematicamente il destino di un inquinante nell'atmosfera in determinate condizioni meteorologiche ed emissive, che possono essere legate sia ad una situazione esistente e nota (per esempio impianto già realizzato ed attivo), che ipotetica (impianto in via di trasformazione o ancora da realizzarsi), possono pertanto essere molto utili sia a fini descrittivi, sia predittivi.

5.2 Ambiti di applicazione dei modelli matematici nel campo delle molestie olfattive

La regolamentazione delle emissioni odorigene è generalmente fondata su due diversi approcci:

- *misura delle emissioni*, espressa come concentrazione dell'intera miscela (uo_E/m^3) e/o di singoli composti chimici (mg/Nm^3), in riferimento ad una particolare sorgente, che vengono confrontati con limiti stabiliti anche sulla base degli Odor Threshold (OT), valori che indicano la soglia di percettibilità, oppure scelti in riferimento ai potenziali impatti tossicologici delle sostanze chimiche;
- *criteri di accettabilità al recettore*, tipicamente espressi in termini di concentrazione (ou_E/m^3) rilevata in un tempo medio e facendo riferimento ad una frequenza di esposizione (es. 98° percentile delle concentrazioni medie orarie in un anno) [1].

I modelli matematici di dispersione degli odori consentono di riprodurre il modo in cui l'odore si disperde nell'atmosfera e quindi di calcolare i valori di concentrazione di odore e la loro distribuzione nello spazio e nel tempo. È pertanto nell'ambito del secondo approccio che si configurano come strumenti particolarmente utili ed efficaci, consentendo di stimare le concentrazioni di odore al recettore, allo scopo di verificare la conformità delle emissioni ai criteri di impatto definiti.

Più in generale gli ambiti di applicazione di un loro impiego, anche in combinazione con altre tecniche di valutazione, possono riguardare:

- stimare l'impatto olfattivo a fini autorizzativi (VIA, VAS, AIA di nuovi impianti o modifiche degli stessi);
- stimare l'impatto olfattivo da confrontare con segnalazioni di disturbo o per identificazione della sorgente potenzialmente responsabile
- valutare l'effetto di azioni di mitigazione/contenimento emissioni

Tali stime possono essere riferite sia a scenari di emissione esistenti, sia futuri o ipotetici e, pertanto, l'impiego del modello di dispersione è ritenuto utile sia nelle fasi di valutazione iniziale

del progetto (fase autorizzativa, studio di impianto ambientale) sia in quelle di gestione operativa dell'impianto.

Il documento *"Guidance on the assessment of odour for planning Institute of Air Quality Management"* [2] nell'Appendice 1, dedicata agli strumenti di valutazione predittivi, introduce lo schema Source-Pathway-Receptor (S-P-R) per presentare la relazione ipotetica tra la fonte (S) dell'odore, il percorso (P) attraverso il quale potrebbe verificarsi l'esposizione e il recettore (R) che potrebbe essere interessato negativamente. All'interno di tale schema S-P-R, il documento evidenzia la necessità di disporre di stime (misure o approssimazioni) delle emissioni di odore da una sorgente (ad esempio cumulo, riserva, serbatoio, sfiato, canna fumaria, ecc.) ma anche di tecniche per prevedere come l'odore si disperda e si diluisca nell'aria e quale sia la probabile esposizione risultante a livello del suolo nei recettori locali. Tali tecniche predittive sono diverse fra loro in base all'approccio, al livello di sofisticatezza, al costo e al livello di accuratezza delle stime, e possono essere distinte in tre tipologie, a seconda degli ambiti di applicazione: valutazioni qualitative degli odori basate sul rischio, modellazione semplificata (modelli di screening, normogrammi etc.), tecniche di modellazione della dispersione atmosferica quantitativa.

5.3 I modelli matematici di dispersione

I modelli matematici di dispersione rappresentano i metodi predittivi più sofisticati ed ampiamente utilizzati per la valutazione delle concentrazioni di odore ed il loro confronto con eventuali limiti normativi; il loro impiego viene ormai previsto nell'ambito di provvedimenti legislativi di molti Paesi. Questo è quanto emerge da una recente pubblicazione [3] riguardante una revisione critica delle normative sugli odori in 28 Paesi: *"Il confronto tra le statistiche sulla concentrazione degli odori previste dal modello e i criteri di impatto degli odori (OIC) è identificato come uno degli strumenti più comuni utilizzati dalle autorità di regolamentazione per valutare il rischio di impatto degli odori nelle valutazioni delle fasi di pianificazione e viene anche utilizzato per valutare gli impatti degli odori di impianti esistenti"*. Vengono, quindi, riconosciuti 5 diversi approcci, utilizzati nei provvedimenti normativi, per valutare gli impatti degli odori e di conseguenza regolare gli odori ambientali. Come emerge dalla panoramica, una delle tecniche di valutazione dell'impatto più comunemente applicata utilizza la portata di odore dell'emissione, data dalla concentrazione dell'odore moltiplicata per il flusso volumetrico della sorgente, i dati topografici e quelli meteorologici del sito, quali dati di input per stimare, mediante modelli di dispersione, la diluizione della sostanza introdotta nell'ambiente circostante. Questa tecnica consente di prevedere la probabile distanza del pennacchio dalla fonte di emissione e le concentrazioni di odore stimate ai recettori. Una volta calcolate le statistiche sulle concentrazioni di odore, queste vengono confrontate con standard di riferimento, definiti *"odor impact criteria"* (OIC) in vigore nei vari Paesi. Particolare enfasi viene data, nella rassegna, agli OIC (percentile di concentrazione e soglia) e al modo in cui vengono applicati, oltre che al modo in cui il picco dell'odore a breve termine per modellare gli effetti della media temporale viene stimato (*"peak-to-mean"*).

Anche in Italia l'impiego di modelli matematici si è notevolmente diffuso negli ultimi anni a seguito di una sempre maggiore attenzione alla tematica delle molestie olfattive e alla conseguente evoluzione del quadro normativo di settore, con la pubblicazione di linee guida specifiche regionali. Anche dal punto di vista scientifico sono stati organizzati alcuni convegni, corsi, giornate di studio dedicate alle tecniche di valutazione delle molestie olfattive e in tali contesti sono state mostrate esperienze messe in campo da enti di ricerca, società private, Regione ed ARPA/APPA nel campo della modellazione o della regolamentazione della stessa.

Anche nell'ambito del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) la trattazione modellistica degli odori e la sua specificità hanno ricevuto, in questi ultimi anni, un crescente interesse.

Questo è quanto emerso anche dalla ricognizione svolta dal Gdl ISPRA/APPA/ARPA attivato nell'ambito dell'SNPA e dal rapporto finale *“Quadro conoscitivo sulle attività di modellistica di qualità dell'aria in ambito agenziale”*. Seppur finalizzata a fornire una fotografia aggiornata e completa sulle applicazioni di modelli nell'ambito della qualità dell'aria, da tale ricognizione, svolta sulle 21 ARPA/APPA mediante questionari, è emerso quanto segue *“La crescente attenzione all'impatto delle emissioni di sostanze odorogene nell'ambito dei processi autorizzativi e le frequenti segnalazioni di molestie olfattive dei residenti in aree dove sono ubicati impianti suscettibili di determinare emissioni di sostanze odorogene hanno contribuito ad un sempre più frequente coinvolgimento delle strutture che tradizionalmente si occupavano di modellistica di qualità dell'aria nello svolgimento di simulazioni modellistiche o nella fornitura di pareri in merito a tale componente”* [4].

I modelli utilizzati nell'ambito dell'impatto olfattivo derivano da modelli per la qualità dell'aria. I modelli di qualità dell'aria sono strumenti che permettono mediante schemi ed equazioni di vario livello di complessità e sofisticatezza di simulare il comportamento di un inquinante una volta immesso nell'atmosfera. Per descriverlo con un adeguato grado di approssimazione, i modelli devono essere in grado di tenere conto e schematizzare fenomeni di varia natura: fisici (il trasporto dovuto all'azione del vento, la dispersione per effetto dei moti turbolenti dei bassi strati dell'atmosfera, etc.), chimici (reazioni chimiche di trasformazione, etc.), fisico-chimici (deposizione, etc.). Come risultato, essi forniscono una stima delle concentrazioni degli inquinanti in atmosfera su un territorio a partire da un numero considerevole di dati, tra cui le emissioni presenti nell'area di interesse e la loro caratterizzazione spaziale e temporale ed informazioni per tenere conto dell'influenza della meteorologia locale nei processi di trasporto e dispersione degli inquinanti. Esistono numerosi tipi di modelli di qualità dell'aria ([5], [6], [7], [8]) e non è possibile individuare un solo tipo di modello adeguato per simulare qualsiasi fenomeno. La scelta non può ovviamente prescindere dalla disponibilità dei dati necessari e dalle risorse informatiche disponibili, nonché dagli elementi caratteristici del problema, come ad esempio scala spaziale e temporale della simulazione, complessità territoriale, orografica e meteorologica dell'area soggetta a simulazione, tipologia delle sorgenti di emissione, sostanze inquinanti da considerare. In base a tutte queste informazioni è possibile individuare la categoria di modelli appropriata [9].

La valutazione modellistica degli odori, tuttavia, presenta differenze significative nell'approccio, le cui implicazioni devono essere valutate prima di applicare il modello a una valutazione degli odori

[10]. Le differenze tra la modellizzazione della dispersione tradizionale e la modellazione dell'odore riguardano vari aspetti e richiedono una trattazione dei vari dati di ingresso [11].

“Sviluppati originariamente per applicazioni nel campo della qualità dell'aria, i modelli di dispersione esistenti sono ottimizzati per la stima degli effetti sanitari a medio e lungo termine (per esempio, su scala annuale), come quelli dovuti agli inquinanti atmosferici. Nel caso delle sostanze odorose, gli effetti occorrono istantaneamente, quindi non interessano tanto i valori medi orari restituiti dai modelli, quanto i valori di picco riscontrabili nell'arco dell'ora” [12].

Infatti, per un determinato intervallo di tempo o risoluzione temporale, il modello di dispersione restituisce una concentrazione media, che viene ipotizzata costante. Nella realtà, all'interno di tale intervallo, le fluttuazioni istantanee delle concentrazioni per effetto della turbolenza possono essere anche molto elevate, con scostamenti non trascurabili rispetto al valore di concentrazione media. Affinché un odore sia percepibile è sufficiente che la sua concentrazione in aria superi la soglia di percezione anche per pochi secondi, pertanto in questo intervallo si potrebbero verificare picchi di concentrazione degli odori superiori agli OT (Odour Threshold), con conseguenti episodi di odore, che potrebbero quindi venir sottostimati utilizzando direttamente il valore medio prodotto dal modello.

Per tenere conto di questo, un modo ampiamente utilizzato [3] si basa sull'approccio “peak to mean” e sull'equazione che mette in relazione le concentrazioni C_p per intervalli di tempo più brevi, t_p (es. secondi o minuti), a partire da quelle C_m calcolate dal modello per intervalli più lunghi, t_m (es. ore) in base alla formula seguente [13]:

$$C_p = C_m \times (t_p/t_m)^a$$

Diversi sono le variabili che influenzano le fluttuazioni di concentrazioni, e quindi il fattore peak to mean, quali la stabilità atmosferica, la distanza sorgente recettore, la geometria della sorgente (altezza e configurazione della sorgente) etc.) [14]. I ricercatori hanno trovato valori per l'esponente (a) variabili tra -1 e 0 in funzione della stabilità atmosferica ed anche della distanza sorgente recettore, anche se un valore di (a) pari a -0.2 viene raccomandato da molti autori [13].

Ma l'utilizzo generalmente più diffuso dell'approccio “peak to mean ratio” avviene mediante l'equazione in una sua forma più semplificata che utilizza un unico valore moltiplicativo F costante e unico per tutte le celle del dominio e le ore di simulazione per stimare la concentrazione oraria di picco $C_p = F * C_m$ a partire da quella su intervallo più lungo. Considerando per quest'ultimo l'intervallo di un'ora, su cui i modelli di dispersione tipicamente forniscono i risultati, il valore proposto per F nel caso delle linee guida, al momento redatte in Italia e richiamate in seguito (§ 5.4), è pari a 2.3.

Va comunque aggiunto che in letteratura sono presenti anche studi in cui gli autori [15] propongono altri approcci più sofisticati per trattare le fluttuazioni istantanee o che riguardano simulazioni su base temporale inferiore all'ora.

Il vantaggio di questo approccio, seppure semplificato, è che conserva i benefici dell'utilizzo di modelli di dispersione spesso ampiamente validati o su cui esistono più referenze ed applicazioni, oltre che contribuisce a creare un comune riferimento. In generale, è possibile utilizzare diversi tipi

di modelli per simulare la dispersione degli odori nell'atmosfera. Una panoramica viene fornita in una recente pubblicazione che ne illustra principali limiti o potenzialità [11].

Il risultato della simulazione modellistica è ovviamente caratterizzato da un certo grado di incertezza che risulta da vari fattori, tra cui l'incertezza intrinseca al modello (dovuta all'incapacità di descrivere perfettamente la complessità delle interazioni fisico-chimiche che avvengono in atmosfera) e quella associata ai dati di ingresso. Uno studio approfondisce quali possono essere le cause che contribuiscono all'incertezza nel caso specifico della modellazione degli odori, mostrando i vari input del modello di dispersione che contribuiscono all'incertezza complessiva nella previsione del modello e cercando di assegnare valori per ogni incertezza dei vari componenti [16].

5.4 Linee Guida specifiche sull'applicazione dei modelli nella valutazione dell'impatto olfattivo

Come si è detto, i modelli utilizzati nell'ambito dell'impatto olfattivo derivano da modelli per la qualità dell'aria; mentre per questi ultimi sono disponibili documenti metodologici e rassegne [5], [6], [7], [8], per i primi non esistono, in Italia, documenti analoghi specifici. Le fasi di applicazione dei modelli nei due ambiti sono in generale molto simili; tuttavia, vi sono peculiarità legate alle caratteristiche del fenomeno odorigeno, che richiedono particolare attenzione. Le operazioni in fase di predisposizione degli input, la scelta e la modalità di applicazione dei modelli e l'elaborazione degli output, vanno valutate in relazione al loro possibile impatto sui risultati delle simulazioni e al loro conseguente confronto con la normativa di riferimento per le sostanze odorigene.

Per tali motivi, alcune Regioni ed ARPA hanno redatto, nell'ambito di linee guida volte a disciplinare, più in generale, i metodi per la caratterizzazione ed il contenimento delle emissioni in atmosfera provenienti dalle attività ad impatto odorigeno, allegati tecnici specifici in base ai quali regolare la valutazione dell'impatto olfattivo mediante l'applicazione di modelli di dispersione.

In tal senso, la prima Linea Guida è stata redatta dalla Regione Lombardia [17], destinata ad essere un punto di riferimento importante anche per le altre regioni italiane.

- Regione Lombardia: *“Linee Guida per la caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera dell'attività ad impatto odorigeno. Requisiti degli studi di impatto olfattivo mediante simulazione di dispersione”* Allegato 1 delle Linee Guida *“Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno”* DGR - n.IX /3018 del 15/2/2012 [17];
- ARPA Puglia: *“Requisiti degli studi di impatto olfattivo mediante simulazione di dispersione”* Allegato 1 delle *“Linee guida per il rilascio di pareri riguardanti le emissioni in atmosfera prodotte dagli impianti di depurazione”* approvate con Deliberazione D.G. n. 46/2015 [18];
- Provincia autonoma di Trento: *“Definizioni e requisiti degli studi di impatto olfattivo mediante simulazione di dispersione”* Allegato 1 delle *“Linee guida per la caratterizzazione, l'analisi e la definizione dei criteri tecnici e gestionali per la mitigazione delle emissioni delle attività a impatto odorigeno”* D.G.P. n. 1087 del 24/06/2016 [19];

- Regione Piemonte: *“Requisiti degli studi di impatto olfattivo mediante simulazione modellistica meteo-dispersiva”* Parte V dell’Allegato 1 delle *“Linee guida per la caratterizzazione e il contenimento delle emissioni in atmosfera provenienti dalle attività ad impatto odorigeno”* L.R. 43/2000 DGR n. 13-4554 del 9/01/2017 [20];
- ARPA Friuli Venezia Giulia: *“Requisiti minimi degli studi di impatto olfattivo mediante simulazione di dispersione”* Allegato A della *“Procedura per la valutazione dell’impatto odorigeno da attività produttive”* 12/2017 [21];

Obiettivo di tali allegati/Linee Guida è stato quello di definire un insieme di requisiti che devono essere considerati nella redazione dello studio di impatto olfattivo mediante simulazione di dispersione, da realizzare nell’ambito di procedimenti amministrativi riconducibili, in generale, alle istanze di autorizzazione (AIA, VIA o verifica di assoggettabilità) o da eseguire per la valutazione di scenari di impatto da confrontare con le segnalazioni di disturbo olfattivo pervenute dalla popolazione.

Le Linee Guida condividono, in generale, criteri metodologici e contenuti, con lievi variazioni, come è ragionevole attendersi, trattandosi di Linee Guida di derivazione regionale da applicare a contesti con caratteristiche diverse. I documenti riportano, in modo dettagliato, indicazioni metodologiche, criteri da utilizzare nella definizione delle diverse tipologie di dati, ed informazioni minime da riportare nelle relazioni di valutazione di impatto.

Nel seguito saranno riassunti i contenuti, raggruppati, per semplicità, in gruppi di informazioni: input al modello (dati topografici e caratteristiche del dominio, dati di emissione, dati meteorologici), tipologia di modelli, informazioni prodotte dagli output del modello. Per una trattazione esaustiva delle informazioni riportate, si rimanda ai testi integrali delle citate Linee Guida.

5.4.1 Input di modello

I dati di input necessari per l'applicazione di un modello di dispersione atmosferica sono in generale di tre diversi tipi:

- dati topografici e caratteristiche del dominio;
- dati di emissione;
- dati meteorologici.

Altri dati di input possono riguardare l’eventuale attivazione di algoritmi specifici che possono essere opzionati dall’utente nell’intraprendere la simulazione.

Dati topografici e caratteristiche del dominio

Il dominio spaziale della simulazione dovrebbe essere scelto in modo da includere tutte le fonti di emissione da studiare, nonché i recettori che si ritiene siano influenzati dagli odori emessi e le loro coordinate geografiche. Le Linee Guida forniscono alcuni importanti requisiti in merito alla dimensione e al passo della griglia dei recettori di calcolo, oltre che alla scelta dei recettori di interesse particolare, presso i quali simulare puntualmente l'impatto delle emissioni.

Se l'orografia del territorio incluso nel dominio spaziale di simulazione è complessa, i suoi effetti devono essere considerati nelle simulazioni, adottando algoritmi adatti e impostando le elevazioni di ciascun punto del recettore della griglia di simulazione.

Per tenere conto dell'effetto della presenza di edifici, quando questi siano sopravento al punto di emissione, "effetto scia" o "building downwash", nella maggior parte dei modelli di dispersione è possibile attivare algoritmi appositi che richiedono in input al modello le coordinate geografiche di ciascuno dei vertici in pianta dell'edificio e l'altezza dell'edificio rispetto al suolo. Le linee guida indicano le condizioni in cui tale algoritmo andrebbe attivato.

Dati di emissione

Per applicare un modello di dispersione è necessario caratterizzare le principali sorgenti di emissione presenti nell'area di interesse e fornire le informazioni riguardanti i parametri fisico-geometrici, l'intensità emissiva e le eventuali modulazioni temporali che la caratterizzano.

In alcuni casi, per la simulazione modellistica può essere richiesto di considerare solo le sorgenti emissive significative, facendo riferimento a criteri relativi a soglie di portata di odore da associare alle relative sorgenti; come esempio, si riporta quanto previsto dalle diverse LG citate al par. 5.4 in cui viene riportato di considerare *tutte le emissioni dell'impianto oggetto dello studio (convogliate, diffuse o fuggitive) con portate di odore maggiore di 500 ou_E/s, ad eccezione delle sorgenti per le quali, quale che sia la portata volumetrica emessa, la concentrazione di odore massima sia inferiore a 80 ou_E/m³.*

Si precisa che le soglie riportate dalle LG rappresentano valori di riferimento indicativi di cui può essere valutata l'opportunità anche in accordo con il contesto territoriale e la tipologia e il numero delle sorgenti.

Le sorgenti vengono generalmente distinte per morfologia in quattro tipologie:

- Sorgenti convogliate puntiformi (es.: camini di espulsione)
- Sorgenti diffuse areali attive (es. biofiltri) o passive, prive di flusso proprio (es. vasche di trattamento reflui o cumuli di materiale)
- Sorgenti diffuse volumetriche (es.: capannoni con portelloni o finestre aperte; locali di ricovero capi di allevamento con ricircolo naturale dell'aria)

Ogni sorgente deve essere caratterizzata mediante parametri fisico-geometrici che variano a seconda della tipologia di sorgente. Nel caso, per esempio, delle sorgenti puntiformi le informazioni necessarie alla caratterizzazione sono:

- portata volumetrica;
- concentrazione di odore;
- portata di odore;
- coordinate geografiche;
- quota altimetrica del suolo alla base della sorgente;
- altezza del punto di emissione rispetto al suolo;
- area della sezione di sbocco;
- velocità e temperatura dell'effluente nella sezione di sbocco.

Le LG specificano per ciascuna delle altre tre tipologie le analoghe informazioni da raccogliere.

Per la scelta dei valori di concentrazione di odore da inserire nel modello di simulazione dell'impatto olfattivo, nel caso di impianti esistenti si può fare riferimento a valori misurati, eventualmente tenendo conto della variabilità temporale e del fermo produttivo; nel caso di impianti nuovi o di modifiche è opportuno avvalersi di dati empirici riferiti ad impianti simili o a

dati di bibliografia scientifica, cautelativamente maggiorati (ad esempio al più elevato dei livelli di concentrazione prodotti nelle diverse condizioni di funzionamento dell'impianto).

Poiché la portata di odore (OER) da sorgenti diffuse areali passive è variabile in funzione della velocità dell'aria che lambisce la superficie, le LG forniscono indicazioni per il calcolo di tale valore mediante opportune equazioni che mettono in relazione la OER_S , portata di odore alla velocità dell'aria v_S , vicino alla superficie emissiva rispetto alla OER_R la portata di odore alla velocità di riferimento v_R (misurata durante il campionamento).

Qualora nelle simulazioni sia considerata una portata di odore variabile nel tempo, è necessario fornire le informazioni necessarie a ricostruire il valore della portata di odore per ogni ora del dominio temporale di simulazione.

Le variazioni nel tempo della portata di odore possono essere di vario tipo, ad esempio regolari e deliberate (per esempio: fermo impianto notturno e/o festivo, ferie estive); accidentali o non controllabili (per esempio: variabilità del materiale o del rifiuto da trattare); dipendenti dalle condizioni atmosferiche (per esempio: variazioni dell'intensità della turbolenza atmosferica o della temperatura che innescano la volatilizzazione delle sostanze odorigene rilasciate da un liquido o da un cumulo all'aperto).

È opportuno studiare tali variazioni, in modo da definire, per ciascuna sorgente, il profilo di portata emissiva di odore (portata di odore in funzione del tempo, ora dopo ora e per tutto il dominio temporale di simulazione).

Se le variazioni della portata di odore nel tempo sono accidentali e se non è possibile definire un profilo di portata emissiva effettivo reale, devono essere avanzate delle ipotesi e queste devono essere cautelative, ossia tali da condurre ad una sovrastima piuttosto che a una sottostima dell'impatto olfattivo delle emissioni sul territorio.

Le LG richiedono che nella relazione di presentazione dello studio siano riportati e documentate tutta una serie di informazioni (dati di emissione, fonte da cui sono stati derivati (da dati sperimentali, bibliografica etc.), ipotesi ed elaborazioni introdotte etc.) necessarie per poter agevolmente ricostruire come sia stato predisposto l'input emissivo utilizzato nelle simulazioni.

Dati meteorologici

In generale, i dati meteorologici necessari per la modellazione della dispersione includono la velocità del vento, la direzione del vento, le informazioni sulle condizioni di stabilità atmosferica (cioè altezza di rimescolamento e turbolenza). Il dettaglio e i requisiti dei dati di input meteorologici dipendono dalla raffinatezza del modello di dispersione utilizzato.

Le LG forniscono criteri molto dettagliati sui dati meteorologici; nel seguito si elencano i principali punti rimandando ad esse per ulteriori dettagli.

In linea generale, i dati meteorologici possono essere ottenuti da una singola stazione meteorologica. Se i dati richiesti non possono essere ottenuti da una stazione (ad esempio a causa dell'elevata quantità di dati mancanti o di dati non validi), i dati disponibili dovrebbero eventualmente essere integrati con quelli registrati da un'altra stazione, valutando così la compatibilità tra le due stazioni, per evitare che la combinazione di dati diversi possa comprometterne la rappresentatività.

Le LG forniscono alcuni criteri in merito al numero di stazioni meteo delle quali impiegare i dati nelle simulazioni, circa la scelta della stazione meteorologica e la sua distanza dalla fonte di emissione, differenziando, per esempio, tra terreno pianeggiante e complesso.

Criteri analoghi dovrebbero essere adottati nel caso in cui si ricorra a dati provenienti da simulazioni meteorologiche realizzate a scala maggiore, riferendosi alla posizione del punto griglia del modello meteorologico dal quale vengono estratti i dati da utilizzare per le simulazioni meteo-dispersive per gli odori. Oltre ai criteri di posizionamento della stazione meteo o del punto griglia in corrispondenza del quale estrarre i dati meteorologici, viene suggerito che deve sempre essere verificata, in particolar modo nel caso dei dati anemologici, la rappresentatività degli stessi per il sito oggetto di studio.

Qualora non si disponga di dati meteorologici adeguatamente rappresentativi dell'area di studio acquisiti da una stazione situata nei pressi della sorgente o provenienti da modelli a scala maggiore, specialmente nei casi di orografia complessa, si dovrebbe ricostruire il campo di vento nel dominio spaziale di simulazione utilizzando dati di più stazioni e ricorrendo ad un modello meteorologico di tipo diagnostico.

Rispetto alla frequenza di registrazione dei dati e l'estensione del dominio del tempo di simulazione le LG indicano, per la valutazione dell'impatto degli odori e il confronto con i criteri di accettabilità, che la frequenza originaria di registrazione dei dati meteo debba essere oraria o maggiore (ad esempio ogni 30 minuti o 10 minuti). Qualora la frequenza originaria di registrazione dei dati meteo sia maggiore (ossia più frequente) di quella effettivamente utilizzata in input ai modelli di dispersione, la procedura seguita per le operazioni di selezione o aggregazione dei dati dovrà essere illustrata nella relazione di presentazione dello studio (con particolare riguardo alla trattazione della direzione del vento).

Come estensione minima del dominio temporale per le simulazioni realizzate ai fini autorizzativi viene indicato un anno. Sono ammesse simulazioni con domini temporali multipli dell'anno.

In alcuni casi, [19], [21], viene inoltre aggiunto a quanto sopra *“soltanto per simulazioni finalizzate all'eventuale verifica delle corrispondenze fra modello di impatto e segnalazioni dei residenti, il dominio temporale è limitato alle ore in cui è effettuato il confronto”*.

Particolare attenzione viene posta sulla trattazione dei dati non validi. Dato il potenziale impatto sui risultati della simulazione, viene richiesto di dare evidenza della percentuale di dati meteorologici invalidi per ciascun mese e per ciascun parametro; qualora si opti per una procedura di ricostruzione dei dati non validi è opportuno descriverla, esplicitando inoltre la procedura di individuazione dei dati non validi. Vengono inoltre indicate per ciascun parametro meteorologico, le soglie massime di percentuale accettabili di dati assenti o non validi.

È importante fornire adeguata documentazione in merito al preprocessore meteorologico impiegato per ottenere i parametri micrometeorologici (ad esempio l'altezza dello strato limite atmosferico) e di turbolenza (ad esempio: lunghezza di Monin-Obukhov e velocità di attrito superficiale). Per la peculiarità dei fenomeni degli odori, le classi di stabilità (per esempio le classi Pasquill-Gifford-Turner) risultano poco idonee a rappresentare nella modellazione l'effetto della turbolenza; il loro utilizzo in luogo dei parametri continui di turbolenza viene sconsigliato nelle

linee guida e previsto che venga adeguatamente giustificato nella relazione di accompagnamento dello studio.

5.4.2 Tipologia del modello

Le LG consigliano per la realizzazione dello studio di impatto olfattivo l'impiego di un modello di dispersione che appartenga ad una delle seguenti tipologie:

- modelli non stazionari a puff o a segmenti (vedasi UNI 10796:2000, scheda 4, tipologia 2) [6];
- modelli 3D lagrangiani (a puff o a particelle) (vedasi UNI 10796:2000, scheda 4, tipologia 3 o scheda 5, tipologia 1) [6];
- modelli 3D euleriani (vedasi UNI 10796:2000, scheda 4, tipologia 3 o scheda 5, tipologia 1) [6].

In alcuni casi [20] viene ulteriormente specificato che *“nello studio di impatto olfattivo, in condizioni di elevato numero di calme di vento (frequenti nel territorio piemontese), l'utilizzo di un modello stazionario gaussiano a pennacchio per lo studio previsionale è da ritenersi non efficace e viene ammessa solamente a fronte di una giustificata motivazione tecnica. Sono invece da ritenersi idonei i modelli non stazionari, tridimensionali a puff o lagrangiani a particelle che, utilizzando in ingresso la meteorologia prodotta da un modello 3D diagnostico, permettono una ricostruzione più vicina alla realtà dell'anemologia locale, tenendo conto delle sue variazioni sia spaziali che temporali. Il modello dispersivo va applicato, in particolare in condizioni orografiche complesse, preferibilmente in modalità non semplificata, ovvero sfruttando appieno le potenzialità del preprocessore meteorologico che permette di utilizzare in ingresso, oltre ai dati di una o più stazioni al suolo, un profilo di vento e di temperatura”*.

Le LG pongono molta attenzione al trattamento delle calme di vento. Infatti, in condizioni di calma di vento si ottiene spesso l'impatto olfattivo massimo, poiché gli inquinanti sono meno efficacemente dispersi in atmosfera. Queste condizioni anemologiche risultano, inoltre, problematiche per l'applicazione di modelli dispersivi quali quelli stazionari gaussiani a pennacchio che, per la loro formulazione, sono applicabili solamente al di sopra di una certa soglia di intensità del vento; per tale ragione, spesso i modelli di questo genere prevedono un “metodo speciale per le calme”, ossia un algoritmo significativamente diverso da quello regolare e intrinsecamente meno accurato dell'algoritmo principale, che viene attivato automaticamente per tutte le ore del dominio temporale di simulazione nelle quali la velocità del vento è inferiore ad un valore soglia.

Proprio per la possibile incidenza della frequenza delle calme di vento e dei metodi della loro trattazione sui risultati delle simulazioni e, nello specifico, sugli indicatori per gli odori, le linee guida indicano quali condizioni, in relazione alla frequenza più o meno elevata dei casi di calme nell'area, devono essere rispettate per l'utilizzo di modelli che prevedono un “metodo speciale per le calme” o, se non rispettate, per il ricorrere all'impiego di modelli meteo dispersivi più sofisticati. Quale metodo speciale per le calme non è consentita l'eliminazione, dal set di dati meteorologici, dei record corrispondenti alle calme di vento, in quanto tale pratica potrebbe portare ad una sottostima degli impatti sul dominio di calcolo.

Le LG richiedono che vengano riportate nella relazione di presentazione dello studio varie informazioni inerenti le calme di vento (metodo adottato, velocità di soglia, percentuali di casi/ore in cui si è attivato l'algoritmo, etc.).

Per le motivazioni espresse al par. 5.3, per calcolare le concentrazioni orarie di picco di odore per ciascun punto della griglia contenuta nel dominio spaziale di simulazione e per ciascuna delle ore del dominio temporale di simulazione, le citate LG prevedono che le concentrazioni medie orarie siano moltiplicate per un fattore di conversione pari a 2,3 (peak-to-mean ratio).

In alcuni casi, viene prevista la simulazione del caso peggiore ma con caratteristiche lievemente diverse; si rimanda, pertanto, a ciascuna linea guida [18], [19], [21], per dettagli informativi.

5.4.3 Informazioni prodotte dai modelli

Rispetto alla presentazione dei risultati, le Linee Guida prevedono la produzione di una relazione di presentazione dello studio che contenga informazioni utili per comprendere i dati di input utilizzati, le ipotesi di lavoro introdotte, i modelli impiegati ed in quale modalità, affinché possano essere replicate le simulazioni da parte dell'Autorità Competente. Le Linee Guida riportano al termine della descrizione dei vari aspetti (input emissivi, meteorologici, dominio spazio-temporale, modelli) l'insieme delle informazioni minime che devono essere contenute in tale relazione.

Nella relazione di presentazione dello studio o in allegato devono essere presentate:

- una tabella che riporti, per ciascuno dei ricettori sensibili individuati sul territorio, il 98° percentile delle concentrazioni orarie di picco di odore simulate;
- se il software utilizzato non permettesse il calcolo del 98° percentile, tale tabella potrà essere omessa, ma il confronto fra l'impatto delle emissioni ed i criteri di accettabilità definiti dovrà essere eseguito considerando i massimi globali delle concentrazioni orarie di picco di odore simulate;
- una tabella che riporti, per ciascuno dei ricettori sensibili individuati sul territorio, il massimo globale (ossia sull'intero dominio temporale di simulazione) delle concentrazioni orarie di picco di odore simulate.

Le linee guida indicano inoltre le informazioni minime che devono essere riportate sulla mappa, tra le altre, devono essere indicate le isoplete (curve di isoconcentrazione di odore) corrispondenti ai valori di concentrazione pari ai criteri di accettabilità definiti, l'isopleta corrispondente al valore di concentrazione $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ e la prima isopleta non completamente racchiusa nel confine dello stabilimento, a cui corrisponda il massimo valore di concentrazione di odore.

Bibliografia

- [1] M.Brattoli, A.Mazzone, "Cosa prevede la normativa in Italia" <http://ambienteinforma-snpa.it/cosa-prevede-la-normativa-in-italia/>
- [2] Bull et al. "IAQM Guidance on the assessment of odour for planning, Institute of Air Quality Management, London" <http://www.iaqm.co.uk/text/guidance/odour-guidance-2014.pdf>
- [3] M. Brancher, K.D. Griffiths, D. Franco, H. de Melo Lisboa, 2017. *A review of odour impact criteria in selected countries around the world*, Chemosphere, Vol. 168, pp. 1531-1570
- [4] E. Angelino, C. Bellina Agostinone, A. Bolignano, G. Cattani, R. De Maria, M.Deserti, A. Di Menno di Bucchianico, A. Morabito, S. Pillon, M. Quagliati, F. Stel "Quadro conoscitivo sulle attività di modellistica di qualità dell'aria in ambito agenziale", svolta dal Gdl n°22 ISPRA/APP/ARPA attivato nell'ambito dell'SNPA GDL n° 22 "Descrizione dei modelli utilizzati nell'ambito del sistema agenziale e delle relative caratteristiche tecniche e di disponibilità" - Area 4 Valutazioni del Programma Triennale 2014- 2016, http://www.isprambiente.gov.it/files/snpa/consiglio-federale/DOC77_CFModelliqualitdellariaconallegati.pdf
- [5] Centro Tematico Nazionale - Atmosfera Clima Emissioni in Atmosfera (CTN_ACE) Guida ipertestuale alla scelta dei modelli di dispersione nella valutazione della qualità dell'aria <http://www.smr.arpa.emr.it/ctn/>
- [6] UNI 10796:2000 "Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi. Guida ai criteri di selezione dei modelli matematici".
- [7] UNI 10964:2001 "Studi di impatto ambientale. Guida alla selezione dei modelli matematici per la previsione di impatto sulla qualità dell'aria".
- [8] U.S Environmental Protection Agency, Guideline on Air Quality Models, Appendix W to Part 51. Federal Register, Vol. 68, No. 72, Tuesday, April 15, 2003 / Rules and Regulations.
- [9] <http://www.arpalombardia.it/sites/qaria/layouts/15/qaria/Modellistica.aspx>
- [10] SRF Consulting Group, A review of national and international odor policy, odor measurement technology and public administration <https://www.pca.state.mn.us/sites/default/files/p-gen2-02.pdf>, Febbraio 2004.
- [11] L. Capelli, S. Sironi, R. Del Rosso, J.M. Guillot, 2013. *Measuring odours in the environment vs. dispersion modelling: A review*, Atm.Env., Vol. 79, pp. 731-743
- [12] C. Morosini, M. Favaron, D. Cogo, D.I. Basilico "Gestione e trattamento degli odori in regione lombardia: indagine su 35 impianti di depurazione delle acque reflue"

<http://www.ledijournals.com/ojs/index.php/IngegneriadellAmbiente/issue/view/32> Vol 3, N° 1 (2016)

- [13] H. Dourado, J. Santos, Jr. N. Reis, A. M. V. Melo, 2012. *The Effects of Atmospheric Turbulence on Peak-to-Mean Concentration Ratio and its Consequence on the Odour Impact Assessment Using Dispersion Models*, Chemical Engineering Transactions, 30, 163-168
- [14] G. Schauburger, M. Piringer, 2012. *Assessment of Separation Distances to Avoid Odour Annoyance: Interaction Between Odour Impact Criteria and Peak-to-Mean Factors*, Chemical Engineering Transactions, 30, 13-18
- [15] P. Boeker, O. Wallenfang, F. Koster, R. Croce, B. Diekmann, M. Griebel, P.S. Lammers, 2000. *The Modelling of Odour Dispersion with Time-Resolved Models*, Agrartechnische Forschung 6 Heft 4, S. E 84-E 89 http://wissrech.iam.uni-bonn.de/research/pub/croce/lt20004e_atf_084_089.pdf
- [16] J. Pullen, Y. Vawda, 2007. *Review of Dispersion Modelling for Odour Predictions* Environment Agency, https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/290980/scho0307bmq-e-e.pdf
- [17] DGR Lombardia n. IX/3018 del 15/02/2012 “Linee Guida per la caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera dell’attività ad impatto odorigeno. Requisiti degli studi di impatto olfattivo mediante simulazione di dispersione” Allegato 1 delle Linee Guida http://www.regione.lombardia.it/wps/wcm/connect/8c3b2bab-5c37-4a55-8397-b0a9d684f094/DGR+3018_2012.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=8c3b2bab-5c37-4a55-8397-b0a9d684f094
- [18] ARPA Puglia: “Linee guida per il rilascio di pareri riguardanti le emissioni in atmosfera prodotte dagli impianti di depurazione” approvate con Deliberazione D.G. n. 46/2015
- [19] Provincia autonoma di Trento “Linee guida per la caratterizzazione, l’analisi e la definizione dei criteri tecnici e gestionali per la mitigazione delle emissioni delle attività a impatto odorigeno” D.G.P. n. 1087 del 24/06/2016 <https://www.ufficiostampa.provincia.tn.it/content/download/38536/643559/file/Linee%20guida%20odori.pdf>
- [20] Regione Piemonte “Linee guida per la caratterizzazione e il contenimento delle emissioni in atmosfera provenienti dalle attività ad impatto odorigeno” L.R. 43/2000 DGR n. 13-4554 del 9/01/2017 http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2017/05/attach/dgr_04554_930_09012017.pdf
- [21] ARPA Friuli Venezia Giulia “Procedura per la valutazione dell’impatto odorigeno da attività produttive” http://www.arpa.fvg.it/export/sites/default/tema/aria/utilita/Documenti_e_presentazioni/linee_guida_docs/2017mmdd_arpafvg_procedura_odori.pdf

6. APPROCCI INTEGRATI PER LA VALUTAZIONE DELLA MOLESTIA OLFATTIVA

6.1 Strumenti di valutazione

La stretta relazione tra odori e soggettività della percezione umana costituisce un elemento di considerevole complessità nella gestione e nella valutazione di un caso di molestia olfattiva, rispetto agli approcci convenzionalmente utilizzati per la qualità dell'aria.

L'odore è una risposta complessa del nostro organismo allo stimolo costituito generalmente da un numero elevato di sostanze, presenti in differenti livelli di concentrazione in aria e che interagiscono tra loro attraverso diverse modalità. Per tale ragione è difficilmente individuabile ed applicabile un unico metodo analitico in grado di determinare le diverse componenti, anche in considerazione dei limiti di rivelabilità delle comuni metodologie, spesso più elevati delle soglie di percettibilità di alcuni composti tipicamente odorigeni (es. idrogeno solforato, mercaptani). Inoltre, la determinazione delle diverse componenti, da sola, non permette di ottenere informazioni che possano essere relazionate con l'effetto percepito dal naso umano. Tale necessità, insieme al riconoscimento dell'elevata sensibilità del sistema olfattivo umano, ha portato allo sviluppo e alla standardizzazione del metodo sensoriale dell'olfattometria dinamica per la determinazione di un parametro quantitativo relativo all'intera miscela odorigena. L'olfattometria dinamica, d'altro canto, è una tecnica puntuale che non consente di effettuare un monitoraggio in continuo, utile per seguire e quantificare gli andamenti emissivi dei processi che danno origine ad emissioni odorogene. Per tale finalità, a seconda che sia possibile rilevare un parametro tracciante o surrogato dell'odore da monitorare in continuo o che risulti rilevante individuare l'impronta olfattiva dell'emissione, possono essere applicati metodi senso-strumentali, analizzatori a singolo parametro o multiparametrici. Nella definizione dell'approccio metodologico più opportuno è necessario tener conto che le emissioni odorogene sono caratterizzate da elevata variabilità sia in riferimento alla tipologia di sorgente, in gran parte diffuse, sia alla distribuzione temporale e spaziale dell'emissione. Infatti, l'emissione odorigena è spesso caratterizzata da discontinuità, con alternanza di periodi ad elevata emissione, spesso con picchi di breve durata, e periodi a bassa emissione. Si riconosce, inoltre, un andamento tipico con prevalenza della percezione nella fascia serale, notturna e nelle primissime ore della mattina; tale dinamica è attribuibile all'andamento dello spessore dello strato di rimescolamento atmosferico, non costante a causa dell'irraggiamento solare e della velocità del vento. Nelle ore più calde esso risulta essere più elevato per effetto delle masse d'aria calda che risalgono in funzione della loro minore densità, mentre nelle ore serali e notturne, in particolare, il minore riscaldamento della

superficie terrestre ne provoca un assottigliamento con conseguente confinamento in prossimità del suolo delle sostanze odorigene emesse (Deardorff, J. W., 1972a e 1972b).

In sintesi, dunque, la variabilità delle sorgenti, la tipologia di emissione e la sua modalità di diffusione, nonché la stretta connessione con la soggettività della percezione umana rendono necessario prediligere una combinazione di diversi strumenti di valutazione nell'analisi di un caso di molestia olfattiva, allo scopo di fornire informazioni complementari, spesso opportunamente pianificata a seconda dello scopo di indagine (Institute of Air Quality Management-UK, 2014).

Genericamente, tali strumenti possono essere distinti in:

- *metodi predittivi*: utilizzano modelli che, attraverso una semplificazione della situazione reale, sono in grado di fornire informazioni sul potenziale impatto di una fonte odorigena sul territorio;
- *metodi empirici*: si basano su osservazioni (attività di monitoraggio strumentale o uso di metodi che coinvolgono la popolazione).

Metodi predittivi

In considerazione del livello di dettaglio richiesto, delle informazioni a disposizione e dello scopo della valutazione, si possono individuare approcci di tipo qualitativo (a) o quantitativo/modellistico (b).

- a) *Approcci di tipo qualitativo*. Si basano sulla valutazione del rischio, ossia sulla probabilità che un determinato evento si verifichi con le relative conseguenze. Nel caso delle emissioni odorigene, la probabilità che si verifichi l'esposizione del recettore all'odore si può valutare stimando alcuni parametri o fattori (es. FIDOL, distanze di separazione sorgente-recettore, tipologia dell'emissione, effetto di diluizione, ecc...).

Le valutazioni qualitative sono applicabili nei seguenti casi:

- per effettuare valutazioni di screening;
- per valutazioni di impatto volte allo sviluppo di soluzioni di mitigazione;
- in situazioni in cui non ci siano informazioni sufficienti per implementare strumenti predittivi di dettaglio (modelli di dispersione);
- in situazioni in cui l'informazione sia affetta da notevole incertezza tale da rendere inefficace l'uso dei modelli di dispersione;
- in situazioni in cui gli effetti odorigeni siano influenzati significativamente da rilasci inaspettati, sconosciuti o accidentali, difficilmente rappresentabili attraverso un modello di dispersione.

In tab. 4 è fornito un esempio relativo a parametri che possono essere impiegati in modelli di tipo qualitativo; è bene precisare che non è definibile un metodo unico, valido per ogni applicazione, ma che la parametrizzazione può essere modificata a seconda dello specifico scenario.

- b) *Approcci di tipo quantitativo/modellistico*. I modelli di dispersione sono diffusamente impiegati nelle valutazioni di impatto odorigeno (vedi Cap. 5). La loro applicazione ha necessità di una valutazione dei dati di input più aderente possibile alla realtà (descrizione del sito, delle sorgenti, delle condizioni meteorologiche e delle portate emissive), in modo che la rappresentazione quantitativa della dispersione degli odori in atmosfera sia attendibile. Qualora tali criteri non siano ben esaminati, a causa di rilasci non considerati o accidentali, la simulazione risultante potrebbe mostrare errate conclusioni ed essere affetta da elevata incertezza. Per questa ragione, in caso di impianto esistente, è

conveniente combinare l'uso di modelli previsionali con metodi empirici. In alcuni casi, infatti, i risultati empirici possono essere usati per corroborare o verificare la ragionevolezza delle previsioni.

PARAMETRI PER LA VALUTAZIONE QUALITATIVA		
Potenziale odorigeno della sorgente	Percorso sorgente – recettore	Recettore
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Modalità di rilascio ▪ Tipologia di composti odorigeni emessi ▪ Sgradevolezza dell'odore ▪ Altro..... 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Distanza sorgente – recettore ▪ Frequenza percentuale dei venti in direzione sorgente -recettore ▪ Efficacia dei sistemi di mitigazione nella riduzione del flusso odorigeno ▪ Topografia e orografia ▪ Altro..... 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tipologia di recettore
ESEMPI	ESEMPI	ESEMPI
<p>Potenziale odorigeno elevato</p> <p><u>Estensione:</u> sorgenti diffuse di migliaia di m²</p> <p><u>Tipologia di composti:</u> presenza di sostanze con bassa soglia di percezione (es. mercaptani)</p> <p><u>Sgradevolezza:</u> processi classificati come molto offensivi</p> <p><u>Mitigazione/controllo:</u> fasi del processo condotte all'aperto, assenza di sistemi tecnologici di abbattimento</p>	<p>Effetti di diluizione/dispersione critici</p> <p><u>Distanza:</u> il recettore è adiacente alla sorgente</p> <p><u>Direzione:</u> elevata frequenza percentuale di venti prevalenti in direzione sorgente – recettore</p> <p><u>Efficacia di dispersione</u> – processi o fasi produttive all'aperto (es. vasche, impianti di trattamento con effluenti non coperti, discariche, cumuli di rifiuti o materiale putrescibile)</p>	<p>Recettori molto sensibili:</p> <p>Luoghi in cui è ragionevole aspettarsi un alto livello di vivibilità/comfort, in cui la popolazione è presente in maniera continua o regolare per periodi estesi.</p> <p>Es. aree residenziali, ospedali, scuole, luoghi turistici/culturali.</p>
<p>Potenziale odorigeno medio</p> <p><u>Estensione:</u> sorgenti diffuse di centinaia di m²</p> <p><u>Tipologia di composti:</u> moderatamente odorigeni</p> <p><u>Sgradevolezza:</u> processi classificati come moderatamente offensivi</p> <p><u>Mitigazione/controllo:</u> presenza di alcune misure di contenimento ma presenza di odore residuale</p>	<p>Effetti di diluizione/dispersione mediamente critici</p> <p><u>Distanza:</u> il recettore è nell'area della sorgente</p> <p>La mitigazione fa affidamento su effetti di dispersione/diluizione: es. livelli di emissione elevati e presenza di effetti dovuti agli edifici.</p>	<p>Recettori mediamente sensibili:</p> <p>Luoghi in cui la popolazione non è presente continuamente o regolarmente per periodi estesi.</p> <p>Es. luoghi di lavoro, locali commerciali, aree ricreative.</p>
<p>Potenziale odorigeno basso</p> <p><u>Estensione:</u> sorgenti diffuse di decine di m²</p> <p><u>Tipologia di composti:</u> moderatamente odorigeni con elevate soglie di percezione</p> <p><u>Sgradevolezza:</u> processi classificati come meno offensivi</p> <p><u>Mitigazione/controllo:</u> presenza di efficienti misure di contenimento</p>	<p>Effetti di diluizione/dispersione non critici</p> <p><u>Distanza:</u> il recettore è lontano dalla sorgente</p> <p><u>Direzione:</u> bassa frequenza percentuale di venti in direzione sorgente – recettore</p> <p>La mitigazione fa affidamento su effetti di dispersione/diluizione: le emissioni provengono da sorgenti in quota (camini, ventilazioni da tetti) non sono influenzati dalla presenza di</p>	<p>Recettori poco sensibili:</p> <p>Luoghi in cui vi è un'esposizione transitoria, per un periodo limitato.</p> <p>Es. aree industriali, aziende, strade.</p>

	edifici circostanti.	
--	----------------------	--

Tab. 4 - esempio di parametri per una valutazione di tipo qualitativo

Metodi empirici

Gli strumenti empirici richiedono un monitoraggio dei livelli di odore ambientale presso i recettori prossimi alla sorgente. Le misure empiriche ricadono in due principali categorie:

- a) monitoraggio strumentale (olfattometria dinamica, caratterizzazione chimica, metodi senso-strumentali, monitoraggio di sostanze traccianti);
- b) coinvolgimento della popolazione (field inspections, questionari, sondaggi, segnalazioni) (ved. par. 4.5).

Il monitoraggio in aria ambiente rappresenta, però, un aspetto critico per:

- la natura dell'esposizione all'odore: l'odore può essere percepito su un breve intervallo di tempo (anche pochi secondi) ed in maniera del tutto imprevedibile nell'arco della giornata rendendo necessario il campionamento nel momento di percezione;
- la difficoltà di misura in aria ambiente, data la sensibilità delle tecniche analitiche convenzionali rispetto alle concentrazioni rilevabili in aria ambiente e alla velocità di risposta rispetto ai tempi di respiro del naso umano.

In aggiunta, è bene precisare che non è possibile rilevare, in aria ambiente presso i recettori, livelli di concentrazione espressi come 98° percentile della concentrazione media oraria; questi ultimi, infatti, si riferiscono esclusivamente a stime attraverso strumenti predittivi e non sono rilevabili mediante monitoraggio strumentale.

In tab. 5 è riportato un quadro sintetico dei principali metodi di valutazione con indicazione dei relativi parametri stimati.

Tipologia	Approccio	Strumento		Parametro stimato
Metodi predittivi	Qualitativo	Criteri di esposizione		Indici di disturbo
	Modellistico	Modelli di dispersione atmosferica		Concentrazioni (ou_E/m^3) riferite a un determinato percentile della distribuzione delle frequenze di accadimento stimate (es. 98° percentile)
Metodi empirici	Monitoraggio strumentale	Sensoriale Olfattometria dinamica		Concentrazione di odore (ou_E/m^3) e portata di odore (ou/s)
		Analitico		Concentrazione di singole sostanze chimiche odorigene, traccianti o surrogati dell'odore
		Senso - strumentale Naso elettronico		Impronta olfattiva della miscela odorigena
	Monitoraggio sensoriale	Panel addestrato	Field inspection	Indici di esposizione
		Coinvolgimento attivo della popolazione	Diari di odore o questionari	Indice di accettabilità del disturbo olfattivo (es. ore di percezione di odore (%)/mese)
Sondaggi	% di soggetti infastiditi o che percepiscono molestia			

		Uso passivo della popolazione	Analisi delle segnalazioni	Frequenza delle segnalazioni
--	--	-------------------------------	----------------------------	------------------------------

Tab. 5 - Quadro sintetico dei principali metodi di valutazione

Nella pianificazione della strategia di valutazione di un caso di molestia olfattiva è necessario selezionare gli strumenti ritenuti più idonei al contesto e allo scopo dell'indagine.

Di seguito, si riporta un esempio di approccio semplificato adottabile per l'individuazione della strategia più idonea di valutazione:

- *Step 1 – individuazione dello scopo della valutazione*

In considerazione dello scopo della valutazione, si può distinguere tra:

- a) *impianto in progetto*: non essendo possibile eseguire osservazioni empiriche, la valutazione può essere effettuata attraverso l'uso di strumenti predittivi (uso di riferimenti bibliografici su impianti simili, fattori di emissione, modelli di dispersione);
- b) *impianto esistente*: la valutazione può essere effettuata attraverso una opportuna combinazione tra osservazioni empiriche integrate con modelli predittivi. Infatti, sebbene in questi casi sia possibile l'uso di misure, la valutazione dell'impatto potrebbe avere necessità di numerose osservazioni, nello spazio e nel tempo, approccio raramente praticabile per questioni di pianificazione e di budget. In questi casi, potrebbe essere utile impiegare ulteriori approcci empirici, quali analisi delle segnalazioni, field inspections, uso di questionari o sondaggi.

- *Step 2 – selezione degli strumenti di valutazione più adatti*

Dopo aver individuato lo scopo della valutazione e aver scelto tra l'uso di un approccio unicamente predittivo o integrato con osservazioni empiriche, è necessario selezionare gli strumenti più adatti allo specifico caso, escludendo quelli non idonei o non tecnicamente realizzabili o disponibili.

- *Step 3 – definizione degli strumenti*

Una volta selezionato l'approccio da utilizzare, è necessario pianificare la strategia di indagine al fine di ottenere sufficienti informazioni su cui basare la conclusione di impatto. In casi caratterizzati da elevata complessità o in cui si rilevano fattori caratteristici di un elevato potenziale odorigeno (es. presenza di recettori sensibili vicino ad una fonte di significativa grandezza), è bene ricorrere alla combinazione di diversi strumenti di valutazione, compresi tecniche quantitative.

6.2 Casi applicativi

In Allegato sono riportati casi esemplificativi relativi all'applicazione di approcci integrati per specifici casi di molestia olfattiva, condotti dalle Agenzie Regionali a seguito di ricorrenti segnalazioni di disturbo olfattivo da parte della popolazione.

Ciascuna scheda riporta informazioni sintetiche circa le attività di approfondimento condotte dall'Agenzia e/o dal Gestore in riferimento anche all'eventuale presenza di prescrizioni specifiche nei provvedimenti di autorizzazione per le emissioni odorigene, relative al monitoraggio e/o alla gestione del processo. Per ciascun caso viene riportato l'esito dell'indagine condotta e le eventuali

proposte dell’Agenzia, in caso di conferma della significatività del disturbo e dell’individuazione della sorgente.

Bibliografia

- Institute of Air Quality Management, 2014, *Guidance on the assessment of odour for planning*, UK, London, <http://www.iaqm.co.uk/text/guidance/odour-guidance-2014.pdf>
- Deardorff J. W., 1972a. *Numerical Investigation of Neutral and Unstable Planetary Boundary Layers*, J. Atmospheric Sci., 29, 91–115.
- Deardorff, J. W., 1972b. *Parameterization of the Planetary Boundary Layer for Use in General Circulation Models*, Monthly Weather Rev., 100, 93–106.

7. METODOLOGIE DI ABBATTIMENTO DEGLI ODORI

Il tema dell'abbattimento delle emissioni odorigene è caratterizzato da notevole complessità in quanto è strettamente legato alla conoscenza dei processi, con dettaglio delle specifiche fasi di lavorazione dalle quali le emissioni vengono generate prima di raggiungere, poi, i potenziali recettori. La conoscenza di tali elementi consente di individuare le modalità di controllo o inibizione dell'emissione al fine di prevenire/ridurre le molestie olfattive, mediante l'applicazione di misure di gestione e di tipo ingegneristico adeguate. Si può, quindi, intervenire a vari livelli direttamente sulla sorgente e/o sul percorso di dispersione al recettore al fine di prevenire l'esposizione. Per ridurre l'esposizione e, di conseguenza, l'impatto devono essere impiegate misure di controllo in grado di incidere su queste componenti, come ad esempio la modulazione dell'altezza del camino di espulsione della miscela odorosa, atteso che un camino molto alto determina un maggiore effetto di diluizione e dispersione del pennacchio dalla sorgente al recettore.

In ogni caso, prevenire o controllare le emissioni odorigene alla sorgente rimane il metodo di controllo più diretto, nonostante possa essere difficile da realizzare e molto costoso in presenza di grandi sorgenti diffuse. Le possibili alternative per la prevenzione e il controllo degli odori sono quelle che intervengono su uno o più passaggi della relazione sorgente - percorso - recettore:

- prevenire la formazione delle sostanze maleodoranti nei processi;
- prevenire il trasferimento delle emissioni odorigene da una miscela alla fase gassosa (aria);
- prevenire il rilascio delle emissioni odorigene in atmosfera attraverso la captazione e il successivo trattamento di depurazione;
- limitare il trasporto delle emissioni odorigene dalla sorgente ai recettori;
- influenzare la qualità dell'odore per ridurre la percezione in termini di molestia olfattiva ai recettori;
- assicurare una comunicazione effettiva e trasparente tra il responsabile della sorgente e i recettori esposti per contribuire a ridurre il livello di conflitto e lo stress correlato.

La mitigazione degli odori può essere affrontata secondo tre distinte tipologie d'intervento:

- ✓ metodi palliativi (ad esempio con l'utilizzo di sostanze dotate di odore gradevole, coperture delle sorgenti);
- ✓ metodi preventivi (riduzione preventiva delle emissioni alla fonte, per eliminazione delle sostanze maleodoranti o limitazione delle condizioni che ne favoriscono la formazione ed il rilascio in atmosfera);
- ✓ metodi curativi (captazione e successivo trattamento di depurazione delle emissioni).

Le prime due categorie comprendono alcuni accorgimenti di carattere progettuale e gestionale, talvolta relativamente semplici, ma che possono non dimostrarsi sufficienti e/o economicamente troppo onerosi per la soluzione del problema. La terza prevede l'utilizzo di opportune tecnologie di

trattamento che, rimuovendo l'inquinante dall'aria captata, operano quando l'emissione si è già formata.

7.1 Metodi di controllo degli odori alla sorgente

In generale, le tecnologie per il trattamento delle emissioni odorigene possono essere classificate in tre categorie, in considerazione del principio di azione:

- Fisico: captazione, diluizione, adsorbimento fisico, mascheramento.
- Chimico: assorbimento con reazione chimica, ossidazione, incenerimento.
- Biologico: con bio-scrubber, biotrickling, bio-filtrazione.

7.1.1 Captazione ed estrazione

L'impatto odorigeno prodotto da un processo industriale può derivare dalle emissioni emesse da un camino, eventualmente trattate da un sistema di abbattimento degli odori posto a monte dell'uscita dal camino, da sorgenti diffuse (vasche, cumuli,...) o da sorgenti di fuggitive (perdite derivanti da impianti/edifici, valvole, flange, aperture di ventilazione passiva,...). Assicurare un ambiente ben confinato dell'edificio e minimizzare la concentrazione di odore mediante la copertura o la captazione delle sorgenti interne all'edificio, con successiva estrazione delle sostanze maleodoranti ad un impianto di abbattimento odori, permetterebbe di contenere le emissioni fuggitive. Infatti, le coperture localizzate associate all'estrazione consentirebbero il controllo delle potenziali perdite fuggitive a flussi più bassi di estrazione, comportando apparecchiature di aspirazione e abbattimento più piccole e, quindi, con costi inferiori di investimento e di esercizio. La realizzazione di confinamento e successivo convogliamento e trattamento delle arie esauste, quando tecnicamente possibile, è funzionale alla riduzione delle emissioni derivanti anche da sorgenti diffuse. La verifica del convogliamento delle emissioni odorigene è, peraltro, prevista dall'art. 270 del D. Lgs. 152/06, che ne prescrive, in caso di fattibilità, la captazione ed il convogliamento.

Con il convogliamento a un camino si realizzano il mescolamento e la dispersione in atmosfera con la conseguente riduzione delle ricadute a terra e, quindi, della concentrazione degli odori nelle aree circostanti. Per alcune applicazioni un camino sufficientemente alto fornisce un'adeguata mitigazione dell'odore senza la necessità di un sistema di abbattimento, mentre, in altri casi, è necessario installare a monte del camino un dispositivo di abbattimento, come ad esempio uno scrubber. Studi di modellistica dispersionale hanno infatti dimostrato che emissioni di $500 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ da una superficie libera possono determinare maggiori fastidi per i recettori rispetto a emissioni di $1000 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ da una fonte puntuale collocata a 10-15 m di altezza: pertanto, la pratica corrente raccomanda il ricorso a punti di emissione convogliata per aumentare la dispersione degli odori e minimizzare gli impatti sui recettori (Estrada et al., 2011).

7.1.2 Adsorbimento

L'adsorbimento sfrutta la capacità di una superficie solida, porosa e dotata di elevata area superficiale, denominata adsorbente, di trattenere le sostanze che vengono in contatto con essa rimuovendole, quindi, dalla corrente dell'effluente.

Gli adsorbenti tipici includono:

- *carbone attivo*, l'adsorbente più comunemente impiegato; può essere impregnato, ad es. con ossidanti come il permanganato di potassio o composti di zolfo (migliorando la ritenzione di metalli pesanti);
- *zeoliti*, con proprietà che dipendono dalla loro produzione, che funzionano come semplici setacci molecolari, scambiatori di ioni selettivi o adsorbitori di VOC idrofobi;
- particelle polimeriche macroporose, che vengono utilizzate come granuli o perline, senza essere altamente selettive rispetto ai VOC;
- gel di silice;
- silicati di sodio e alluminio.

Il carbone attivo è generalmente impiegato per gas e vapori organici, per alcuni gas inorganici e per alcuni vapori di metalli ed è efficace in presenza di flussi d'aria abbastanza secca (umidità relativa inferiore a 75-80%) e a temperature inferiori o uguali a 40°C. In caso di temperature alte o di presenza di grassi o di polveri, il flusso deve essere pre-trattato prima di passare attraverso il carbone attivo, perché tali sostanze ne provocherebbero l'intasamento (Department for Environment Food and Rural Affairs – UK, 2010); un'unità di pre-filtrazione va prevista anche in presenza di metalli pesanti o altre specie chimiche che possono indurre fenomeni di avvelenamento.

Il processo di adsorbimento, ai fini della depurazione di un effluente aeriforme, può essere caratterizzato da due distinti parametri:

- *l'efficienza di adsorbimento*
$$E_a = 100 * (VOC_{in} - VOC_{out}) / VOC_{in}$$
- *la capacità operativa*
$$K = (Q_e / W_c) * \int (VOC_{in} - VOC_{out}) dt$$

dove:

E_a = efficienza di adsorbimento (%)

K = capacità operativa (%)

Q_e = portata volumetrica dell'effluente aeriforme (Nm³/h)

VOC_{in} = concentrazione VOC in ingresso al corpo adsorbitore (mg/Nm³)

VOC_{out} = concentrazione VOC in uscita dal corpo adsorbitore (mg/Nm³)

W_c = quantità di carbone attivo presente in fase di adsorbimento (kg)

L'integrale per il calcolo della capacità operativa si intende esteso a tutta la durata del ciclo di adsorbimento; quest'ultimo termina quando il valore è prossimo al limite di emissione. La capacità operativa non deve essere confusa con la capacità di adsorbimento; mentre la prima viene determinata sulla base del limite di emissione definito dalla legislazione vigente, la seconda viene determinata da quella particolare condizione di equilibrio tale per cui la concentrazione di

sostanza in uscita dal letto di carboni è pari alla concentrazione in ingresso; tale condizione è detta saturazione.

Nella pratica operativa, il processo di adsorbimento è influenzato oltre che dal tipo di adsorbente, dalle sostanze da adsorbire, anche da fattori legati alle reali condizioni di processo, quali:

- velocità di attraversamento: l'efficienza di adsorbimento è maggiore per basse velocità;
- tempo di contatto: maggiore è il valore assunto da questo parametro maggiore è l'efficienza di adsorbimento;
- umidità: la presenza di eccessiva umidità nell'effluente aeriforme e la relativa condensazione dell'acqua all'interno del letto adsorbente possono portare ad un fenomeno di competizione nei confronti dell'adsorbimento dei VOC con conseguente perdita di efficienza e riduzione della capacità operativa;
- temperatura: l'incremento della temperatura nell'effluente produce un effetto di incremento della componente di desorbimento. Generalmente si consiglia di non superare i 40°C;
- presenza di sostanze (polveri, sostanze altobollenti, ossidi, ecc...) che non riescono ad essere desorbite, si accumulano nei carboni, provocandone la perdita di efficienza.

Applicazione

La tecnologia dell'adsorbimento è ampiamente utilizzata in moltissimi settori industriali, quali ad esempio industria chimica, trattamento delle superfici con solventi, fonderie, produzione di ferro e acciaio, industria alimentare e trattamento dei rifiuti.

L'impiego del carbone attivo prevede una sostituzione o rigenerazione periodica del letto filtrante.

7.1.3 Scrubbing umido

Lo scrubbing (o assorbimento) umido consiste in un trasferimento di massa tra un gas solubile e un solvente, spesso acqua, in contatto l'uno con l'altro. Tale tecnica è ampiamente usata per la separazione e purificazione di flussi gassosi che contengono alte concentrazioni di VOC, specialmente composti solubili in acqua come alcoli, acetone o formaldeide oppure gas inorganici ammoniaci o acido solfidrico. L'uso dell'assorbimento è soggetto alla disponibilità di un solvente adatto, con un'elevata solubilità per il gas, una bassa pressione di vapore e bassa viscosità.

A seconda degli inquinanti da rimuovere, possono essere impiegati i seguenti liquidi di lavaggio (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector, 2016):

- acqua, per rimuovere solventi e gas come alogenuri di idrogeno o ammoniaci, con l'obiettivo principale di recuperare e riutilizzare questi contaminanti;
- soluzioni alcaline (ad esempio idrossido di sodio e carbonato di sodio), per rimuovere componenti acidi come alogenuri di idrogeno, biossido di zolfo, idrogeno solforato (H_2S), fenoli, cloro;
- soluzioni di ossidazione alcalina, ovvero soluzioni alcaline con ossidanti come ipoclorito di sodio ($NaClO$), biossido di cloro (ClO_2), ozono (O_3) o perossido di idrogeno (H_2O_2);
- soluzioni di idrogeno solfito di sodio per rimuovere l'odore (ad esempio aldeidi);

- soluzioni acide, per rimuovere componenti alcalini, ad es. ammoniacca, ammine e esteri. Il dosaggio dell'acido viene effettuato mediante la regolazione del pH.
- soluzioni di monoetanolamina e dietanolamina, adatte all'assorbimento e al recupero di idrogeno solforato;
- solventi organici con bassa volatilità, ad es. nonano refrigerato per il recupero di COV leggeri come butani e pentani.

Lo scrubbing liquido dei gas per la rimozione degli odori può essere costituito da un processo di assorbimento in un solvente o da un trattamento chimico con un reagente e diventa economicamente conveniente quando le portate dei gas da trattare sono maggiori di 5000 m³/h.

Lo scrubber liquido deve essere progettato in modo da assicurare un intimo contatto tra il gas da trattare e la fase liquida: i principali tipi di apparecchiatura sono costituiti da colonne a riempimento, a piatti, a spruzzi, a letti fluidizzati. È importante raffreddare gli stream di vapori caldi e umidi prima che vengano in contatto con le soluzioni di abbattimento, utilizzando dei condensatori. Risulta inoltre opportuna l'installazione di un demister in testa alla colonna al fine di minimizzare gli effetti di trascinamento della soluzione di lavaggio.

Le soluzioni di assorbimento maggiormente utilizzate sono:

- sodio idrossido ideale per l'assorbimento di solfuro di idrogeno e mercaptani;
- ammine adatte per il solfuro di idrogeno e i gas idrocarburi delle raffinerie;
- cloro, ipoclorito di sodio, permanganato di potassio, ozono o perossido di idrogeno efficaci per l'assorbimento di composti organici insaturi;
- acido solforico diluito usato per l'assorbimento di ammoniacca.

Applicazione

Lo scrubbing umido è ampiamente utilizzato nel settore dell'industria chimica, del trattamento delle superfici, dello stoccaggio e della manipolazione di prodotti chimici e dell'incenerimento dei rifiuti. Il lavaggio acido è comunemente usato nel settore dell'industria chimica e in altri settori come la lavorazione del letame, il compostaggio, il trattamento dei rifiuti, le fonderie. Il lavaggio alcalino è comunemente usato nel settore dell'industria chimica e in altri settori come lo stoccaggio e la manipolazione di prodotti chimici, l'incenerimento di rifiuti, il trattamento dei fanghi e impianti di trattamento delle acque reflue.

Ai fini del controllo dell'efficienza di depurazione, ovvero del grado di saturazione della soluzione di lavaggio, è utile l'installazione di misuratori di pH (per lavaggi acidi e alcalini) o di potenziale red-ox (per i lavaggi ossidanti), al fine di assicurare il corretto dosaggio dei reagenti. Sistemi di allarme acustico-visivi collegati a tali misuratori e/o al sistema di dosaggio della soluzione rappresentano delle valide tecnologie di controllo indiretto dell'efficienza di funzionamento dell'unità depurativa. È da prevedere periodicamente lo smaltimento o la depurazione della soluzione di lavaggio, valutando la possibilità di un suo eventuale recupero nel processo produttivo.

7.1.4 Sistemi biologici di abbattimento

7.1.4.1 Biofiltrazione

La biofiltrazione è il metodo biologico più applicato per la rimozione degli odori. Essa si basa sull'azione degradativa operata da diverse tipologie di microorganismi nei confronti di un ampio

spettro di composti organici ed inorganici presenti nell'effluente gassoso da depurare. Tali microorganismi si sviluppano su un supporto inerte dotato di una grande area superficiale, tale da consentire il contatto tra i gas che attraversano il mezzo ed il film di batteri, adesi alla superficie.

Il processo di biofiltrazione consta di tre stadi:

1. l'inquinante, contenuto nel flusso gassoso da depurare, attraversa l'interfaccia fra il gas di trasporto e il biofilm acquoso che circonda il supporto solido;
2. il composto diffonde attraverso il biofilm in un colonia di microrganismi acclimatati;
3. i microrganismi traggono energia dall'ossidazione del composto utilizzato come substrato primario, oppure lo metabolizzano attraverso vie enzimatiche alternative. Simultaneamente nel biofilm si verifica una diffusione e un consumo di nutrienti (come le forme prontamente disponibili del fosforo e dell'azoto) e di ossigeno.

Il biofilm è l'elemento chiave del sistema di biofiltrazione; il suo spessore è influenzato da differenti fattori quali la velocità di flusso che attraversa il biofiltro, il materiale usato per il letto e la configurazione del sistema di trattamento. Generalmente lo spessore varia da qualche decina di micrometri a più di 1 cm (Mudliar, 2010) nel caso di bioreattori. L'attività microbica aumenta con lo spessore del biofilm fino ad un livello oltre il quale la diffusione dei nutrienti diventa un fattore limitante.

Il letto del biofiltro, fornendo il supporto per la crescita microbica, deve avere le seguenti caratteristiche: elevata area superficiale specifica per lo sviluppo del biofilm microbico e per il trasferimento di massa gas – biofilm, elevata porosità per facilitare una distribuzione omogenea dei gas, una buona capacità di ritenzione idrica, presenza e disponibilità di nutrienti. Cortecce, legno tritato, compost maturo e torba sono i materiali più frequentemente utilizzati nei letti dei biofiltri poiché rispondenti alle caratteristiche elencate ed ampiamente disponibili, a basso costo (Barbusinski, 2017). Il controllo di parametri quali livello di ossigeno, pH, temperatura e umidità è funzionale alla valutazione dell'efficienza di un biofiltro in quanto strettamente correlati all'attività microbica e al suo range ottimale di processo. In particolare, l'umidità condiziona significativamente il metabolismo microbico; condizioni di scarsa umidità possono portare alla cessazione dell'attività biologica nonché al formarsi di zone secche e fessurate in cui l'aria scorre, in vie preferenziali, non trattata. E' buona norma, pertanto, installare in modo omogeneo sulla superficie del biofiltro degli irrigatori ad essa asserviti. Un biofiltro troppo umido provoca, al contrario, elevate contropressioni, problemi di trasferimento di ossigeno al biofilm, creazione di zone anaerobiche, lavaggio di nutrienti dal mezzo filtrante nonché formazione di percolato a basso pH ed alto carico inquinante che necessiterebbe di ulteriori adempimenti per il suo smaltimento. Il contenuto di umidità ottimale del mezzo filtrante è nell'ordine del 40-60%. Il bilanciamento dell'umidità può essere regolato da un umidificatore o da uno scrubber, posti a monte del biofiltro, a volte in combinazione con un inumidimento del materiale filtrante (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector, 2016).

I biofiltri sono molto efficaci nel trattamento di grandi volumi di flussi di aria contenenti basse concentrazioni di VOC o odoranti.

I biofiltri possono essere progettati secondo due configurazioni (Barbusinski 2017; Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector, 2016):

- biofiltri aperti (Fig. 17), in cui la parte superiore è in diretto contatto con l'atmosfera. Tali configurazioni richiedono grandi superfici e sono esposti agli agenti atmosferici che possono influenzare le condizioni del letto filtrante (troppo umido dopo precipitazioni eccessive o troppo secco dopo periodi estremamente soleggiati);
- biofiltri chiusi (Fig. 18), installati in camere chiuse in cui i parametri di processo possono essere più facilmente controllati e monitorati.

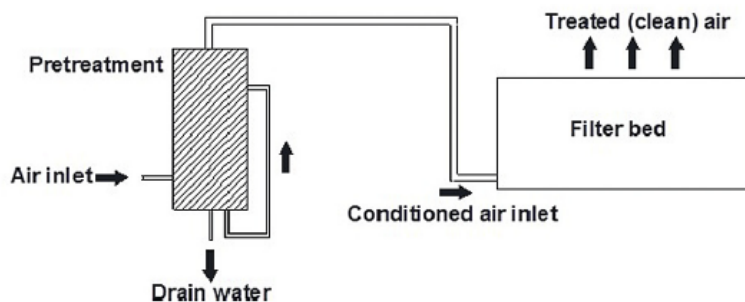


Fig. 17 – rappresentazione schematica di un biofiltro aperto (Kennes and Veiga, 2001)

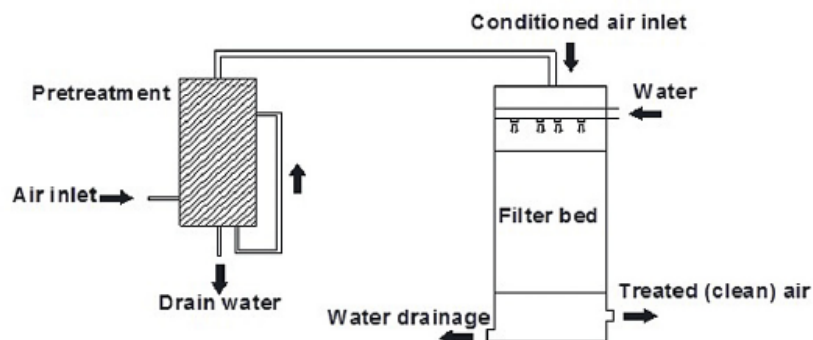


Fig. 18 – rappresentazione schematica di un biofiltro chiuso (Kennes and Veiga, 2001)

Nella maggior parte delle applicazioni sono utilizzati biofiltri aperti, in quanto meno costosi ma anche meno efficienti e maggiormente soggetti alla sostituzione delle parti strutturali; in alcuni casi, quindi, potrebbero essere preferiti biofiltri chiusi (Barbusinski, 2017; Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector, 2016).

Applicazione

La tecnologia della biofiltrazione trova applicazione in un range di industrie che generano emissioni odorigene di tipo organico come gli impianti di trattamento delle acque reflue, gli impianti di compostaggio, l'industria di produzione di mangimi per animali e gli allevamenti intensivi. I biofiltri sono molto versatili, possono andare da piccole installazioni per il compost a impianti completamente chiusi dotati di sofisticati controlli e sensori.

E' utile una verifica dell'efficienza depurativa attraverso misure condotte a monte e a valle dell'unità depurativa. E' auspicabile che l'atto autorizzativo espliciti in maniera inequivocabile i range di funzionamento delle principali variabili di processo (umidità, temperatura, altezza del

letto biologico), e che richieda una valutazione del profilo di velocità dell'effluente gassoso determinato sull'intera superficie del biofiltro, al fine di dimostrare l'assenza di circuiti preferenziali che potrebbero penalizzare in maniera significativa l'efficienza depurativa. A tal scopo, occorre garantire che la media dei valori di velocità acquisiti in ogni settore di campionamento (sub aree) moltiplicata per la superficie totale del biofiltro, non si discosti dal valore di portata misurata a monte del biofiltro per un valore maggiore del 20% (DGR n. 7/12764 del 16 aprile 2003, della Regione Lombardia).

7.1.4.2 Biotrickling

Il biotrickling individua un sistema biologico di trattamento di tipo avanzato, in grado di trattare efficacemente inquinanti facilmente solubili in acqua e biodegradabili, come mostrato in Tab. 6 (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector, 2016). Nel sistema di biotrickling, il gas attraversa un materiale di supporto, continuamente irrigato con una soluzione acquosa contenente nutrienti essenziali necessari alla crescita dei microorganismi nel biofilm. Gli inquinanti sono inizialmente assorbiti dalla fase acquosa che circonda il biofilm e successivamente degradati all'interno del biofilm. Il materiale di supporto ha il compito di facilitare il passaggio dei flussi di gas e di liquido e favorire lo sviluppo della microflora; sono da preferire materiali caratterizzati da elevata porosità e area superficiale, alta stabilità chimica, basso peso, resistenza a fenomeni di rottura o compattazione (Barbusinski, 2017). Per lo scopo, sono indicati materiali inerti come resine, ceramiche, poliuretano, materiale siliceo/calcareo (lapilli, gusci di mitili, ecc.). In Fig. 19 è riportata una rappresentazione schematica della trattamento mediante biotrickling. Un inconveniente di questa tecnologia è legato alla necessità di trasferimento degli inquinanti gassosi nella fase acquosa; si ritiene che il biotrickling sia adatto ai casi di trattamento degli odori caratterizzate da un Coefficiente di Henry dell'ordine di 1 o meno (Waweru, 2006; Fortuny, 2011). Per alcuni inquinanti, il tasso di dissoluzione può essere potenziato con l'aggiunta di tensioattivo alla soluzione nutritiva (Wang, 2014). Inoltre, un'eccessiva crescita del biofilm può portare a locali intasamenti che possono generare flussi preferenziali e causare un'eccessiva caduta di pressione, determinando il peggioramento delle dimensioni della superficie di scambio e quindi delle prestazioni del filtro.

Analogamente alla biofiltrazione, la concentrazione di nutrienti, la temperatura e la disponibilità di ossigeno possono influenzare l'efficienza del processo. Di norma, l'intervallo di temperatura di funzionamento si colloca tra 10°C e 40°C, caratteristico della crescita dei microrganismi mesofili.

Il funzionamento del biotrickling, seppur più complesso di quello dei biofiltri, risulta più efficace specialmente per il trattamento di composti difficili da degradare o di composti che generano sottoprodotti acidi, come H₂S.

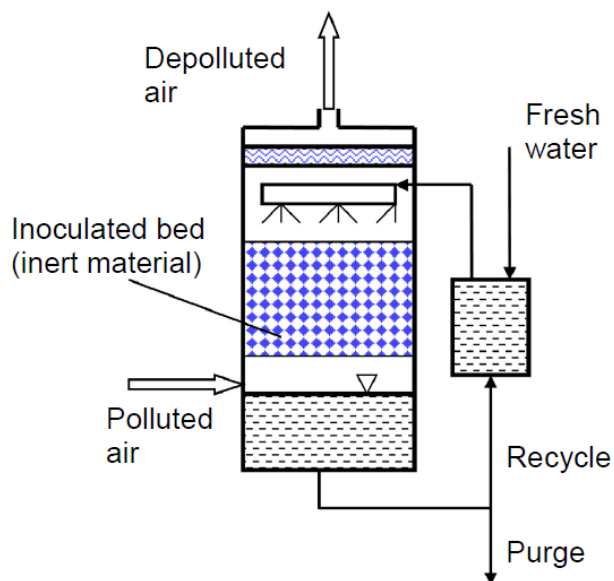


Fig. 19 – Rappresentazione schematica del sistema biotrickling (Delhomenie and Heitz, 2005)

Adatto	Generalmente adatto	Non adatto
Alcoli (metanolo, etanolo, butanolo, glicole, diglicole, butil glicole) Aldeidi e chetoni (formaldeide, acetaldeide, acetone, metil isobutil chetone) Acidi carbossilici e loro esteri (acido acetico, acido propionico, acido butirrico, n-butil acetato, etil acetato, metil metacrilato) Fenoli (fenolo, cresolo) Mercaptani Composti azotati (ammine, ammoniaca, composti eterociclici dell'azoto) Diclorometano, 1,2-dicloroetano, clorofenoli Idrogeno solforato	Stirene, naftalene Composti eterociclici dello zolfo Disolfuro di carbonio Tricloroetene, vinil cloruro	Idrocarburi alifatici (metano, pentano) Percloroetene 1,1,1-tricloroetano

Tab. 6 – Applicabilità del biotrickling ai diversi gruppi di composti (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector, 2016)

7.1.4.3 Bioscrubber

Il bioscrubbing consiste nella separazione fisica o assorbimento delle sostanze odorigene in fase liquida in un'unità di assorbimento, seguita dal trattamento biologico in un bioreattore a fase liquida. Il riciclo dell'effluente dal bioreattore alla sommità dell'unità di assorbimento assicura un'efficace rimozione degli inquinanti altamente solubili. La rimozione dei composti odorigeni nei bioscrubber, quindi, coinvolge i seguenti meccanismi fisici e biochimici (Barbusinski, 2017):

- assorbimento: i composti odorigeni sono trasferiti dalla fase gas a quella acquosa; l'entità del trasferimento di massa dipende dall'area superficiale di contatto, dal tempo di contatto e dal coefficiente di diffusività;
- biodegradazione o biotrasformazione: microorganismi attivi (eterotrofi o autotrofi) presenti nel bioreattore convertono gli inquinanti contenuti nella fase acquosa; la microflora eterotrofa necessita di una sorgente di carbonio organico per fornire energia e carbonio per la crescita e la sintesi cellulare, gli organismi autotrofi ottengono carbonio dall'anidride carbonica presente nel flusso di aria e l'ossidazione del solfuro o a solfato o a zolfo elementare fornisce energia per la crescita e la respirazione cellulare.

Nell'unità di assorbimento avviene il contatto liquido – gas in condizioni che favoriscono il trasferimento di massa degli inquinanti dalla fase gas al mezzo acquoso. Gli assorbitori a torri impaccate o a spray sono i più adatti per il bioscrubbing poiché le efficienze di eliminazione per gli inquinanti meno solubili in acqua sono più elevate rispetto ad altre tipologie di assorbitori.

Nel bioreattore, invece, avviene la degradazione dell'inquinante contenuto nell'effluente acquoso dell'assorbitore; sotto continua aerazione, l'inquinante è convertito dai microorganismi attivi in CO₂, H₂O e biomassa. L'effluente del bioreattore è ricircolato e riusato nell'assorbitore. Il controllo del pH e della temperatura sono pre-requisiti essenziali per soddisfare elevate efficienze di rimozione ed evitare effetti inibitori. Una rappresentazione schematica del funzionamento di un'unità di bioscrubber è presentata in Fig. 20.

I bioscrubber offrono stabilità operativa, cadute di pressione relativamente basse e controllo efficiente dei parametri di processo quali pH e dosaggio dei nutrienti. In confronto con la tecnologia biotrickling, il rischio di intasamento del materiale di supporto a causa della crescita di biomassa è evitato, possono essere trattate elevate portate di gas ed elevate concentrazioni di inquinanti e, data la rimozione dei prodotti di reazione ad opera del lavaggio, le concentrazioni di sottoprodotti tossici generati nel reattore sono contenute. Inoltre, rispetto alla convenzionale biofiltrazione e biotrickling, i bioscrubber offrono il vantaggio di produrre e sostenere una più grande quantità di biomassa microbica in un'unità di processo più compatta. Tra gli svantaggi dei bioscrubber, si possono riconoscere la produzione di rifiuti liquidi e il rischio di eccesso di produzione di fango. Inoltre, poiché il tempo di residenza degli inquinanti gassosi nell'unità di assorbimento è breve, il bioscrubbing è meno adatto per composti meno solubili in acqua (Tab. 7).

Applicazione

I bioscrubber trovano applicazione nell'industria chimica e petrolchimica e negli impianti di depurazione dei reflui (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector, 2016).

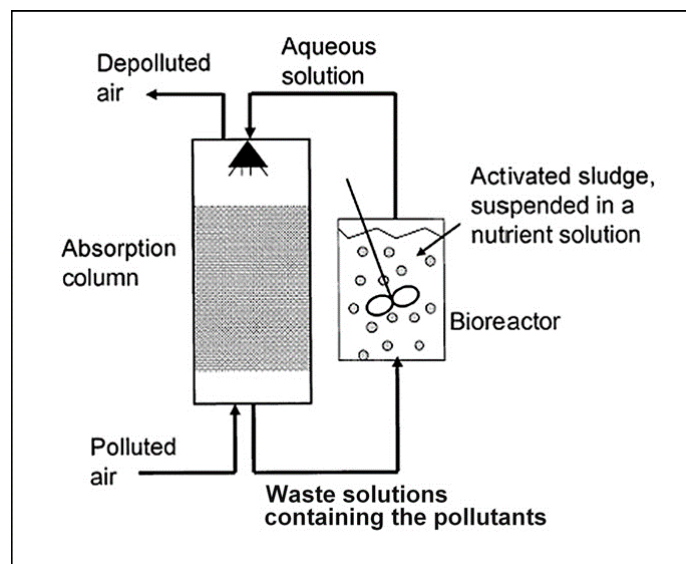


Fig. 20 – Rappresentazione schematica del funzionamento di un'unità di bioscrubber (Mudliar, 2010)

Adatto	Generalmente adatto	Non adatto
Alcoli (metanolo, etanolo, butanolo, glicole, diglicole, butil glicole) Aldeidi e chetoni (formaldeide, acetaldeide, acetone, metil isobutil chetone, metil etil chetone) Acidi carbossilici e loro esteri (EDTA, acido acetico, acido propionico, acido butirrico, <i>n</i> -butil acetato, etil acetato, metil metacrilato, estere dell'acido glicolico) Fenoli (fenolo, cresolo) Mercaptani Ammine Composti eterociclici dello zolfo e dell'azoto Clorofenoli Idrogeno solforato	Naftalene Tioeteri Ammoniaca	Idrocarburi alifatici (metano, pentano, esano, idrocarburi a lunga catena, acetilene, cicloesano, ecc...) Idrocarburi aromatici (benzene, toluene, xylene, stirene), eccetto naftalene Eteri (tetraidrofurano, dietil etere, diossano) Disolfuro di carbonio Composti dell'azoto Idrocarburi alogenati (diclorometano, tricloroetene, percloroetene, 1,1,1-tricloroetano, dicloruro di etilene, vinil cloruro), eccetto clorofenoli

Tab. 7 – Applicabilità del bioscrubber ai diversi gruppi di composti (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector, 2016)

Di seguito si riporta un confronto tra i diversi sistemi biologici di abbattimento descritti (Tab. 8):

SISTEMI BIOLOGICI DI ABBATTIMENTO			
	Biofiltrazione	Biotrickling	Bioscrubber
Vantaggi	<ul style="list-style-type: none"> • Costi bassi di investimento e manutenzione • In combinazione con adsorbimento e assorbimento, adatto anche a composti difficilmente solubili • Elevata efficienza per composti biodegradabili, es. odorigeni • Bassa produzione di acqua di percolazione e materiale di rifiuto 	<ul style="list-style-type: none"> • Costi medi di investimento e manutenzione • Adatto per medie concentrazioni di composti acidificanti che contengono zolfo, cloro e azoto • Bassa caduta di pressione • Costruzione compatta • Basso consumo di energia e quindi emissioni CO₂ limitate • Limitato uso di additivi • Rimozione efficace in caso di picchi discontinui della concentrazione degli inquinanti • Migliore affidabilità di un biofiltro 	<ul style="list-style-type: none"> • Elevate concentrazioni di composti facilmente degradabili possono essere ridotte grazie all'azione microbica • Elevate concentrazioni di composti contenenti zolfo, cloro e/o azoto possono essere ridotte controllando il pH • I picchi emissivi possono essere meglio controllati che con un biofiltro o con biotrickling
Svantaggi	<ul style="list-style-type: none"> • Sostituzione del letto filtrante ogni 2-5 anni • Strutture voluminose • Rimozione non efficace in caso di picchi discontinui della concentrazione degli inquinanti • Rischio di intasamento del letto a causa di materiale particolato • Controllo dell'umidità e pH 	<ul style="list-style-type: none"> • I composti scarsamente solubili sono più difficili da eliminare • Dosi elevate di nutrienti, per il trattamento di elevate concentrazioni di inquinante, possono portare all'intasamento del letto a causa della crescita della biomassa • Più complesso da costruire rispetto a un biofiltro 	<ul style="list-style-type: none"> • La biomassa che si accumula deve essere smaltita come rifiuto poichè può causare il blocco dell'acqua di ricircolo • Adatto principalmente per composti facilmente solubili • I composti devono essere biodegradabili • Le fluttuazioni, ad es. il cambiamento delle concentrazioni e dei flussi di

	<ul style="list-style-type: none"> • Consumo energetico elevato nei casi in cui è necessario il raffreddamento del flusso di gas 	<ul style="list-style-type: none"> • Il materiale di scarto prodotto necessita di trattamento 	<ul style="list-style-type: none"> gas hanno un impatto significativo sulle prestazioni • L'acqua di percolamento deve essere trattata
--	---	--	--

Tab. 8 – Confronto tra i sistemi biologici di abbattimento (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector, 2016)

7.1.5 Ozono e ultravioletti (UV)

L'ozono è un agente ossidante economico e conveniente che può reagire con un esteso range di sostanze maleodoranti come alcheni, ammine e composti organici solforati, producendo composti non odorigeni. Esistono diversi trattamenti alternativi ma il più comune e conveniente è quello dell'iniezione diretta di ozono generato sul posto da scariche elettriche controllate. Una modalità di azione simile a quella dell'ozono è quella esercitata dai raggi UV. Le possibili applicazioni dovrebbero essere valutate utilizzando un impianto pilota o l'esperienza ricavata da applicazioni simili, perché queste tecnologie non sono risultate altrettanto efficaci di quelle precedentemente descritte.

I vantaggi dell'ozono sono costituiti dalla semplicità e robustezza della tecnologia, dai bassi costi di esercizio (il fabbisogno di energia per la ventilazione è inferiore del 15-20% rispetto a quello richiesto da sistemi a biofiltro equivalenti), dall'adattabilità a vari flussi di ventilazione.

Le principali limitazioni sono dovute al lungo tempo di residenza dell'aria; alla natura altamente corrosiva dell'ozono; ai problemi di salute e sicurezza legati all'ozono, che è un gas tossico; alla possibile persistenza di odori pungenti da parte dell'ozono non reagito e agli effetti dell'ossidazione selettiva, che è molto efficace con alcuni gruppi di sostanze maleodoranti come alcheni, ammine e composti organici solforati, ma non lo è altrettanto con altri gruppi, quali chetoni, acidi carbossilici e esteri.

7.1.6 Ossidazione termica

L'ossidazione termica è il processo di ossidazione controllata dei gas combustibili e degli odoranti mediante riscaldamento con aria o ossigeno in una camera di combustione, nella quale è mantenuta una temperatura elevata per un tempo di contatto sufficiente a completare la combustione ad anidride carbonica e acqua. A seconda del contenuto inquinante del gas da trattare e delle condizioni operative dell'ossidatore termico, altri gas inquinanti possono essere presenti nei gas di scarico trattati come CO, HCl, HF, HBr, HI, NO_x, SO₂, COV, PCDD/PCDF, PCB e metalli pesanti. Quindi, a seconda della composizione del gas, può essere richiesto un trattamento a monte o un trattamento a valle aggiuntivo (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector, 2016).

L'ossidazione termica è particolarmente utile in presenza di sostanze con bassa solubilità in acqua, come i flussi gassosi contenenti oli minerali. I costi di investimento sono elevati e diventano sostenibili solo in combinazione con sistemi di recupero del calore.

L'ossidazione termica rigenerativa, in questo ambito, svolge un ruolo fondamentale.

In queste unità impiantistiche, il recupero dell'energia termica avviene al proprio interno attraverso l'utilizzo di letti ceramici aventi la funzione di volano termico, in grado di ricevere dal gas, accumulare e restituire al gas stesso calore utile alla sua combustione. Le moderne soluzioni prevedono un numero dispari di camere rigenerative, all'interno delle quali sono collocati i letti ceramici, che lavorano alternativamente al fine di contenere gli spot emissivi generati dalla commutazione del flusso gassoso (in una camera avviene il preriscaldamento, in un'altra l'ossidazione, nella terza lo scarico). Particolare importanza, quindi, deve essere prestata alla fase di valutazione progettuale, alla verifica del tempo di contatto alla temperatura di ossidazione prescritta in autorizzazione, nonché al posizionamento della termocoppia impiegata per la sua misura, in quanto elemento condizionante tutto il percorso di valutazione progettuale.

Variabili da monitorare: temperatura di ossidazione, funzionamento delle valvole di commutazione, temperatura dei letti ceramici.

7.1.7 Ossidazione catalitica

L'ossidazione catalitica opera in maniera simile all'ossidazione termica, ovvero sviluppa reazioni di ossidazione senza il raggiungimento delle temperature tipiche dell'ossidazione termica. Il gas passa attraverso un letto catalitico (letto fisso o letto fluido), con lo scopo di aumentare la resa di reazione di ossidazione, riducendo la temperatura richiesta per la conversione e permettendo di ridurre il volume dell'ossidatore. I catalizzatori utilizzati per l'ossidazione dei VOC sono tipicamente metalli preziosi quali platino, palladio e rodio su materiale ceramico ma possono essere impiegati anche gli ossidi basici di altri metalli, come il vanadio pentossido, il biossido di titanio o il biossido di manganese. La vita utile di un catalizzatore è di due o più anni, al termine della quale il catalizzatore deve essere rigenerato o smaltito.

E' in genere prevista un'unità di preriscaldamento per raggiungere la temperatura di ossidazione catalitica.

Tale tecnologia trova applicazione nel settore dell'industria chimica (ad esempio produzione di prodotti chimici organici, gomme, polimeri, polietilene, polistirolo e resine poliesteri), nonché in altri settori come l'industria della cellulosa e della carta.

Variabili da controllare o considerare nel controllo del processo: differenza di temperatura monte valle dell'unità (le reazioni di ossidazione sono esotermiche), tempi di contatto, perdite di carico del letto, velocità spaziale (intesa come il rapporto tra la portata di gas da trattare e il volume di catalizzatore: valori più consueti compresi tra 5.000 e 20.000 h⁻¹).

E' inoltre da considerare la formazione di ossidi azoto in caso di presenza di molecole azotate nel gas grezzo (ad es. processi di tostatura del caffè) o di ossidi di zolfo per la presenza di sostanze solforate nel gas grezzo. E' inoltre da prevenire l'esaurimento del catalizzatore per avvelenamento e/o per shock termici.

7.1.8 Neutralizzazione degli odori

Esiste sul mercato una vasta gamma di prodotti brevettati per neutralizzare o mascherare gli odori attraverso nebulizzazione di una soluzione del prodotto nell'aria ambiente da trattare. Tali prodotti agiscono in modo tale da ridurre la risposta del naso umano alla molestia olfattiva, riducendo l'intensità dell'odore percepita o rendendolo più gradevole. Poiché molti prodotti sono

dotati di un loro “profumo” o comunque di un odore artificiale, possono contribuire a causare molestia olfattiva se usati a concentrazione troppo alta e/o in prossimità dei recettori. Ad oggi, non vi è ancora una oggettiva evidenza della loro effettiva efficacia ma possono essere di ausilio nel controllare l’impatto dell’odore soprattutto nell’industria che tratta i rifiuti organici.

7.2 Interventi di controllo e mitigazione delle emissioni odorigene per specifiche tipologie di impianti

L’applicazione della tecnologia di abbattimento ottimale per una specifica attività produttiva deve essere tale da conciliare:

- le specifiche operative, in termini di concentrazione degli inquinanti e portata da trattare,
- le efficienze di abbattimento desiderate nell’ottica di rispettare i limiti emissivi,
- i costi di acquisto e gestione dei sistemi.

In particolare, nella scelta della tecnologia da implementare è opportuno prendere in considerazione i seguenti parametri:

- la portata di odore delle emissioni;
- la concentrazione degli inquinanti odorigeni;
- le proprietà fisiche e chimiche delle molecole odorose, quali solubilità, acidità, basicità, polarità, adsorbibilità, biodegradabilità;
- l'efficienza di riduzione e la sua variazione nel tempo (specialmente quando vengono usati i catalizzatori);
- la generazione di inquinanti secondari;
- i consumi energetici;
- i limiti tecnici di impiego (ad es. temperatura, concentrazione massima degli inquinanti, contenuto di umidità);
- le necessità di spazio;
- i requisiti operativi e di manutenzione;
- i costi.

In aggiunta all’applicazione di specifiche tecnologie di abbattimento, la mitigazione e la riduzione delle emissioni può essere conseguita anche attraverso procedure di tipo gestionale che prevedono una stringente conoscenza della peculiarità del processo produttivo e delle sue sorgenti emissive. Infatti, nei documenti di riferimento, elaborati per l’individuazione delle Best Available Technologies (BAT), accanto all’identificazione delle tecnologie, cosiddette “end-of-pipe”, vengono opportunamente descritte buone pratiche di gestione e accorgimenti di tipo impiantistico.

Poiché i processi produttivi, potenzialmente in grado di generare emissioni odorigene, sono estremamente eterogenei, in questa sezione sarà effettuato un approfondimento sui possibili interventi di controllo e mitigazione relativamente ad alcune tipologie di attività, ritenute le più diffuse e per le quali esistono apposite documenti di riferimento: in particolare, impianti di trattamento di acque reflue, allevamenti intensivi, industria della raffinazione, impianti di trattamento dei rifiuti e discariche.

È bene sottolineare che, al di là delle singole peculiarità, i documenti di riferimento (BREF) per le differenti tipologie di impianto, indicano, in maniera generale per tutte, la necessità di una predisposizione, attuazione e riesame regolare, nell'ambito del piano di gestione ambientale, di un piano di gestione degli odori, quale BAT per la riduzione delle emissioni odorigene nonché per il loro controllo. Tale piano di gestione degli odori deve includere i seguenti elementi:

- un protocollo contenente le azioni appropriate e il relativo crono-programma;
- un protocollo per il monitoraggio degli odori;
- un protocollo delle misure da adottare in caso di odori molesti identificati;
- un programma di prevenzione ed eliminazione degli odori, teso ad identificarne la/e sorgente/i, monitorare le emissioni di odori, caratterizzare i contributi delle sorgenti e applicare misure di eliminazione e/o riduzione;
- un riesame degli eventi odorigeni e delle azioni correttive nonché la diffusione di conoscenze in merito a tali incidenti.

7.2.1 Impianti di trattamento delle acque reflue

La produzione di odori molesti negli impianti di trattamento dei reflui può essere influenzata da diversi fattori, quali composizione delle acque reflue, metodi e condizioni di trattamento (ad esempio temperatura, pH, tempo di ritenzione). Lo sviluppo di sostanze maleodoranti è quasi sempre da imputarsi a condizioni di anossia/anaerobiosi nelle fasi di trattamento: tale eventualità può essere una caratteristica intrinseca del processo o derivare da problemi di progettazione e conduzione dell'impianto (Lewkowska, 2016). Generalmente, le emissioni più rilevanti si verificano nei punti di raccolta e stoccaggio di materiali a forte carico organico (grigliatura, pozzetti di estrazione dei fanghi), nelle fasi caratterizzate da tempi di permanenza prolungati (ispessitori di fanghi freschi, digestori), nelle unità di processo nelle quali sono facilitati i fenomeni di volatilizzazione (pre-aerazione, disidratazione e trattamenti termici dei fanghi). Di seguito si riportano indicazioni sulle principali criticità per le diverse fasi di trattamento:

Pre-trattamenti

- Sollevamento iniziale: l'utilizzo di sistemi (come ad esempio le coclee) con elevata turbolenza costituisce un punto critico di rilascio di composti organici volatili; se i collettori verso l'impianto di depurazione sono caratterizzati da lunghi tempi di percorrenza e scarsi tassi di aerazione è possibile che durante il trasporto si verifichino condizioni di anossia, con produzione di H₂S, ammoniaca e altri composti derivanti dalla degradazione anossica o anaerobica.
- Scarico bottini e autobotti: tale sezione costituisce un punto critico di rilascio di VOC, H₂S, ammoniaca e altri composti derivanti dalla degradazione anossica o anaerobica.
- Grigliatura: trattandosi di un refluo non ancora stabilizzato si possono avere elevate emissioni di VOC.
- Dissabbiatura: trattandosi di un refluo non ancora stabilizzato si possono avere elevate emissioni di VOC.
- Equalizzazione: in caso di vasca di equalizzazione aerata, le problematiche odorigene sono, di norma, limitate, sebbene l'insufflaggio di aria possa determinare lo strippaggio dei

composti contenuti nel refluo; in caso di vasca non aerata, in funzione dei tempi di residenza, vi è il rischio di sviluppo di condizioni anossiche con produzione di H₂S, ammoniaca e altri composti.

Trattamento primario

- Sedimentazione primaria: trattandosi di un refluo non ancora stabilizzato, con presenza di elevate masse organiche e di bacini con superficie libera ampia, sebbene scarsamente movimentati, si possono avere elevate emissioni di VOC.

Trattamento secondario

- Vasca a fanghi attivi: se l'impianto è correttamente gestito, le emissioni olfattive sono ridotte; l'emissione non è comunque completamente trascurabile, sia per le elevate superfici libere dei bacini, sia per lo strippaggio dei composti presenti nel refluo in ingresso per effetto dell'aerazione; tale sezione è, inoltre, la maggiore responsabile di emissioni di N₂O, poiché vi avvengono i processi di rimozione biologica dell'azoto.
- Sedimentazione secondaria: trattandosi di un refluo già stabilizzato e di bacini scarsamente movimentati, nonostante la superficie libera sia ampia, le emissioni dovrebbero essere ridotte.

Trattamenti terziari

- Esistono vari tipi di trattamento terziario; in linea di massima, in tali sezioni non dovrebbero registrarsi criticità olfattive; emissioni olfattive potrebbero essere legate a un sovradosaggio di composti per la disinfezione (ad es. cloro).

Linea fanghi

- Ispessimento: il fango prodotto nei trattamenti della linea acque viene concentrato negli ispessitori; le emissioni di VOC sono notevoli soprattutto nel caso di pre-ispessimento perché il fango contiene una significativa porzione di fango non stabilizzato (soprattutto primario).
- Digestione anaerobica: con tale processo si producono CH₄, ammoniaca e H₂S; i reattori sono chiusi e le emissioni dovrebbero essere ridotte se l'impianto dispone di un adeguato sistema di raccolta e convogliamento del biogas prodotto, che dovrebbe essere depurato e riutilizzato per recupero energetico; poiché spesso tale gas viene semplicemente sfiatato e bruciato in torce, il contributo emissivo può essere rilevante (composti odoriferi e gas serra).
- Digestione aerobica: se l'aerazione è sufficiente, tale processo dovrebbe determinare una minore produzione di composti odoriferi rispetto alla digestione anaerobica.
- Disidratazione: il processo riguarda fango già stabilizzato; tuttavia, il fango può contenere residui di composti odoriferi della digestione e la movimentazione (ad es. in centrifughe) può essere responsabile di emissioni elevate di VOC.

Al fine di ridurre al minimo le emissioni di odore in un impianto di trattamento delle acque reflue possono essere operate le seguenti misure tecnico – gestionali (Commission Implementing Decision (EU) 2016/902):

- minimizzare il tempo di permanenza delle acque reflue e dei fanghi nei sistemi di raccolta e stoccaggio, in particolare in condizioni anaerobiche;
- utilizzare sostanze chimiche per eliminare o ridurre la formazione di composti odorosi (ad esempio ossidazione o precipitazione di idrogeno solforato);
- ottimizzare il trattamento aerobico, ad es. attraverso il controllo del contenuto di ossigeno, la manutenzione frequente del sistema di aerazione, l'uso di ossigeno puro e/o la rimozione di schiuma nei serbatoi;
- dotare di coperture le strutture per la raccolta e il trattamento delle acque reflue e dei fanghi, in modo da raccogliere e successivamente trattare la relativa aria esausta odorigena;
- utilizzare le tecnologie di trattamento "end-of-pipe".

Il progettista dovrebbe prevedere delle misure di rimozione ad hoc anche prima dell'invio all'impianto di depurazione. Come misure preventive, infatti, si deve minimizzare il tempo di residenza nelle stazioni di pompaggio ed evitare l'uso di sifoni e lunghi tratti di condotti a circolazione forzata, in modo tale da prevenire la deposizione di solidi sospesi. Per nuovi impianti di trattamento reflui, il progettista dovrebbe eliminare le cosiddette "zone morte" dove i solidi si possono accumulare, favorendo la turbolenza (ad esempio mediante insufflazione d'aria) e ponendo attenzione alla progettazione del sistema di collettamento. La progettazione dei sistemi di collettamento ha un ruolo fondamentale nella produzione e nel rilascio degli odori: i fattori da tenere in considerazione sono costituiti dalla pendenza delle condotte, dalle strutture di transizione, dai passi d'uomo, dalla prossimità al recettore, dai sifoni invertiti (da evitare) e dalle condotte forzate. In genere, risulta necessario fornire al refluo da trasportare un'energia per unità di volume tale da assicurare il mantenimento dei solidi sospesi totali in movimento, ma dovrebbe essere evitata l'eccessiva aerazione che potrebbe determinare la generazione di odore dovuta alla troppa turbolenza, a causa dell'effetto di strippaggio. Tuttavia, il fattore turbolenza incide anche sul trasferimento di massa dei solfuri dalla fase liquida a quella gassosa (aria), per cui risulta fondamentale ottimizzare la turbolenza liquida in modo da minimizzare il trasferimento di solfuri dalla fase liquida all'aria, tenendo conto delle seguenti misure in fase di progettazione:

- minimizzare le differenze di elevazione dove ci sono correnti convergenti;
- introdurre correnti collaterali al di sotto del pelo libero;
- evitare eccessiva o non necessaria aerazione;
- evitare l'uso di dispositivi di sollevamento a "coclea" su correnti liquide odorigene.

In Tabella 10 si riportano schematicamente alcune indicazioni gestionali, utili per la riduzione delle emissioni odorigene dalle varie fasi di trattamento (Linee guida Arpa Puglia).

Fase di trattamento	Intervento
<i>Intero impianto</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Effettuare possibilmente interventi di manutenzione programmata (a rischio emissioni odorogene) in condizioni ottimali (orari selezionati in funzione della valutazione dei dati meteo: temperature dell'aria, direzione e intensità vento, regime barico, previsione attesa).
<i>Sollevaramento</i>	<ul style="list-style-type: none"> • In caso di reflui che provengono da zone lontane dal depuratore e che subiscono diversi sollevamenti e/o rilanci intermedi, intervenire sulla modalità (frequenza) di funzionamento delle pompe, in modo da minimizzare i tempi di ristagno.
<i>Grigliatura</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Lavare con frequenza le macchine deputate alla grigliatura (griglie, rotostacci,...) con acqua contenente una minima quantità di cloro attivo. • Raccogliere il grigliato/vaglio all'interno di appositi sacchi che presentano una struttura porosa, in modo da consentire il deflusso e la raccolta dell'acqua percolante evitando la diffusione di aria odorosa. • Assicurare la chiusura dei cassonetti di raccolta del grigliato tra un carico e il successivo. • Allontanare il materiale con la massima frequenza.
<i>Dissabbiatura/ disoleatura</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Allontanare il materiale con la massima frequenza.
<i>Equalizzazione</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenere il refluo in condizioni aerobiche assicurando un'aerazione sufficiente.
<i>Sedimentazione primaria</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Garantire l'efficienza del sistema di raccolta ed eliminazione del materiale galleggiante. • Garantire la pulizia della canaletta di raccolta dell'effluente. • Estrarre il fango regolarmente per limitare i tempi di permanenza ed evitare lo sviluppo di condizioni anaerobiche.
<i>Ossidazione biologica</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Assicurare una sufficiente aerazione, utilizzando sistemi di controllo tali da garantire che la concentrazione di ossigeno disciolto sia compreso tra 1,5 mg/l e 3 mg/l.
<i>Ispessimento a gravità</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Regolare la frequenza di estrazione del fango in modo che la concentrazione dei solidi non sia al di sotto del valore di progetto (indicativamente 3-4%).
<i>Ispessimento meccanico</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Effettuare il lavaggio della macchina con acqua al termine dell'utilizzo giornaliero.
<i>Stabilizzazione aerobica</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Assicurare le condizioni di processo (età del fango, ossigeno disciolto) che garantiscano un rapporto SV/ST < 0,65 (valore indicativo). • Mantenere una concentrazione minima di ossigeno disciolto pari a 1 mg/l.
<i>Stabilizzazione anaerobica</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Assicurare le condizioni di processo (età del fango, temperatura, pH, alcalinità, ecc.) che garantiscano un rapporto SV/ST < 0,65 (valore indicativo), accompagnato da una idonea produzione di biogas.
<i>Disidratazione meccanica</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Effettuare il lavaggio della macchina con acqua al termine dell'utilizzo giornaliero. • Ridurre al minimo i tempi di disidratazione e concentrare gli interventi se effettuati con dispositivo mobile. • Ridurre al minimo i tempi di permanenza in impianto del cassone di raccolta (max 2 giorni, possibilmente evacuazione giornaliera), coprendo il medesimo con un telo. • Eventualmente, dosare insieme al polielettrolita un prodotto per ridurre la formazione di esalazioni maleodoranti (mercaptani).

Tabella 10: Interventi gestionali per ridurre le emissioni di odori

In aggiunta all'adozione di misure preventive tecnico-gestionali, si rende pressoché necessaria l'applicazione delle tecnologie di trattamento "end of pipe", da individuare tra quelle più idonee descritte al par. 7.2 e contemplate dalle Best Available Technologies (BAT) e descritte nei documenti di riferimento (BREF) dell'Ufficio europeo per l'IPPC (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector, 2016).

Tra le nuove tecnologie, si può annoverare la Activated Sludge Diffusion (AS diffusion), che consiste nell'insufflare direttamente in vasca di ossidazione le emissioni gassose delle altre sezioni di impianto a seguito di preventiva copertura e convogliamento: in tal modo è possibile biodegradare i composti osmogeni. Tale processo è vantaggioso dal punto di vista economico e gestionale, in quanto utilizza vasche già presenti nell'impianto; il suo uso risulta oggetto di ricerca per ciò che riguarda gli effetti sul processo di depurazione, l'efficacia reale nella rimozione degli odori (dimostrata per l'abbattimento dei solfuri, da verificare su altre classi di composti osmogeni) e le effettive conseguenze sui processi biodegradativi e sulle biomasse (Lewkowska, 2016; Lebrero, 2011).

7.2.2 Allevamenti intensivi

L'emissione di sostanze odorigene da impianti di allevamento intensivo è generata durante tutte le fasi connesse alle attività di produzione. La complessa miscela di composti odorigeni emessi può variare a seconda della tipologia di animali; essa proviene principalmente dalla decomposizione microbica dei mangimi (proteine e carboidrati fermentabili) nel tratto intestinale degli animali e dalla degradazione microbica di composti urinari e fecali nel letame in condizioni anaerobiche. Tra i composti odorigeni più abbondanti, si possono annoverare i composti dello zolfo (ad es. H₂S, mercaptani), composti indolici e fenolici, acidi grassi volatili (ad es. acido acetico, acido n-butirrico), ammoniaca e ammine volatili. La formazione dell'odore è intrinsecamente determinata dagli stessi animali, dal loro cibo e dal sistema di gestione del letame. Può essere anche influenzato da variazioni giornaliere e stagionali, in dipendenza del clima e attività degli animali. Inoltre, la quantità di odore è determinata anche dalla portata di ventilazione dei ricoveri e dalla concentrazione di odore esausto (Ubeda, 2013).

In generale, è possibile attuare alcuni accorgimenti gestionali per ridurre l'emissione di odore, quali (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs, 2017):

- operare una buona pulizia;
- conservare, sotto una copertura, il letame stoccato all'esterno;
- impedire il passaggio di una corrente d'aria al di sopra del letame;
- mantenere il letame, in condizioni aerobiche, per abbattere rapidamente le sostanze odorose.

È possibile minimizzare l'impatto odorigeno agendo sulla riduzione della formazione di odori, impiegando tecniche "end of pipe" e migliorando la dispersione.

In particolare, si può agire sulla formazione degli odori attraverso la modificazione della dieta, l'uso di additivi, l'impiego di ricoveri a bassa emissione e l'adozione di sistemi di gestione del letame. L'efficacia di queste strategie può differire tra le differenti specie animali. La modificazione della dieta animale può essere un modo pratico per limitare l'impatto emissivo sull'ambiente intervenendo sul controllo della quantità e composizione del letame prodotto e delle emissioni gassose associate e sulla produzione di CH₄ enterico (Ubeda, 2013; Loyon, 2016). La modificazione della dieta è elencata, quale BAT nel documento di riferimento BREF per allevamenti di suini e pollame (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs, 2017). La modificazione della dieta animale può influenzare il livello di azoto, fosforo e oligoelementi senza penalizzare la salute, il benessere o la performance animale. Nei maiali da ingrasso, ad esempio, un'alimentazione a ridotto contenuto proteico, integrata con aminoacidi può ridurre l'escrezione di azoto del 25-50% e portare a un pH più basso e quindi ad una riduzione della successiva emissione di NH₃ (Dourmad and Jondreville, 2007).

Una sorgente significativa di emissioni odorogene è rappresentata dai ricoveri degli animali, principalmente per la presenza di letame. La produzione di questi gas può essere influenzata dal tipo di pavimento, dal sistema di ventilazione, dalla temperatura dell'edificio e dalle caratteristiche del letame (Loyon, 2016). La riduzione delle emissioni provenienti dai ricoveri è in gran parte perseguibile attraverso l'adozione di buone pratiche di gestione (come la rimozione frequente e/o essiccazione del letame), dal mantenimento di buone condizioni nelle strutture di ricovero (ventilazione e temperatura adeguate) e dall'uso di tecniche "end of pipe". In alcuni casi, il tipo di pavimento può anche avere un'influenza sulla riduzione delle aree emissive superficiali. I sistemi scrubber per ridurre l'emissione di NH₃ da ricoveri di maiali e pollame sono descritti nel documento di riferimento BREF (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs, 2017) ma sono raramente applicabili ai ricoveri di bovini perché questi, di solito, usano una ventilazione naturale rispetto ai ricoveri di maiali e pollame che spesso sono chiusi con ventilazione forzata.

Per gli allevamenti intensivi di pollame e suini, il documento sulle migliori tecniche disponibili BAT (Commission Implementing Decision EU 2017/302), fornisce indicazioni per prevenire o, laddove ciò non sia fattibile, ridurre le emissioni/gli impatti degli odori; di seguito, in tab. 11 se ne riporta un estratto:

	Tecnica	Applicabilità
a)	Garantire distanze adeguate fra l'azienda agricola/ impianto e i recettori sensibili	Potrebbe non essere generalmente applicabile alle aziende agricole o agli impianti esistenti
b)	Usare un sistema di stabulazione che applica uno dei seguenti principi o una loro combinazione: <ul style="list-style-type: none"> - mantenere gli animali e le superfici asciutti e puliti (per esempio evitare gli spandimenti di mangime, le deiezioni nelle zone di deposizione di pavimenti parzialmente fessurati), - ridurre le superfici di emissione di degli effluenti di allevamento (per esempio usare travetti di metallo o plastica, canali con una ridotta superficie esposta agli effluenti di allevamento), 	La diminuzione della temperatura dell'ambiente interno, del flusso e della velocità dell'aria può essere limitata da considerazioni relative al benessere degli animali. La rimozione del liquame mediante ricircolo non è applicabile agli

	<ul style="list-style-type: none"> - rimuovere frequentemente gli effluenti di allevamento e trasferirli verso un deposito di stoccaggio esterno, - ridurre la temperatura dell'effluente (per esempio mediante il raffreddamento del liquame) e dell'ambiente interno, - diminuire il flusso e la velocità dell'aria sulla superficie degli effluenti di allevamento, - mantenere la lettiera asciutta e in condizioni aerobiche nei sistemi basati sull'uso di lettiera. 	allevamenti di suini ubicati presso recettori sensibili a causa dei picchi odorigeni.
c)	<p>Ottimizzare le condizioni di scarico dell'aria esausta dal ricovero zootecnico mediante l'utilizzo di una delle seguenti tecniche o di una loro combinazione:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aumentare l'altezza dell'apertura di uscita (per esempio oltre l'altezza del tetto, camini, deviando l'aria esausta attraverso il colmo anziché la parte bassa delle pareti), - aumentare la velocità di ventilazione dell'apertura di uscita verticale, - collocamento efficace di barriere esterne per creare turbolenze nel flusso d'aria in uscita (per esempio vegetazione), aggiungere coperture di deflessione sulle aperture per l'aria esausta ubicate nella parti basse delle pareti per deviare l'aria esausta verso il suolo, - disperdere l'aria esausta sul lato del ricovero zootecnico opposto al recettore sensibile, - allineare l'asse del colmo di un edificio a ventilazione naturale in posizione trasversale rispetto alla direzione prevalente del vento. 	L'allineamento dell'asse del colmo non è applicabile agli impianti esistenti.
d)	<p>Uso di un sistema di trattamento aria, quale:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Bioscrubber (o filtro irrorante biologico); 2. Biofiltro; 3. Sistema di trattamento aria a due o tre fasi. 	Questa tecnica potrebbe non essere di applicabilità generale a causa degli elevati costi di attuazione. Applicabile agli impianti esistenti solo dove si usa un sistema di ventilazione centralizzato. Il biofiltro è applicabile unicamente agli impianti a liquame. Per un biofiltro è necessaria un'area esterna al ricovero zootecnico sufficiente per collocare gli insiemi di filtri.
e)	<p>Utilizzare una delle seguenti tecniche per lo stoccaggio degli effluenti di allevamento o una loro combinazione:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Coprire il liquame o l'effluente solido durante lo stoccaggio; 2. Localizzare il deposito tenendo in considerazione la direzione generale del vento e/o adottare le misure atte a ridurre la velocità del vento nei pressi e al di sopra del deposito (per esempio alberi, barriere naturali); 3. Minimizzare il rimescolamento del liquame. 	
f)	<p>Trasformare gli effluenti di allevamento mediante una delle seguenti tecniche per minimizzare le emissioni di odori durante o prima dello spandimento agronomico:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Digestione aerobica (aerazione) del liquame; 2. Compostaggio dell'effluente solido; 3. Digestione anaerobica. 	
g)	Utilizzare una delle seguenti tecniche per lo spandimento agronomico degli	

effluenti di allevamento o una loro combinazione	
1. Spandimento a bande, iniezione superficiale o profonda per lo spandimento agronomico del liquame;	
2. Incorporare effluenti di allevamento il più presto possibile	

Tab. 11 – Estratto BAT 13 (Commission Implementing Decision EU 2017/302)

In aggiunta all'adozione di misure preventive tecnico-gestionali, si rende pressoché necessaria l'applicazione delle tecnologie di trattamento "end of pipe", da individuare tra quelle più idonee contemplate dalle Best Available Technologies (BAT) e descritte nei documenti di riferimento (BREF) dell'Ufficio europeo per l'IPPC (Commission Implementing Decision EU 2017/302, Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs, 2017).

7.2.3 Industria della Raffinazione del petrolio

I fenomeni odorigeni nell'industria della raffinazione del greggio si originano prevalentemente da composti solforati (acido solfidrico, mercaptani, solfuri, disolfuri), composti azotati (ammoniaca, ammine), idrocarburi (in particolare aromatici). Le principali sorgenti di odore all'interno di una raffineria sono: gli stoccaggi (in particolare serbatoi di grezzi acidi), l'unità produttiva dei bitumi, i reflui liquidi del desalter, le aste fognarie, l'unità di flottazione ad aria (DAF), il separatore API⁴, la vasca biologica dell'impianto di trattamento reflui di raffineria, i processi di sfiacolamento delle torce con bassa efficienza di combustione. La tabella 12 riporta le probabili sostanze odorigene coinvolte associate alla sorgente di emissione (Jafarinejad, 2016).

Tipo di odore	Composti odorigeni	Sorgenti di odore
Uova marce	Acido solfidrico e disolfuri	Aree stoccaggi grezzo, unità di distillazione, unità di desolforazione Claus, torce
Odore di fogna	Metil, dimetil ed etil solfuro, mercaptani	Effluenti liquidi, impianto di trattamento acque di processo, odorizzazione GPL, movimentazione sode esauste
Olio bruciato	Idrocarburi insaturi	Unità di cracking catalitico, unità di soffiaggio bitumi e stoccaggio
Benzina	Idrocarburi	Stoccaggi prodotti, separatori API e CPI (corrugated plate interceptor)

⁴ Apparecchiatura progettata per separare grossi quantitativi di oli e solidi sospesi dagli effluenti liquidi di raffineria e di altre tipologie di impianti, effettuando una separazione gravimetrica sulla base della differenza di densità tra gli oli e l'acqua; prende il nome dal fatto che segue gli standard di progetto dell'American Petroleum Institute

Aromatici	Benzene, toluene, idrocarburi	Unità estrazione aromatici, reforming catalitico
-----------	-------------------------------	--

Tab. 12 - Sostanze odorogene associate alle sorgenti di raffineria

Nel seguito sono riportate alcune tecniche di mitigazione degli odori impiegabili nelle raffinerie di grezzo.

- L'impiego di nitrati (come il nitrato di calcio) previene la formazione di molestie olfattive in aree dove vi sono acque inquinate da batteri che porterebbero alla formazione di composti dello zolfo allo stato ridotto (presso serbatoi di stoccaggio, aste fognarie, separatori olio/acqua), favorendo lo sviluppo di batteri denitrificanti, in maniera tale da ridurre i nitrati ad azoto e, nel contempo, ossidare l' H_2S presente a solfato (SO_4)⁻. Inoltre, siccome per riprodursi i batteri utilizzano l'ossigeno, dapprima quello sotto forma di O_2 libero disciolto, poi quello contenuto nei nitrati, infine quello contenuto nei solfati, in assenza di nitrati o se non sono sufficientemente presenti nei reflui di raffineria, si ha la formazione di H_2S a spese dei solfati. A pH 7 lo ione bisolfito (HSO_3)⁻ e il solfuro di idrogeno H_2S in soluzione acquosa sono equamente proporzionati. Il valore del pH, la legge di Henry sugli equilibri di solubilità dei gas nei liquidi e la turbolenza governano la velocità di trasferimento dalla fase liquida all'atmosfera: al diminuire del pH aumenta lo sviluppo di H_2S in soluzione acquosa e con l'aumentare della turbolenza aumenta il trasferimento dello stesso in atmosfera. Se tale trasferimento avviene all'interno di aste fognarie di materiale metallico, i batteri in presenza di ossigeno portano alla trasformazione di H_2S in H_2SO_4 con conseguenti problemi di corrosione per la superficie metallica, che si aggiungono alle molestie olfattive. Per ulteriori approfondimenti sulla tematica nitrati si rimanda al BREF raffinerie (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Refining of Mineral Oil and Gas, 2015), capitolo 4.23.9 relativo alle tecniche di prevenzione e controllo degli odori;
- La idonea copertura dei separatori olio/acqua (separatori API/CPI) impedisce il rilascio in atmosfera per evaporazione di composti organici volatili (VOC) e la generazione correlata di odori. Tale copertura in genere viene attuata con pannelli fissi o mobili di alluminio o materiale plastico. La copertura fissa presenta delle problematiche gestionali relative a presenza di vapori esplosivi che si generano in spazio confinato sopra la fase liquida, pertanto si devono prevedere appositi trattamenti di recupero vapori ed adeguata inertizzazione degli spazi confinati per prevenire esplosioni. Per ulteriori approfondimenti sulla tematica copertura separatori olio/acqua, si rimanda al BREF raffinerie, capitolo 4.24.7.1 relativo alla riduzione degli odori dagli impianti di trattamento acque reflue di raffineria (WWTP);
- I serbatoi polmone a cielo aperto che si trovano a monte/valle del separatore API/CPI, dovrebbero avere sempre in superficie un livello controllato di battente d'olio al fine di minimizzare il trasferimento in aria di sostanze maleodoranti. Inoltre, per gli impianti esistenti è buona prassi dotarli di copertura a tetto galleggiante o usare preesistenti serbatoi a tetto galleggiante per lo stoccaggio dei reflui liquidi di raffineria da sottoporre al

ciclo di trattamento. Per ulteriori approfondimenti sulla tematica si rimanda al BREF raffinerie, capitolo 4.24.7.2.;

- Adeguata applicazione di programma LDAR (leak detection and repair) sulla componentistica di linee di processo responsabili del rilascio di VOC;
- Adeguato monitoraggio delle torce, con particolare riferimento al controllo e alla gestione in tempo reale dell'efficienza di distruzione dei composti ivi inviati (> 99%) e alla riduzione delle emissioni dalle torce attraverso l'attuazione di piani operativi di minimizzazione emissioni, che passano anche attraverso una corretta pianificazione e gestione delle operazioni di manutenzione delle unità di processo di raffineria.

7.2.4 Impianti di trattamento rifiuti

Il settore del trattamento dei rifiuti include numerose tipologie di impianti, vista la grande diversità tra le singole tipologie di rifiuti, a seconda della provenienza, della merceologia e della composizione.

Le Best Available Technologies (BAT) per il settore del trattamento dei rifiuti sono espresse nel documento di riferimento (BREF) dell'Ufficio europeo per l'IPPC (Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment, 2006 e draft del 2017) e risultano essere una combinazione di elementi "generici" comunemente applicabili ed elementi "specifici dell'attività", riferiti al caso particolare preso in esame.

I riferimenti di carattere generale forniti dal documento in merito al monitoraggio degli odori ed alle tecniche di prevenzione e controllo delle emissioni diffuse e fuggitive consistono nell'utilizzare una o una combinazione delle tecniche indicate di seguito:

- *Minimizzare i tempi di residenza.* Ridurre al minimo il tempo di permanenza dei rifiuti (potenzialmente) odorosi negli impianti di stoccaggio o di movimentazione, in particolare in condizioni anaerobiche. Se rilevanti, predisporre l'adozione di disposizioni adeguate per l'accettazione dei rifiuti nei periodi di picchi stagionali;
- *Ottimizzazione del trattamento aerobico.* Nel caso del trattamento aerobico di rifiuti liquidi a base di acqua, può includere: uso di ossigeno puro, rimozione della schiuma nei serbatoi, manutenzione frequente del sistema di aerazione.
- *Uso del trattamento chimico.* Usare prodotti chimici per distruggere o ridurre la formazione di composti odorosi (per esempio per ossidare o precipitare l'idrogeno solforato). Non applicabile se di ostacolo alla definizione della qualità di output desiderata.
- *Minimizzazione del numero delle potenziali sorgenti di emissioni diffuse.*

Il documento del 2017 riporta poi elementi specifici in merito agli odori in relazione agli impianti di trattamento biologico dei rifiuti. All'interno di questa macrocategoria di trattamento rifiuti, le BAT individuate al fine di ridurre le emissioni convogliate in atmosfera di composti organici e composti odorosi, compresi H₂S e NH₃, consistono nell'utilizzare una o una combinazione delle tecniche indicate di seguito:

- Adsorbimento;
- Biofiltrazione con un eventuale stadio di pretrattamento ad umido (a tal proposito si rimanda al cap. 7.1.4.1 del presente documento);

- Scrubber ad umido, ad acqua, acidi o alcalini in combinazione con altri sistemi di abbattimento delle emissioni.

Nello specifico del trattamento biologico dei rifiuti, per gli impianti di compostaggio, in relazione alle fasi di trattamento all'aria aperta, la BAT consiste nell'utilizzare una o entrambe le tecniche indicate di seguito:

- uso di coperture a membrana semipermeabili per cumuli di compostaggio.
- adattamento delle attività di lavorazione alle condizioni meteorologiche. È opportuno considerare le condizioni e le previsioni meteorologiche quando si intraprendono importanti attività di processo all'aperto. Ad esempio, evitare la formazione o la rotazione di cumuli o la triturazione in caso di condizioni meteorologiche avverse in termini di dispersione delle emissioni.

Il draft del 2017 fornisce infine alcuni riferimenti specifici anche per il trattamento di digestione anaerobica per il quale prevede che, al fine di ridurre le emissioni nell'atmosfera e migliorare le prestazioni ambientali complessive, la BAT consiste nel monitorare e/o controllare i principali parametri di processo. È inoltre opportuno implementare un sistema di monitoraggio manuale e/o automatico per:

- assicurare un funzionamento stabile del digestore;
- minimizzare le criticità operative, come la formazione di schiuma, che può portare ad emissioni di odori;
- fornire un preavviso sufficiente dei guasti del sistema che possono portare a perdite o incidenti.

Il draft del 2017, all'interno della panoramica degli impianti di trattamento dei rifiuti, pone quindi l'attenzione sugli impianti di trattamento biologico dei rifiuti per la problematica delle emissioni odorigene. Tali processi infatti, risultano essere in genere fonte di impatto sul territorio in cui si insediano, sia per il carico odorigeno intrinseco delle matrici che trattano, in alcuni casi aggravato dalla scarsa qualità delle frazioni derivanti dalle raccolte differenziate, sia perché richiedono particolare attenzione in fase progettuale e gestionale per la riduzione ed il contenimento delle emissioni odorigene.

7.2.5 Impianti di discarica

Le emissioni di sostanze odorigene da un impianto di discarica derivano principalmente dalla produzione di gas a seguito della degradazione della materia organica in condizioni di anaerobiosi. In aggiunta al rilascio di gas di discarica da aree non coperte, possono essere riconosciute altre sorgenti potenziali di emissioni odorigene:

- presenza di rifiuto fresco;
- trattamento del percolato e stoccaggio;
- gas incombusti da motori e torce
- rilasci di gas di discarica oltre il confine a causa di fenomeni di migrazione.

La composizione delle emissioni odorigene prodotte è influenzata dalla tipologia del materiale di rifiuto ricevuto in discarica e l'avanzamento del processo di degradazione all'interno della massa

del rifiuto determina cambiamenti nella composizione dei gas generati in parti di discarica di differenti età. In generale, una discarica rappresenta un sistema dinamico soggetto a cambiamenti durante il suo ciclo di riempimento, in considerazione di:

- stato di avanzamento del riempimento;
- quantità di rifiuti conferiti;
- tipologia del rifiuto conferito;
- capping e sistema di captazione del biogas.

Tra le potenziali sorgenti odorigene, le aree di conferimento, sebbene limitate rispetto all'estensione totale del sito, contribuiscono in maniera rilevante alla portata odorigena emessa dalla discarica, a causa del rilascio non confinato e della movimentazione del rifiuto. I composti rilasciati differiscono da quelli contenuti nel biogas, in quanto contengono tipicamente meno composti solforosi e tracce di composti quali limonene e pinene. In condizioni normali, un'area con copertura permanente ed estrazione efficiente del biogas non rappresenta una sorgente significativa di emissioni fuggitive.

È doveroso considerare che le emissioni odorigene possono verificarsi anche prima dell'effettivo conferimento sul sito, nella fase di trasporto verso la discarica. Infatti, non è da trascurare il contributo delle emissioni fuggitive derivanti durante il percorso dei mezzi di trasporto attraverso le aree residenziali verso la discarica e la sosta dei veicoli, ad es. durante l'attesa dell'apertura dell'impianto o in coda alla pesa. Inoltre, fattori stagionali dovuti alla temperatura ambiente ed al suo effetto sulla velocità di degradazione del rifiuto conferito, oltre che l'azione delle variabili meteorologiche (velocità e direzione del vento, umidità, radiazione solare, precipitazione, turbolenza) influenzano l'emissione odorigena; in aggiunta, poiché i siti di discarica non ricevono rifiuti in continuo, possono verificarsi fluttuazioni giornaliere dovute all'attività di conferimento e ai successivi ricoprimenti giornalieri.

Gli interventi preventivi per l'emissione di sostanze odorigene possono riguardare interventi di progettazione e di gestione del sito produttivo. Di seguito, si riportano alcuni accorgimenti relativi alla progettazione e alla gestione:

- individuare un sito distante da recettori sensibili per la localizzazione di nuovi impianti;
- direzionare i veicoli di trasporto su percorsi distanti da recettori sensibili e assicurare una rapida gestione del conferimento in modo da evitare soste prolungate all'interno o all'esterno dell'impianto;
- evitare accumuli di percolato all'aperto;
- stoccare il percolato in serbatoi sigillati ed effettuare il trasporto all'impianto di trattamento attraverso tubi di aspirazione;
- dimensionare le celle in modo da ottimizzare il capping e la captazione del biogas;
- effettuare una copertura giornaliera e, se necessario, intermedia con materiale inerte;
- effettuare una frequente manutenzione del sistema di captazione del biogas, al fine di individuare danni e/o difetti che possono determinare emissioni fuggitive;
- disporre di specifici criteri e protocolli di accettazione dei rifiuti;
- individuare le tipologie di rifiuto ad alto rischio di emissione odorigena e definire, per questi, specifiche modalità di ammissione e gestione più restrittive;

- definire, nel piano di sorveglianza e controllo (D.Lgs. 36/2003), una specifica sezione dedicata alle emissioni odorigene, con particolare riferimento alle misure di prevenzione e di protezione adottate, i parametri da monitorare e la frequenza dei monitoraggi.

Bibliografia

- Barbusinski K., Kalembe K., Kasperczyk D., Urbaniec K., Kozik V., 2017. *Biological methods for odor treatment - A review*, Journal of Cleaner Production, 152, 223-241.
- Barthe P., Chaugny M., Roudier S., Delgado Sancho L., 2015. *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Refining of Mineral Oil and Gas*.
- Brinkmann T., Santonja G. G., Yükseler, H., Roudier S., Delgado Sancho L., 2016. *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector*.
- Commission implementing decision (EU) 2016/902 of 30 May 2016, Official Journal of the European Union.
- D.Lgs. 13 gennaio 2003, n. 36, Attuazione delle direttiva 1999/31/CE relativa alle discariche di rifiuti, Gazzetta Ufficiale 12 marzo 2003, n. 59.
- Decisione di esecuzione (UE) 2017/302 della Commissione del 15 febbraio 2017, Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea del 21/02/2017.
- Delhomenie M.C., Heitz M., 2005. *Biofiltration of air: a review*, Crit. Rev. Biotechnol., 25, 53-72.
- Department for Environment Food and Rural Affairs – UK, 2010. *Odour Guidance for Local Authorities*, <https://www.gov.uk/government/publications/odour-guidance-for-local-authorities>.
- Design Guidelines for Sewage Works, ISBN 978-1-4249-8438-1. MOE (2009)
- Dourmad J. Y., Jondreville C., 2007. *Impact of nutrition on nitrogen, phosphorus, Cu and Zn in pig manure, and on emissions of ammonia and odours*, Livest. Sci. 112, 192-198.
- Environmental Protection Agency Ireland, 2011. *BAT Guidance Notes for the Waste Sector: Landfill Activities*.
- Estrada J.M., Bart Kraakman N.J.R., Munoz R., Lebrero R., 2011. *A Comparative Analysis of Odour Treatment Technologies in Wastewater Treatment Plants*, Environ. Sci. Technol., 45, 1100–1106.
- Fortuny M., Gamisans X., Deshusses M.A., Lafuente J., Casas C., Gabriel D., 2011. *Operational aspects of the desulfurization process of energy gases mimics in biotrickling filters*, Water Res. 45, 5665-5674.
- Integrated Pollution Prevention and Control, 2006. *Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatment Industries*, European Commission.
- Jafarinejad S., 2016. *Odours emission and control in the petroleum refinery: A review*, Current Science Perspectives, 2(3), 78-82.
- JRC Science for Policy Report, 2017. *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Waste Treatment, Final Draft, 2017 /Industrial Emissions Directive 2010/75/EU (Integrated Pollution Prevention and Control)*
- Kennes C., Veiga M.C., 2001. *Conventional biofilters*. In: Kennes, C., Veiga, M.C.(Eds.), *Bioreactors for Waste Gas Treatment*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 47 - 91.

- Lebrero R., Rodríguez E., García-Encina P.A., Muñoz R., 2011. *A comparative assessment of biofiltration and activated sludge diffusion for odour abatement*, Journal of Hazardous Materials, 190, 622–630.
- Lewkowska P., Cieślik B., Dymerski T., Konieczka P., Namieśnik J., 2016. *Characteristics of odors emitted from municipal wastewater treatment plant and methods for their identification and deodorization techniques*, Environmental Research, 151, 573–586
- Loyon L., Burton C.H., Misselbrook T., Webb J., Philippe F.X., Aguilar M., Doreau M., Hassouna M., Veldkamp T., Dourmad J.Y., Bonmati A., Grimm E., Sommer S.G., 2016. *Best available technology for European livestock farms: Availability, effectiveness and uptake*, Journal of Environmental Management, 166, 1-11.
- Mudliar S., Giri B., Padoley K., Satpute D., Dixit R., Bhatt P., Pandey R., Juwarkar A., Vaidya A., 2010. *Bioreactors for treatment of VOCs and odours – A review*, Journal of Environmental Management, 91, 1039–1054.
- Santonja G.G., Georgitzikis K., Scalet B.M., Montobbio P., Roudier S., Sancho L.D., 2017. *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Intensive Rearing of Poultry or Pigs*.
- Ubeda Y., Lopez-Jimenez P.A., Nicolas J., Calvet S., 2013. *Strategies to control odours in livestock facilities: a critical review*, Spanish Journal of Agricultural Research, 11(4): 1004-1015.
- Wang L., Yang C.P., Cheng Y., Huang J., Yang H.L., Zeng G.M., Lu L., He S.Y., 2014. *Enhanced removal of ethylbenzene from gas streams in biofiltrickling filters by Tween-20 and Zn(II)*, J. Environ. Sci., 26, 2500-2507.
- Waweru M., Herrygers V., van Langenhove H., Verstraete W., 2006. Process engineering of biological waste gas purification. In: Jordening, H.-J., Winter, J. (Eds.), Environmental Biotechnology: Concepts and Applications. Wiley-VCh, pp. 409-426.

CONCLUSIONI

La redazione del documento di sintesi prodotto nell'ambito del GdL 13 ha consentito di affrontare in maniera organica i diversi aspetti che attengono alla problematica delle emissioni odorigene. In fase iniziale, data l'eterogeneità delle esperienze acquisite dalle diverse Agenzie nell'adozione delle metodologie di approccio al problema e delle reali possibilità di intervento, l'attività del GdL si è concentrata sull'obiettivo di focalizzare e fornire gli strumenti di conoscenza per attuare compiutamente un'azione di prevenzione, controllo e valutazione delle emissioni odorigene e delle loro ricadute sul territorio.

Il lavoro svolto ha consentito di approfondire singolarmente le diverse possibilità di approccio metodologico, per affrontare i differenti aspetti della problematica, a partire dal monitoraggio e controllo delle emissioni odorigene, fino alla valutazione di impatto con l'ausilio di metodi predittivi e all'adozione di strumenti preventivi per la riduzione dell'emissione, attraverso opportune tecnologie di trattamento ed accorgimenti di tipo gestionale.

La variabilità delle sorgenti, la tipologia di emissione e la sua modalità di diffusione, nonché la stretta connessione con la soggettività della percezione umana impongono, tuttavia, l'adozione di una combinazione di diversi strumenti, in grado di fornire informazioni complementari. È bene precisare che non è definibile un metodo unico, valido per ogni applicazione: la strategia da impiegare, infatti, deve essere opportunamente pianificata a seconda dello scopo di indagine, del livello di dettaglio richiesto e delle informazioni a disposizione.

Inoltre, la recente introduzione dell'art. 272-bis "Emissioni odorigene" nell'ambito del D.Lgs. 152/06, se da un lato rappresenta un avanzamento nella regolamentazione nazionale degli odori, dall'altro, di fatto, demanda alle normative regionali o alle autorizzazioni l'adozione di misure per la prevenzione e la limitazione delle emissioni odorigene con la previsione, al comma 2, della possibilità, da parte del Coordinamento previsto dall'articolo 20 del decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155, di elaborare indirizzi in relazione alla definizione di valori limite di emissione e metodi di monitoraggio e determinazione degli impatti. Tale contesto normativo accresce l'esigenza del Sistema Agenziale di procedere ad un'armonizzazione e sistematizzazione delle procedure su scala nazionale che trovi fondamento in un background tecnico - scientifico condiviso. Infatti, i percorsi metodologici applicabili al monitoraggio, al controllo e alla valutazione degli impatti dovrebbero essere comuni su tutto il territorio nazionale. Il documento prodotto è stato definito, quindi, con tale obiettivo ed individua un punto di partenza per doverosi e successivi approfondimenti tecnici su aspetti non standardizzati nelle vigenti normative tecniche di settore (ad esempio, modelli di dispersione applicati agli odori, piani di gestione, dettagli operativi specifici su particolari tipologie di campionamento).

ALLEGATO

***Esempi di applicazione
di approcci metodologici integrati
nella gestione di casi di molestia olfattiva***

Schede di sintesi

Indice

<u>Scheda n. 1:</u>	Impianto complesso di discarica di rifiuti non pericolosi con piattaforma di selezione ed inertizzazione	p. 4
	<i>(a cura di ARPA Puglia)</i>	
<u>Scheda n. 2:</u>	Impianto di digestione anaerobica della FORSU e compostaggio di digestato, fanghi di depurazione e rifiuti ligno-cellulosici	p. 5
	<i>(a cura di ARPA Piemonte)</i>	
<u>Scheda n. 3:</u>	Impianto di trattamento chimico - fisico - biologico di rifiuti liquidi pericolosi e non pericolosi	p. 6
	<i>(a cura di ARPA Piemonte)</i>	
<u>Scheda n. 4:</u>	Impianto di compostaggio e impianto di trattamento rifiuti	p. 7
	<i>(a cura di ARPA Friuli Venezia Giulia)</i>	
<u>Scheda n. 5:</u>	Discarica impianto di selezione e trattamento impianto sfruttamento energetico biogas	p. 8
	<i>(a cura di ARPA Umbria)</i>	
<u>Scheda n. 6:</u>	Impianto di produzione biogas da materiali vegetali agricoli	p. 9
	<i>(a cura di ARPA Emilia Romagna)</i>	
<u>Scheda n. 7:</u>	Impianto di depurazione acque reflue civili	p.10
	<i>(a cura di ARPA Puglia)</i>	
<u>Scheda n. 8:</u>	Impianto di lavorazione e cottura prodotti alimentari di origine animale	p.11
	<i>(a cura di ARPA Emilia Romagna)</i>	
<u>Scheda n. 9:</u>	Impianto di rendering e lavorazione sottoprodotti di origine animale per la produzione di grassi e farine (I)	p.12
	<i>(a cura di ARPA Emilia Romagna)</i>	
<u>Scheda n. 10:</u>	Impianto di rendering e lavorazione sottoprodotti di origine animale per la produzione di grassi e farine (II)	p.13
	<i>(a cura di ARPA Emilia Romagna)</i>	
<u>Scheda n. 11:</u>	Impianto di trattamento e trasformazione scarti animali	p.14
	<i>(a cura di ARPA Piemonte)</i>	
<u>Scheda n. 12:</u>	Impianto di trasformazione di SOA (categ. 3 regolamento 1069/2009 ce e s.m.i.)	p.15
	<i>(a cura di ARPA Sardegna)</i>	
<u>Scheda n. 13:</u>	Impianto di raffineria	p.16
	<i>(a cura di ARPA Puglia)</i>	
<u>Scheda n. 14:</u>	Impianto siderurgico con area a caldo per la produzione di ghisa	p.17
	<i>(a cura di ARPA Friuli Venezia Giulia)</i>	
<u>Scheda n. 15:</u>	Impianto di seconda fusione di ghisa	p.18
	<i>(a cura di ARPA Emilia Romagna)</i>	
<u>Scheda n. 16:</u>	Impianto di lavorazione meccaniche con utilizzo di liquidi lubrorefrigeranti (tempra, fresatura, tornitura, etc.)	p.19
	<i>(a cura di ARPA Emilia Romagna)</i>	
<u>Scheda n. 17:</u>	Impianto di produzione di conglomerati bituminosi	p.20
	<i>(a cura di ARPA Emilia Romagna)</i>	

<u>Scheda n. 18:</u> Impianto di produzione di piastrelle ceramiche (I)	p.21
<i>(a cura di ARPA Emilia Romagna)</i>	
<u>Scheda n. 19:</u> Impianto di produzione di piastrelle ceramiche (II)	p.22
<i>(a cura di ARPA Emilia Romagna)</i>	
<u>Scheda n. 20:</u> Industria farmaceutica	p.23
<i>(a cura di ARPA Piemonte)</i>	
<u>Scheda n. 21:</u> Impianto di produzione carta e cartoni, con impregnazione fenolica e melamminica	p.24
<i>(a cura di ARPA Piemonte)</i>	
<u>Scheda n. 22:</u> Allevamento intensivo di pollame	p.25
<i>(a cura di ARPA Piemonte)</i>	

Scheda n. 1

Tipologia Di Impianto	IMPIANTO COMPLESSO DI DISCARICA DI RIFIUTI NON PERICOLOSI CON PIATTAFORMA DI SELEZIONE ED INERTIZZAZIONE	
Agenzia	ARPA PUGLIA	
Caso d'indagine	Procedimento autorizzativo	Autorizzazione Unica Ambientale.
	Segnalazione dei cittadini	Segnalazioni telefoniche. Esposti scritti a: Organi di Vigilanza, Magistratura, Comune, VV.FF..
Presenza di prescrizioni in autorizzazione	Monitoraggio	a) monitoraggio H ₂ S con analizzatore specifico posizionato su ciglio discarica; b) olfattometria dinamica in aria ambiente sul perimetro della discarica; c) concentrazione di sostanze con livello olfattivo < 0.010 ppm (V.L. 20 ppm) e sostanze con livello olfattivo < 0.001 (V.L. 5 ppm) ppm ai camini degli impianti di selezione e inertizzazione.
	Modalità gestionali	Copertura giornaliera dopo l'abbancamento dei rifiuti e loro compattazione, al fine di evitare la dispersione di odori.
Presenza di sistemi di mitigazione per odori	Presenza di filtro a maniche e scrubber a monte dei punti di emissione convogliata. Uso di prodotti neutralizzanti dell'odore, nebulizzati mediante mezzi mobili circolanti nell'intero impianto.	
Attività messe in atto dall'agenzia e/o dal Gestore	Olfattometria dinamica	Controlli del Gestore al confine, come da prescrizione e ai punti di emissione convogliata.
	Monitoraggio chimico <i>determinazioni di sostanze chimiche traccianti dell'odore</i>	Controlli del Gestore, come da prescrizione.
	Nasi elettronici	Impiego di un naso elettronico in via sperimentale, da parte del Gestore.
	Altri metodi strumentali	Impiego di un analizzatore in continuo, specifico per H ₂ S, integrato con campionatore olfattometrico (ubicato a ciglio discarica in direzione dei recettori), attivato in tempo reale a seguito di un superamento della soglia di concentrazione di H ₂ S definita (protocollo operativo valutato e condiviso con l'Agenzia).
	Coinvolgimento della popolazione	---
Esito dell'indagine	Valutazione dell'adeguatezza del sistema integrato (monitoraggio H ₂ S/olfattometria) messo in atto dal Gestore per il controllo del processo, anche con accesso remoto in continuo ai dati di monitoraggio del sito. Evidenza di elementi di criticità a seguito di ispezione e verifica degli autocontrolli prodotti dal Gestore.	
Proposte dell'Agenzia	Proposta di implementazione del sistema integrato in altri punti dell'impianto. Richiesta di miglioramento delle modalità gestionali di conduzione dell'attività di abbancamento e di potenziamento dei sistemi di mitigazione attualmente presenti.	

Scheda n. 2

Tipologia Di Impianto	IMPIANTO DI DIGESTIONE ANAEROBICA DELLA FORSU E COMPOSTAGGIO DI DIGESTATO, FANGHI DI DEPURAZIONE E RIFIUTI LIGNO-CELLULOSICI	
Agenzia	ARPA PIEMONTE	
Caso d'indagine	Procedimento autorizzativo	Autorizzazione Integrata Ambientale.
	Segnalazione dei cittadini	Segnalazioni di disturbo olfattivo indirizzate a Comune e ASL.
Presenza di prescrizioni in autorizzazione	Monitoraggio	Campagne di monitoraggio delle emissioni odorigene provenienti dai biofiltri mediante rilievi olfattometrici con cadenza semestrale. Gli effluenti odorigeni non dovranno superare il limite di 250 ou _E /m ³ .
	Modalità gestionali	---
Presenza di sistemi di mitigazione per odori	Biofiltri.	
Attività messe in atto dall'agenzia e/o dal Gestore	Olfattometria dinamica	Analisi olfattometriche eseguite dal Gestore (con campionamento micrometeorologico) e dall'Agenzia.
	Monitoraggio chimico <i>determinazioni di sostanze chimiche traccianti dell'odore</i>	Analisi di caratterizzazione mediante GC-MS con criofocalizzazione – metodo EPA-TO15 eseguite dall'Agenzia sulle emissioni dei biofiltri (monte/valle).
	Nasi elettronici	Analisi delle sorgenti per l'addestramento dello strumento.
	Altri metodi strumentali	---
	Coinvolgimento della popolazione	Raccolte sistematiche delle segnalazioni mediante questionari condotta da ASL.
Esito dell'indagine	Il campionamento micrometeorologico rispetto al campionamento “con cappa statica” determina una sottostima dei valori di concentrazione di odore sino a 15 volte. Variabilità di efficienza di abbattimento dell'odore dei diversi biofiltri (da 23,6% a 98,4%) e un superamento dei limiti di emissione.	
Proposte dell'Agenzia	Richiesta di adozione da parte del Gestore del metodo di campionamento “con cappa statica”. Revisione del sistema di captazione ed abbattimento delle emissioni, in particolar modo nella omogeneizzazione della distribuzione del carico odorigeno in ingresso ai biofiltri.	

Scheda n. 3

Tipologia Di Impianto	IMPIANTO DI TRATTAMENTO CHIMICO-FISICO-BIOLOGICO DI RIFIUTI LIQUIDI PERICOLOSI E NON PERICOLOSI	
Agenzia	ARPA PIEMONTE	
Caso d'indagine	Procedimento autorizzativo	Autorizzazione Integrata Ambientale.
	Segnalazione dei cittadini	Segnalazioni di disturbo olfattivo indirizzate a ARPA e Comune.
Presenza di prescrizioni in autorizzazione	Monitoraggio	Il provvedimento AIA, nell'ambito dei controlli programmati, prevedeva l'esecuzione di una campagna di monitoraggio delle emissioni odorigene con frequenza annuale per la verifica del rispetto del limite di emissione di 250 ou _E /m ³ per il camino posto a valle di un sistema di abbattimento scrubber-biofiltro.
	Modalità gestionali	L'AIA prevedeva prescrizioni di carattere generale quali "i rifiuti devono essere trattati senza causare inconvenienti da odori".
Presenza di sistemi di mitigazione per odori	Confinamento delle aree di stoccaggio e dei locali di trattamento rifiuti, convogliamento delle emissioni ai rispettivi sistemi di abbattimento. Per i serbatoi di stoccaggio e lo stadio chimico-fisico era previsto un trattamento a carbone attivo (con unità di pre-filtrazione) e per il processo biologico uno biofiltro chiuso con un preliminare trattamento ad umido in torre di lavaggio.	
Attività messe in atto dall'agenzia e/o dal Gestore	Olfattometria dinamica	Analisi olfattometriche eseguite sulle emissioni convogliate sia dal gestore che da ARPA (monte/valle).
	Monitoraggio chimico <i>determinazioni di sostanze chimiche traccianti dell'odore</i>	Analisi di autocontrollo dei limiti di emissione di COV e H ₂ S, analisi di verifica dell'efficienza di abbattimento eseguite dall'azienda mediante GC-MS sui punti di emissione convogliata (monte/valle). Analisi di controllo eseguite da ARPA: - analisi per la verifica del rispetto dei limiti di COV e H ₂ S ai punti di emissione (monte/valle) - analisi di caratterizzazione mediante GC-MS con criofocalizzazione – metodo EPA-TO15 eseguite da ARPA a monte e valle dei sistemi di abbattimento delle emissioni in atmosfera e su campioni di aria ambiente dei capannoni di trattamento chimico-fisico e biologico.
	Nasi elettronici	---
	Altri metodi strumentali	---
	Coinvolgimento della popolazione	Sì, ma senza una raccolta sistematica delle segnalazioni mediante questionari.
Esito dell'indagine	L'indagine, completata con un'analisi anemologica, ha dato conferma della significatività della sorgente odorigena e della scarsa efficienza dei sistemi di abbattimento delle emissioni in atmosfera. Comunicazione all'Autorità Competente per il mancato rispetto dei limiti di emissione in atmosfera per il paramento concentrazione di odore.	
Proposte dell'Agenzia	Revisione del sistema di abbattimento delle emissioni in atmosfera a servizio dell'impianto biologico e della gestione del sistema a carbone attivo a servizio dell'impianto chimico-fisico.	

Scheda n. 4

Tipologia Di Impianto	IMPIANTO DI COMPOSTAGGIO E IMPIANTO DI TRATTAMENTO RIFIUTI	
Agenzia	ARPA FRIULI VENEZIA GIULIA	
Caso d'indagine	Procedimento autorizzativo	Valutazione di Impatto Ambientale.
	Segnalazione dei cittadini	Richiesta di supporto tecnico da parte del Comune a seguito di segnalazioni dei cittadini.
Presenza di prescrizioni in autorizzazione	Monitoraggio	Misure di odore con naso elettronico in uscita dal biofiltro.
	Modalità gestionali	Bussola temporizzata per lo stazionamento dei mezzi che conferiscono i rifiuti (non ancora realizzata); pulizia dei mezzi in uscita (ruote e cassone).
Presenza di sistemi di mitigazione per odori	Aspirazione dell'aria dell'impianto, biofiltri per l'aria in uscita dal sistema di aspirazione.	
Attività messe in atto dall'agenzia e/o dal Gestore	Olfattometria dinamica	---
	Monitoraggio chimico <i>determinazioni di sostanze chimiche traccianti dell'odore</i>	---
	Nasi elettronici	Campagne periodiche per verificare il funzionamento dei biofiltri.
	Altri metodi strumentali	---
	Coinvolgimento della popolazione	Compilazione di questionari.
Esito dell'indagine	Valutazione dei sotto-processi con maggiore emissione odorigena e discriminazione degli impatti dovuti a diverse sorgenti.	
Proposte dell'Agenzia	Realizzazione di una bussola per il confinamento dei mezzi in scarico da depressurizzare e convogliare al biofiltro; sistema di pulizia dei mezzi in uscita dall'impianto per evitare molestie olfattive lungo il tragitto dei mezzi.	

Scheda n. 5

Tipologia Di Impianto	DISCARICA IMPIANTO DI SELEZIONE E TRATTAMENTO IMPIANTO SFRUTTAMENTO ENERGETICO BIOGAS	
Agenzia	ARPA UMBRIA	
Caso d'indagine	Procedimento autorizzativo	Autorizzazione Integrata Ambientale.
	Segnalazione dei cittadini	Segnalazioni di disturbo olfattivo indirizzate a Comune e ARPA.
Presenza di prescrizioni in autorizzazione	Monitoraggio	Misure al biofiltro rispetto del limite di 300 ou _E /m ³ .
	Modalità gestionali	Piano dettagliato relativo alla gestione degli odori contenete, tra l'altro: <ul style="list-style-type: none"> - le più importanti attività che producono odori e le sorgenti di odore e i sistemi utilizzati per ridurre le emissioni; - le rilevazioni ambientali eseguite e le tecniche utilizzate; - le operazioni eseguite per valutare l'esposizione dei diversi recettori; - i risultati dei monitoraggi e dei reclami ricevuti; - le azioni da intraprendere in caso di eventi anomali; - i criteri ed i sistemi utilizzati nella fase di accettazione di specifici rifiuti.
Presenza di sistemi di mitigazione per odori	Sistema di estrazione dell'aria e biofiltro.	
Attività messe in atto dall'agenzia e/o dal Gestore	Olfattometria dinamica	ARPA: campionamento di aria ambiente in diversi punti dell'impianto sia corpo di discarica che capannoni e presso il biofiltro, per addestramento naso.
	Monitoraggio chimico <i>determinazioni di sostanze chimiche traccianti dell'odore</i>	---
	Nasi elettronici	Analisi ARPA: addestramento del naso elettronico e monitoraggio in campo in una campagna estiva - invernale con posizionamento del naso elettronico presso recettore.
	Altri metodi strumentali	ARPA: campionamenti presso recettore a seguito di segnalazione di cattivo odore e misure con olfattometria dinamica del campione.
	Coinvolgimento della popolazione	Sì, ma senza una raccolta sistematica delle segnalazioni mediante questionari.
Esito dell'indagine	Si è verificato che diversi casi di segnalazione di cattivo odore da parte del recettore sono imputabili all'impianto, alcuni ad altre sorgenti della zona.	
Proposte dell'Agenzia	Avvio di fase interlocutoria con la Ditta per valutare l'efficacia di alcune modifiche all'impianto, avviate già nel periodo del monitoraggio, ed eventuali ulteriori azioni.	

Scheda n. 6

Tipologia Di Impianto	IMPIANTO DI PRODUZIONE BIOGAS DA MATERIALI VEGETALI AGRICOLI	
Agenzia	ARPA EMILIA ROMAGNA	
Caso d'indagine	Procedimento autorizzativo	Autorizzazione Unica Ambientale.
	Segnalazione dei cittadini	Segnalazioni telefoniche. Esposti scritti a: Organi di Vigilanza, Comune.
Presenza di prescrizioni in autorizzazione	Monitoraggio	Il provvedimento AUA contiene le prescrizioni in tema di monitoraggio delle emissioni odorigene previste dalla normativa regionale DGR 1495/2011: monitoraggio odorigeno nei primi due anni di avvio con caratterizzazione olfattometrica delle sorgenti odorigene.
	Modalità gestionali	Il provvedimento AUA contiene le prescrizioni gestionali previste dalla normativa regionale DGR 1495/2011 relative alla gestione delle biomasse in stoccaggio, dei reflui e del digestato.
Presenza di sistemi di mitigazione per odori	Il provvedimento AUA contiene le prescrizioni previste dalla normativa regionale DGR 1495/2011 relative alla gestione delle biomasse in stoccaggio, dei reflui e del digestato.	
Attività messe in atto dall'agenzia e/o dal Gestore	Olfattometria dinamica	---
	Monitoraggio chimico <i>determinazioni di sostanze chimiche traccianti dell'odore</i>	---
	Nasi elettronici	Campagna di indagine di 2 mesi con collocazione del naso elettronico nella zona di provenienza delle segnalazioni, addestrato con tutte le sorgenti.
	Altri metodi strumentali	---
	Coinvolgimento della popolazione	Agende di odore.
Esito dell'indagine	Mancata conferma della significatività delle sorgenti odorigene oggetto di indagine, in quanto è stato possibile dedurre che l'origine della molestia olfattiva era da ricondurre alla presenza di altro sito e non all'impianto di produzione del biogas.	
Proposte dell'Agenzia	Nessuna, in relazione all'esito dell'indagine.	

Scheda n. 7

Tipologia Di Impianto	IMPIANTO DI DEPURAZIONE ACQUE REFLUE CIVILI	
Agenzia	ARPA PUGLIA	
Caso d'indagine	Procedimento autorizzativo	---
	Segnalazione dei cittadini	Esposti scritti a Comune, Organi di Vigilanza, Magistratura.
Presenza di prescrizioni in autorizzazione	Monitoraggio	---
	Modalità gestionali	---
Presenza di sistemi di mitigazione per odori	Presenza di sistemi di deodorizzazione presso il perimetro delle vasche di grigliatura, equalizzazione, sedimentazione primaria, ossidazione, disidratazione fanghi e clorazione.	
Attività messe in atto dall'agenzia e/o dal Gestore	Olfattometria dinamica	Campagna di monitoraggio olfattometrico effettuata dall'Agenzia all'interno dell'impianto presso le sorgenti (vasche prive di copertura).
	Monitoraggio chimico <i>determinazioni di sostanze chimiche</i> <i>traccianti dell'odore</i>	---
	Nasi elettronici	---
	Altri metodi strumentali	---
	Coinvolgimento della popolazione	Raccolta sistematica delle segnalazioni di disturbo olfattivo pervenute dai cittadini all'Agenzia.
Esito dell'indagine	Verifica di elementi di criticità in impianto e di concentrazioni molto elevate emesse dalle sorgenti indagate. Verifica dell'attendibilità delle segnalazioni con integrazione con i parametri meteorologici.	
Proposte dell'Agenzia	Proposta di realizzazione di interventi di adeguamento strutturale volti alla copertura delle vasche e all'adozione di sistemi di abbattimento nell'ambito del provvedimento autorizzativo.	

Scheda n. 8

Tipologia Di Impianto	IMPIANTO DI LAVORAZIONE E COTTURA PRODOTTI ALIMENTARI DI ORIGINE ANIMALE	
Agenzia	ARPA EMILIA ROMAGNA	
Caso d'indagine	Procedimento autorizzativo	Autorizzazione Integrata Ambientale.
	Segnalazione dei cittadini	Segnalazioni telefoniche, Esposti scritti a: Organi di Vigilanza, Comune.
Presenza di prescrizioni in autorizzazione	Monitoraggio	L'AIA prevedeva inizialmente prescrizioni sul controllo alle emissioni convogliate sui parametri chimici tipici delle lavorazioni di rendering: Polveri, Composti Organici Volatili espressi come Carbonio, Aldeidi, Ammoniaca, Acido Solfidrico.
	Modalità gestionali	L'AIA prevedeva inizialmente le prescrizioni gestionali che riguardavano la compartimentazione e depressione delle zone di scarico dei sottoprodotti e di lavorazione, per limitare la diffusione di emissioni odorigene.
Presenza di sistemi di mitigazione per odori	L'AIA prevedeva inizialmente sia la captazione dell'aria proveniente dalle macchine a maggior produzione di vapori odorosi (cuocitori), sia l'aria odorosa residua che si accumula nei locali di lavorazione; entrambe sono inviate al camino di espulsione con trattamento chimico a soluzione bio-enzimatica (scrubber a doppia colonna).	
Attività messe in atto dall'agenzia e/o dal Gestore	Olfattometria dinamica	Analisi olfattometriche eseguite a più riprese dall'Agenzia e dal Gestore sulle emissioni convogliate e diffuse.
	Monitoraggio chimico <i>determinazioni di sostanze chimiche traccianti dell'odore</i>	Analisi chimiche fiscali e di caratterizzazione dettagliata su tutte le emissioni convogliate eseguite a più riprese dal gestore e dall'Agenzia.
	Nasi elettronici	Campagna di indagine di 2 mesi con collocazione del naso elettronico nella zona di provenienza delle segnalazioni; addestramento con tutte le sorgenti.
	Altri metodi strumentali	---
	Coinvolgimento della popolazione	Agende di odore.
Esito dell'indagine	Significatività delle sorgenti odorigene (tra quelle ipoteticamente responsabili del disagio olfattivo) e oggettivazione della molestia attestata da sopralluoghi, riscontri anemometrici, analisi olfattometriche, responsi del naso elettronico e congruità con mappe di ricaduta elaborate secondo DGR Lombardia n. IX/3018. L'origine del problema è stata identificata nelle emissioni diffuse derivanti dall'impianto di depurazione delle emissioni, a causa della scarsa efficienza della soluzione bio-enzimatica.	
Proposte dell'Agenzia	Miglioramento della chiusura e captazione di zone di lavorazione con possibile diffusione di emissioni odorose, non ancora in depressione. Miglioramento della gestione della soluzione di abbattimento con test specifici. Intensificazione dei controlli ordinari da parte dell'Agenzia e del Gestore previsti nel Piano di Monitoraggio. Introduzione nel PMC dell'AIA di periodiche analisi olfattometriche sulle diverse emissioni e di analisi chimiche in reparti e zone di produzione.	

Scheda n. 9

Tipologia Di Impianto	IMPIANTO DI RENDERING E LAVORAZIONE SOTTOPRODOTTI DI ORIGINE ANIMALE PER LA PRODUZIONE DI GRASSI E FARINE (I)	
Agenzia	ARPA EMILIA ROMAGNA	
Caso d'indagine	<i>Procedimento autorizzativo</i>	Autorizzazione Integrata Ambientale.
	<i>Segnalazione dei cittadini</i>	Segnalazioni telefoniche, Esposti scritti a: Organi di Vigilanza, Comune.
Presenza di prescrizioni in autorizzazione	<i>Monitoraggio</i>	L'AIA prevedeva inizialmente prescrizioni per il controllo alle emissioni convogliate sui parametri chimici tipici delle lavorazioni di rendering: Polveri, Composti Organici Volatili espressi come Carbonio, COV specifici di estrazione del grasso (Esano), NOx, SO ₂ , Aldeidi.
	<i>Modalità gestionali</i>	L'AIA prevedeva inizialmente le prescrizioni gestionali che riguardavano aspetti generali relativi alla produzione di polveri e alla compartimentazione delle zone di lavorazione, per limitare la diffusione di emissioni odorigene.
Presenza di sistemi di mitigazione per odori	L'AIA prevedeva inizialmente la captazione dell'aria proveniente dalle macchine a maggior produzione di vapori odorosi (cuocitori); tale aria è poi inviata al camino di espulsione con trattamento termico (combustione) specifico sugli odori.	
Attività messe in atto dall'agenzia e/o dal Gestore	<i>Olfattometria dinamica</i>	Analisi olfattometriche eseguite a più riprese dall'Agenzia e dal Gestore sulle emissioni convogliate e diffuse.
	<i>Monitoraggio chimico determinazioni di sostanze chimiche traccianti dell'odore</i>	Analisi chimiche fiscali e di caratterizzazione dettagliata su tutte le emissioni convogliate eseguite a più riprese dal gestore e da ARPAE.
	<i>Nasi elettronici</i>	Campagna di indagine di 2 mesi con collocazione del naso elettronico nella zona di provenienza delle segnalazioni; addestramento con tutte le sorgenti.
	<i>Altri metodi strumentali</i>	---
	<i>Coinvolgimento della popolazione</i>	Agende di odore.
Esito dell'indagine	Significatività delle sorgenti odorigene (tra quelle ipoteticamente responsabili del disagio olfattivo) e oggettivazione della molestia attestata da sopralluoghi, riscontri anemometrici, analisi olfattometriche, responsi del naso elettronico e congruità con mappe di ricaduta elaborate secondo DGR Lombardia n. IX/3018. L'origine del problema è stata identificata nelle emissioni diffuse derivanti dai reparti produttivi e di stoccaggio del prodotto finito caldo.	
Proposte dell'Agenzia	Interventi di miglioramento del confinamento e captazione di potenziali zone sorgenti di emissioni odorigene diffuse non ancora captate; automatizzazione delle aperture per aerazione magazzini, in funzione degli orari e della direzione dei venti; intensificazione dei controlli ordinari di ARPAE e gestore previsti nel Piano di Monitoraggio; introduzione nel Piano di Monitoraggio e Controllo dell'AIA di periodiche analisi olfattometriche sulle diverse emissioni e di analisi chimiche in reparti e zone di produzione; innalzamento camini di	

emissione.

Scheda n. 10

Tipologia Di Impianto	IMPIANTO DI RENDERING E LAVORAZIONE SOTTOPRODOTTI DI ORIGINE ANIMALE PER LA PRODUZIONE DI GRASSI E FARINE (II)	
Agenzia	ARPA EMILIA ROMAGNA	
Caso d'indagine	Procedimento autorizzativo	Autorizzazione Integrata Ambientale.
	Segnalazione dei cittadini	Segnalazioni telefoniche. Esposti scritti a: Organi di Vigilanza, Magistratura, Comune.
Presenza di prescrizioni in autorizzazione	Monitoraggio	L'AIA prevedeva inizialmente prescrizioni in tema di monitoraggio emissioni odorigene ma solo di controllo alle emissioni convogliate sui parametri chimici tipici delle lavorazioni di rendering: Polveri, Composti Organici Volatili espressi come Carbonio, COV specifici di estrazione del grasso (Esano), NOx, SO ₂ , Aldeidi, Ammoniaca, Acido Solfidrico.
	Modalità gestionali	L'AIA prevedeva inizialmente le prescrizioni gestionali che riguardavano la compartimentazione e depressione delle zone di scarico dei sottoprodotti (sangue dai macelli) e di lavorazione, per limitare la diffusione di emissioni odorigene.
Presenza di sistemi di mitigazione per odori	L'AIA prevedeva inizialmente sia la captazione dell'aria proveniente dalle macchine a maggior produzione di vapori odorosi (cuocitori), sia l'aria odorosa residua che si accumula nei locali di lavorazione; la prima è inviata al camino di espulsione con trattamento termico (combustione) e la seconda è inviata al camino di espulsione con trattamento chimico a ipoclorito di sodio (scrubber a doppia colonna).	
Attività messe in atto dall'agenzia e/o dal Gestore	Olfattometria dinamica	Analisi olfattometriche eseguite a più riprese da ARPAE e dal Gestore sulle emissioni convogliate e diffuse.
	Monitoraggio chimico <i>determinazioni di sostanze chimiche traccianti dell'odore</i>	Analisi chimiche fiscali e di caratterizzazione dettagliata su tutte le emissioni convogliate eseguite a più riprese dal gestore e da ARPAE.
	Nasi elettronici	Campagna di indagine di 2 mesi con collocazione del naso elettronico nella zona di provenienza delle segnalazioni; addestramento con tutte le sorgenti.
	Altri metodi strumentali	---
	Coinvolgimento della popolazione	Agende di odore.
Esito dell'indagine	É stata confermata la significatività delle sorgenti odorigene e resa oggettiva la molestia attestata da sopralluoghi, riscontri anemometrici, analisi olfattometriche, responsi del naso elettronico e congruità con mappe di ricaduta elaborate secondo DGR Lombardia n. IX/3018 - 15 febbraio 2012. L'origine del problema è stata identificata nelle emissioni diffuse derivanti dall'impianto di depurazione reflui, con particolare riferimento alla vasca di bilanciamento dei liquami da depurare.	
Proposte dell'Agenzia	Interventi di miglioramento del confinamento e captazione di potenziali zone sorgenti di emissioni odorigene diffuse; miglioramento della chiusura e captazione di zone di lavorazione con possibile diffusione di emissioni odorose, non ancora in depressione; copertura di una parte dell'impianto di depurazione reflui, con zona di bilanciamento mantenuta in depressione e convogliamento dell'aria odorosa a filtro a carbone; intensificazione dei controlli ordinari di ARPAE e gestore previsti nel Piano di Monitoraggio; introduzione nel Piano di Monitoraggio e Controllo	

dell'AIA di periodiche analisi olfattometriche sulle diverse emissioni e di analisi chimiche in reparti e zone di produzione.

Scheda n. 11

Tipologia Di Impianto	IMPIANTO DI TRATTAMENTO E TRASFORMAZIONE SCARTI ANIMALI	
Agenzia	ARPA PIEMONTE	
Caso d'indagine	Procedimento autorizzativo	Autorizzazione Integrata Ambientale.
	Segnalazione dei cittadini	Segnalazioni di disturbo olfattivo indirizzate a Arpa e Comune.
Presenza di prescrizioni in autorizzazione	Monitoraggio	Verifica periodica di autocontrollo dei parametri tradizionali quali COT e NH ₃ .
	Modalità gestionali	Regolazione della temperatura ottimale del post-combustore alla quale si ha il miglior equilibrio tra risparmio energetico e resa ottimale di abbattimento delle sostanze organiche presenti.
Presenza di sistemi di mitigazione per odori	Post-combustore termico rigenerativo per le arie aspirate dal reparto colatura e dai serbatoi dei prodotti idrolizzati. Abbattitore ad umido triplo stadio (con a monte un filtro a maniche) per la depurazione dell'aria ambiente proveniente dal reparto macinazione farine e per le emissioni provenienti dallo stoccaggio di residui solidi freschi e sangue. Abbattitore ad umido mono stadio per il trattamento dell'aria ambiente proveniente dal reparto di colatura. Scrubber ad umido mono stadio a servizio delle arie aspirate dalla vasca di equalizzazione del depuratore di acque reflue.	
Attività messe in atto dall'agenzia e/o dal Gestore	Olfattometria dinamica	Analisi olfattometriche eseguite sulle emissioni convogliate dal gestore e da ARPA, sia sui punti di emissione puntuale (monte/valle), che sulle sorgenti areali (vasche di ossidazione del depuratore acque reflue), in due indagini, la prima nel 2013, la seconda nel 2017.
	Monitoraggio chimico <i>determinazioni di sostanze chimiche traccianti dell'odore</i>	Analisi di caratterizzazione mediante GC-MS con criofocalizzazione – metodo EPA-TO15 eseguite da Arpa su aria ambiente e sui punti in emissione in atmosfera.
	Nasi elettronici	---
	Altri metodi strumentali	---
	Coinvolgimento della popolazione	Sì, ma senza una raccolta sistematica delle segnalazioni mediante questionari.
Esito dell'indagine	Indagine 2013: i valori di concentrazione e portata di odore riscontrati sulle emissioni dal post-combustore e dal monostadio hanno un importante carico odorigeno; anche la vasca di equalizzazione del depuratore, captata e convogliata ad un impianto ad umido contribuisce in maniera determinate al carico odorigeno emesso; le vasche di ossidazione del depuratore non sono invece una fonte di pressione sul territorio circostante. Indagine 2017: notevole riduzione del carico odorigeno del punto di emissione relativo al post-combustore grazie ai lavori di adeguamento a seguito della precedente indagine. I tre scrubber forniscono ancora performance inadeguate (l'apporto di odore dei tre camini degli abbattitori a umido rappresenta il 68% della quantità totale di odore emesso).	
Proposte dell'Agenzia	Indagine 2013: Adozione e/o miglioramento di impianti di abbattimento per contenere/ridurre l'impatto odorigeno sul territorio.	

Indagine 2017: pianificazione di adeguati interventi di miglioramento sui sistemi di abbattimento con torri di lavaggio, che agiscono sul tempo di contatto e/o sul dosaggio del reagente utilizzato nel lavaggio.

Scheda n. 12

Tipologia Di Impianto	IMPIANTO DI TRASFORMAZIONE DI SOA (CATEG. 3 REGOLAMENTO 1069/2009 CE E S.M.I.)	
Agenzia	ARPA SARDEGNA	
Caso d'indagine	Procedimento autorizzativo	Stabilimento esistente, soggetto ad AIA a seguito di istanza per aumento della potenzialità (Cat. 6.5 All. VIII P. II del D.lgs 152/06).
	Segnalazione dei cittadini	Esposti scritti a: organi di Vigilanza, Magistratura, Comune, Provincia, Regione.
Presenza di prescrizioni in autorizzazione	Monitoraggio	L'AIA prevede prescrizioni in tema di emissioni odorigene da implementare sulla base di "Piani di caratterizzazione delle emissioni" e dei "Modelli di dispersione delle emissioni odorigene" che il Gestore era tenuto a presentare secondo una tempistica definita in AIA.
	Modalità gestionali	L'AIA prevede prescrizioni gestionali di tipo generale in tema di emissioni odorigene. Tali prescrizioni dovevano essere implementate sulla base di "Piani di caratterizzazione delle emissioni odorigene" e "Modelli di dispersione delle emissioni odorigene".
Presenza di sistemi di mitigazione per odori	L'AIA prevede specifici sistemi di mitigazione delle emissioni odorigene. I principali consistono in aspirazione e convogliamento delle emissioni odorigene in opportuni sistemi di trattamento costituiti da scrubber a umido e filtri a carbone attivo. Mitigazione delle emissioni odorigene in fase di caricamento dei SOA con confinamento dell'area di scarico e refrigerazione delle tramogge di ricezione dei SOA.	
Attività messe in atto dall'agenzia e/o dal Gestore	Olfattometria dinamica	---
	Monitoraggio chimico <i>determinazioni di sostanze chimiche traccianti dell'odore</i>	---
	Nasi elettronici	---
	Altri metodi strumentali	---
	Coinvolgimento della popolazione	---
Esito dell'indagine	In occasione di sopralluoghi e visite ispettive straordinarie sono state rilevate carenze dei sistemi tecnici e gestionali nelle fasi di lavorazione e stoccaggio dei prodotti in uscita (farine animali) e dei rifiuti stoccati (reflui di lavorazione e lavaggio).	
Proposte dell'Agenzia	Nelle relazioni conclusive relative ai sopralluoghi e ispezioni eseguite sono state riportate le carenze dei sistemi tecnici gestionali e la necessità di garantire il rispetto delle prescrizioni dell'AIA.	

Scheda n. 13

Tipologia Di Impianto	IMPIANTO DI RAFFINERIA	
Agenzia	ARPA PUGLIA	
Caso d'indagine	Procedimento autorizzativo	Autorizzazione Unica Ambientale.
	Segnalazione dei cittadini	Segnalazioni telefoniche. Esposti scritti a: Organi di Vigilanza, Magistratura, Comune, VV.FF..
Presenza di prescrizioni in autorizzazione	Monitoraggio	Il provvedimento AIA determinava la necessità di definire un programma di monitoraggio specifico per le emissioni odorigene. Il piano di monitoraggio individuato dalla ditta prevede un monitoraggio olfattometrico sistematico con cadenza trimestrale, su punti all'interno dell'impianto e presso recettori esterni.
	Modalità gestionali	Nel provvedimento AIA si richiedeva al Gestore la definizione di interventi di mitigazione degli impatti olfattivi generati dall'impianto di raffinaria.
Presenza di sistemi di mitigazione per odori	Copertura delle vasche degli impianti di depurazione; presenza di calze di contenimento delle emissioni fuggitive sui supporti presenti sui tetti di alcuni serbatoi contenenti prodotti petroliferi.	
Attività messe in atto dall'agenzia e/o dal Gestore	Olfattometria dinamica	Attivazione automatica, da parte dell'Agenzia, di n. 2 campionatori olfattometrici ubicati sul territorio; il campionamento in real-time avveniva a seguito di eventi di segnalazioni di disturbo olfattivo, determinati dal superamento di una soglia definita, basata sul n. segnalazioni per indice di intensità pervenute in un'ora.
	Monitoraggio chimico <i>determinazioni di sostanze chimiche traccianti dell'odore</i>	---
	Nasi elettronici	---
	Altri metodi strumentali	---
	Coinvolgimento della popolazione	Registrazione telefonica delle segnalazioni di disturbo olfattiva da parte di un campione di popolazione.
Esito dell'indagine	Informazione sull'entità e distribuzione spaziale e temporale del fenomeno odorigeno; conferma della significatività del disturbo percepito; individuazione della potenziale sorgente (analisi direzione del vento durante gli eventi significativi), rappresentata dalla Raffineria, prossima al contesto urbano.	
Proposte dell'Agenzia	Richiesta di implementazione di: sistemi di mitigazione su tutti i serbatoi; idonee coperture sulle vasche di depurazione e sulle aree coperte da grigliato; procedure operative per lo scarico delle navi al Campo Boe; realizzazione di un efficace piano di monitoraggio per le emissioni odorigene, che preveda la realizzazione di una rete di sistemi in continuo, ad elevata risoluzione spaziale, per un efficace controllo di processo alla sorgente e l'integrazione con sistemi di campionamento olfattometrici, attivabili automaticamente o manualmente, dal Gestore e/o dall'Autorità di Controllo.	

Scheda n. 14

Tipologia Di Impianto	IMPIANTO SIDERURGICO CON AREA A CALDO PER LA PRODUZIONE DI GHISA	
Agenzia	ARPA FRIULI VENEZIA GIULIA	
Caso d'indagine	Procedimento autorizzativo	Rinnovo Autorizzazione integrata Ambientale.
	Segnalazione dei cittadini	Numerose segnalazioni di disagio lamentate prima e dopo il rinnovo del provvedimento AIA.
Presenza di prescrizioni in autorizzazione	Monitoraggio	Il provvedimento AIA reca le seguenti prescrizioni: a) caratterizzazione sorgenti odorigene - entro 12 mesi dal rilascio dell'AIA la ditta dovrà produrre uno studio per la caratterizzazione delle principali sorgenti odorigene presenti nell'impianto e per la valutazione dell'impatto olfattivo mediante simulazione di dispersione. Le modalità per lo svolgimento dello studio sono da concordare con ARPA; b) installazione pompa di prelievo campioni - entro 12 mesi dal rilascio dell'AIA, presso la stazione di misura di via del Ponticello dovrà venir installata una pompa per prelievo di campioni di aria, da analizzare in olfattometria dinamica, con controllo remoto attivabile sulla base di un protocollo da concordare con ARPA FVG, che individuerà gli opportuni indicatori e terrà conto delle segnalazioni pervenute; c) piano di monitoraggio - entro il 30 Aprile di ogni anno l'azienda invia una relazione sulle iniziative assunte rispetto all'impatto odorigeno in attuazione del protocollo prescritto in AIA.
	Modalità gestionali	---
Presenza di sistemi di mitigazione per odori	Pompa per il prelievo di campioni da analizzare in olfattometria dinamica con controllo remoto; il protocollo di attuazione del monitoraggio è in fase di stesura e prevede l'attivazione del dispositivo quando il naso elettronico installato nella stessa postazione ed addestrato a riconoscere n. 5 delle maggiori sorgenti odorigene dell'impianto, supera una soglia fissata per le unità odorimetriche registrate.	
Attività messe in atto dall'agenzia e/o dal Gestore	Olfattometria dinamica	Campagne effettuate sia da ARPA FVG sia dalla Ditta.
	Monitoraggio chimico <i>determinazioni di sostanze chimiche traccianti dell'odore</i>	---
	Nasi elettronici	Campagne effettuate da ARPA FVG.
	Altri metodi strumentali	---
	Coinvolgimento della popolazione	Le segnalazioni vengono raccolte dal personale del corpo di Polizia Municipale, che successivamente le trasmette ad ARPA FVG.
Esito dell'indagine	L'attività di indagine e di approfondimento è attualmente in corso di elaborazione.	
Proposte dell'Agenzia	Si presume la proposta di apposite prescrizioni in AIA, revisioni del Piano di Monitoraggio e Controllo, attività di controllo ai recettori mediante l'impiego di nasi elettronici.	

Scheda n. 15

Tipologia Di Impianto	IMPIANTO DI SECONDA FUSIONE DI GHISA	
Agenzia	ARPA EMILIA ROMAGNA	
Caso d'indagine	Procedimento autorizzativo	Autorizzazione Integrata Ambientale.
	Segnalazione dei cittadini	Segnalazioni telefoniche, esposti scritti a: Organi di Vigilanza, Magistratura, Comune, Regione.
Presenza di prescrizioni in autorizzazione	Monitoraggio	L'AIA non prevedeva inizialmente prescrizioni in tema di emissioni odorigene ma solo di controllo alle emissioni convogliate sui parametri chimici tipici delle produzioni di fonderia di seconda fusione: Polveri, Silice, IPA, Microinquinanti, Composti Organici Volatili espressi come Carbonio, NO _x , SO ₂ , Fenoli, Ammine, Aldeidi.
	Modalità gestionali	L'AIA prevedeva inizialmente le prescrizioni gestionali che riguardavano aspetti relativi alla produzione di polveri ma non il tema delle emissioni odorigene.
Presenza di sistemi di mitigazione per odori	L'AIA prevedeva inizialmente la chiusura e captazione dell'aria proveniente dalle zone a maggior diffusione di vapori (cubilotto, colatura, raffreddamento, distaffatura, rigenerazione terre, ecc.); tale aria è poi inviata ai rispettivi camini di espulsione senza trattamenti specifici sugli odori.	
Attività messe in atto dall'agenzia e/o dal Gestore	Olfattometria dinamica	Analisi olfattometriche eseguite a più riprese da ARPAE e dal gestore sulle emissioni convogliate e diffuse.
	Monitoraggio chimico <i>determinazioni di sostanze chimiche traccianti dell'odore</i>	Analisi chimiche fiscali e di caratterizzazione dettagliata su tutte le emissioni convogliate eseguite a più riprese dal gestore e da ARPAE.
	Nasi elettronici	Campagna di indagine di 2 mesi con collocazione dello strumento nella zona di provenienza delle segnalazioni; addestramento con tutte le sorgenti.
	Altri metodi strumentali	Utilizzo di strumenti di campionamento ambientali, attivabili in tempo reale su segnalazione; i campioni sono stati sottoposti ad analisi chimica.
	Coinvolgimento della popolazione	Agende di odore.
Esito dell'indagine	Individuazione e conferma della significatività delle 2 sorgenti odorigene (tra quelle ipoteticamente responsabili) e dell'oggettività della molestia attestata da sopralluoghi, riscontri anemometrici, analisi olfattometriche, rilievi del naso elettronico e congruità con mappe di ricaduta elaborate secondo DGR Lombardia. Individuazione del problema nelle 2 emissioni di colatura, raffreddamento, distaffatura, recupero terre.	
Proposte dell'Agenzia	Chiusura e captazione di zone di possibile diffusione di emissioni odorose, non ancora captate. Intensificazione dei controlli ordinari di ARPAE e gestore previsti nel Piano di Monitoraggio. Installazione di impianto sperimentale di abbattimento odori ad iniezione di carbone nel flusso gassoso, per le 2 emissioni responsabili della molestia. Introduzione nel PMeC dell'AIA di periodiche analisi olfattometriche sulle diverse emissioni.	

Scheda n. 16

Tipologia Di Impianto	IMPIANTO DI LAVORAZIONE MECCANICHE CON UTILIZZO DI LIQUIDI LUBROREFRIGERANTI (TEMPRA, FRESATURA, TORNITURA, ECC.)	
Agenzia	ARPA EMILIA ROMAGNA	
Caso d'indagine	<i>Procedimento autorizzativo</i>	Autorizzazione Unica Ambientale.
	<i>Segnalazione dei cittadini</i>	Segnalazioni telefoniche, Esposti scritti agli organi di Vigilanza, Magistratura, Comune, Regione.
Presenza di prescrizioni in autorizzazione	<i>Monitoraggio</i>	L'AUA non prevedeva inizialmente prescrizioni in tema di emissioni odorigene ma solo di controllo alle emissioni convogliate sui parametri chimici tipici delle lavorazioni meccaniche: Polveri, Nebbie oleose, Composti Organici Volatili espressi come Carbonio.
	<i>Modalità gestionali</i>	L'AUA prevedeva inizialmente le prescrizioni gestionali che riguardavano aspetti relativi alla produzione di polveri e nebbie oleose ma non il tema delle emissioni odorigene.
Presenza di sistemi di mitigazione per odori	L'AUA prevedeva inizialmente solo la separazione e filtrazione delle polveri e nebbie oleose dal flusso gassoso emesso dai camini.	
Attività messe in atto dall'agenzia e/o dal Gestore	<i>Olfattometria dinamica</i>	Analisi olfattometriche eseguite a più riprese da ARPAE e dal gestore sulle emissioni convogliate e diffuse.
	<i>Monitoraggio chimico</i> <i>determinazioni di sostanze chimiche</i> <i>traccianti dell'odore</i>	Analisi chimiche fiscali e di caratterizzazione dettagliata su tutte le emissioni convogliate eseguite a più riprese dal gestore e da ARPAE.
	<i>Nasi elettronici</i>	---
	<i>Altri metodi strumentali</i>	---
	<i>Coinvolgimento della popolazione</i>	Agende di odore.
Esito dell'indagine	Individuazione e conferma della significatività della sorgente odorigena e dell'oggettività della molestia attestata da sopralluoghi, riscontri anemometrici, analisi olfattometriche e congruità con mappe di ricaduta elaborate secondo DGR Lombardia. Individuazione del problema nel surriscaldamento ed errata gestione delle soluzioni lubrorefrigeranti, che si degradano nel tempo e generano sostanze odoranti che escono dalle emissioni generate dalla captazione dell'aria nei punti di tempra metalli o altre lavorazioni.	
Proposte dell'Agenzia	Raffreddamento delle soluzioni lubrorefrigeranti. Gestione delle soluzioni lubrorefrigeranti con additivazione di prodotti antibatterici. Controlli periodici di pH e carica batterica delle soluzioni in uso al fine di programmare correttamente la loro sostituzione preventivamente alla possibile diffusione di emissioni odorose. Intensificazione dei controlli ordinari del gestore, con	

introduzione di periodiche analisi olfattometriche sull'emissione.

Scheda n. 17

Tipologia Di Impianto	IMPIANTO DI PRODUZIONE DI CONGLOMERATI BITUMINOSI	
Agenzia	ARPA EMILIA ROMAGNA	
Caso d'indagine	Procedimento autorizzativo	Autorizzazione Unica Ambientale.
	Segnalazione dei cittadini	Segnalazioni telefoniche, Esposti scritti a: Organi di Vigilanza, Magistratura, Comune
Presenza di prescrizioni in autorizzazione	Monitoraggio	Il provvedimento AUA non prevedeva inizialmente prescrizioni in tema di emissioni odorigene ma solo di controllo alle emissioni convogliate sui parametri chimici tipici delle produzioni di conglomerati bituminosi: Polveri, Silice, IPA, Composti Organici Volatili espressi come Carbonio, NO _x , SO ₂ .
	Modalità gestionali	Il provvedimento AUA prevedeva inizialmente le prescrizioni gestionali relative alla produzione di polveri ma non alle emissioni odorigene.
Presenza di sistemi di mitigazione per odori	Il provvedimento AUA prevedeva inizialmente la chiusura e captazione dell'aria proveniente dal mescolatore inerti-bitume, inviata al camino dell'essiccatore senza trattamenti. Le zone di sollevamento e scarico nelle betoniere del conglomerato erano solo tamponate lateralmente ma non aspirate. Altre prescrizioni gestionali riguardavano aspetti relativi alla produzione di polveri ma non alle emissioni odorigene.	
Attività messe in atto dall'agenzia e/o dal Gestore	Olfattometria dinamica	Analisi olfattometriche eseguite a più riprese dal Gestore sulle emissioni convogliate e diffuse.
	Monitoraggio chimico <i>determinazioni di sostanze chimiche traccianti dell'odore</i>	Analisi chimiche fiscali e di caratterizzazione dettagliata sulle sole emissioni eseguite a più riprese dal gestore e da ARPAE sulle emissioni dell'essiccatore (unica sorgente convogliata).
	Nasi elettronici	No
	Altri metodi strumentali	No
	Coinvolgimento della popolazione	Agende di odore.
Esito dell'indagine	Individuazione e conferma della significatività della sorgente odorigena (tra quelle ipoteticamente responsabili) e dell'oggettività della molestia attestata da sopralluoghi, analisi olfattometriche, riscontri anemometrici e congruità con mappe di ricaduta elaborate secondo DGR Lombardia. Individuazione del problema nelle emissioni diffuse non captate.	
Proposte dell'Agenzia	Chiusura e captazione delle zone di trasporto del conglomerato fresco dal mescolatore al silos di stoccaggio. Chiusura e captazione delle zone di scarico del conglomerato fresco nella betoniera. Installazione di impianto di separazione nebbie e vapori dai fumi generati dalla movimentazione del conglomerato bituminoso fresco e convogliamento dell'aria al camino dell'essiccatore. Installazione di impianto di nebulizzazione sostanze anti odorazione osmogene nelle zone di scarico del conglomerato fresco nella betoniera.	

Innalzamento camino di espulsione.

Scheda n. 18

Tipologia Di Impianto	IMPIANTO DI PRODUZIONE DI PIASTRELLE CERAMICHE (I)	
Agenzia	ARPA EMILIA ROMAGNA	
Caso d'indagine	<i>Procedimento autorizzativo</i>	Nuovo stabilimento con Autorizzazione Integrata Ambientale.
	<i>Segnalazione dei cittadini</i>	Segnalazioni telefoniche, Esposti scritti a: Organi di Vigilanza, Magistratura, Comune, Regione.
Presenza di prescrizioni in autorizzazione	<i>Monitoraggio</i>	In assenza di preventivi riscontri in merito all'ipotesi di maleodorazione, l'AIA non prevedeva specifiche prescrizioni in tema di emissioni odorigene ma solo di controllo alle emissioni convogliate sui parametri chimici tipici delle produzioni ceramiche: Polveri, Piombo, Acido Fluoridrico, Aldeidi, Composti Organici Volatili espressi come Carbonio, NO _x , SO ₂ .
	<i>Modalità gestionali</i>	In assenza di preventivi riscontri in merito all'ipotesi di maleodorazione, l'AIA non prevedeva inizialmente specifiche prescrizioni gestionali in tema di emissioni odorigene ma solo sui principali aspetti ambientali delle produzioni ceramiche.
Presenza di sistemi di mitigazione per odori	In assenza di preventivi riscontri in merito all'ipotesi di maleodorazione, l'AIA non prevedeva specifici sistemi di mitigazione delle emissioni odorigene.	
Attività messe in atto dall'agenzia e/o dal Gestore	<i>Olfattometria dinamica</i>	Analisi olfattometriche eseguite a più riprese dal Gestore e da ARPAE sulle emissioni del forno (fonte responsabile dell'odore).
	<i>Monitoraggio chimico determinazioni di sostanze chimiche traccianti dell'odore</i>	Analisi chimiche fiscali e di caratterizzazione dettagliata eseguite a più riprese dal gestore e da ARPAE sulle emissioni del forno (fonte responsabile dell'odore) impiego di nasi elettronici.
	<i>Nasi elettronici</i>	---
	<i>Altri metodi strumentali</i>	---
	<i>Coinvolgimento della popolazione</i>	Agende di odore e campionamenti ambientali a seguito di segnalazioni.
Esito dell'indagine	Conferma della significatività della sorgente odorigena e dell'oggettività della molestia attestata da sopralluoghi, riscontri di traccianti in ambiente, analisi olfattometriche, congruità con mappe di ricaduta elaborate secondo DGR Lombardia. Individuazione del problema nelle materie prime per il decoro delle piastrelle con tecnica innovativa di stampa digitale, che nel forno di cottura si decompongono a miscele fortemente odorigene.	
Proposte dell'Agenzia	Valutazione sostituzione materie prime con altre a basso contenuto di COV o con prodotti a base acqua. Installazione di impianto di depurazione fumi a carboni attivi. Nel periodo transitorio di installazione dell'impianto di depurazione, obbligo di produzione di materiali con decorazioni a basso contenuto di COV o ottenuti con tecniche diverse dalla stampa digitale. Introduzione nel Piano di	

Monitoraggio e Controllo dell'AIA di periodiche analisi olfattometriche sulle diverse tipologie produttive.

Scheda n. 19

Tipologia Di Impianto	IMPIANTO DI PRODUZIONE DI PIASTRELLE CERAMICHE (II)	
Agenzia	ARPA EMILIA ROMAGNA	
Caso d'indagine	Procedimento autorizzativo	Autorizzazione Integrata Ambientale.
	Segnalazione dei cittadini	Segnalazioni telefoniche. Esposti scritti a: Organi di vigilanza, Magistratura, Comune, Regione.
Presenza di prescrizioni in autorizzazione	Monitoraggio	L'AIA non prevedeva inizialmente specifiche prescrizioni in tema di emissioni odorigene ma solo di controllo alle emissioni convogliate sui parametri chimici tipici delle produzioni ceramiche: Polveri, Piombo, Acido Fluoridrico, Aldeidi, Composti Organici Volatili espressi come Carbonio, NO _x , SO ₂ .
	Modalità gestionali	L'AIA non prevedeva inizialmente specifiche prescrizioni gestionali in tema di emissioni odorigene ma solo sui principali aspetti ambientali delle produzioni ceramiche.
Presenza di sistemi di mitigazione per odori	L'AIA non prevedeva inizialmente specifici sistemi di mitigazione delle emissioni odorigene.	
Attività messe in atto dall'agenzia e/o dal Gestore	Olfattometria dinamica	Analisi olfattometriche eseguite a più riprese dal Gestore sulle emissioni dei forni (fonte responsabile dell'odore).
	Monitoraggio chimico <i>determinazioni di sostanze chimiche traccianti dell'odore</i>	Analisi chimiche fiscali e di caratterizzazione dettagliata eseguite a più riprese dal Gestore e da ARPAE sulle emissioni del forno (fonte responsabile dell'odore).
	Nasi elettronici	Campagna di indagine di 2 mesi con collocazione dello strumento nella zona di provenienza delle segnalazioni.
	Altri metodi strumentali	Utilizzo di strumenti di campionamento ambientali, attivabili in tempo reale su segnalazione; i campioni sono stati sottoposti ad analisi chimica.
	Coinvolgimento della popolazione	Agende di odore e campionamenti ambientali a seguito di segnalazioni.
Esito dell'indagine	Conferma della significatività della sorgente odorigena e dell'oggettività della molestia attestata da sopralluoghi, analisi olfattometriche, congruità con mappe di ricaduta elaborate secondo DGR Lombardia. Individuazione del problema nelle materie prime per il decoro delle piastrelle con tecnica innovativa di stampa digitale, che nel forno di cottura si decompongono a miscele fortemente odorigene.	
Proposte dell'Agenzia	Valutazione sostituzione materie prime con altre a basso contenuto di COV o con COV all'acqua. Installazione di impianto di depurazione fumi ad iniezione di calce e carboni attivi nel gas da depurare. Innalzamento camini di espulsione.	

Scheda n. 20

Tipologia Di Impianto	INDUSTRIA FARMACEUTICA	
Agenzia	ARPA PIEMONTE	
Caso d'indagine	Procedimento autorizzativo	Autorizzazione Integrata Ambientale.
	Segnalazione dei cittadini	Segnalazioni di disturbo olfattivo indirizzate a Comune e ARPA.
Presenza di prescrizioni in autorizzazione	Monitoraggio	Verifica annuale dell'efficienza di abbattimento del biofiltro attraverso la misurazione della concentrazione degli odori a monte e a valle del medesimo.
	Modalità gestionali	Gli impianti devono essere gestiti evitando, per quanto possibile, che si generino emissioni diffuse, tecnicamente convogliabili, dalle lavorazioni autorizzate. Devono essere inoltre evitati gli stoccaggi a cielo aperto di materiali di ogni specie che possano dare luogo ad emissioni odorigene. Individuazione di alcune tipologie di rifiuti prodotti e relativi accorgimenti da adottare per il contenimento delle emissioni odorigene.
Presenza di sistemi di mitigazione per odori	Biofiltro.	
Attività messe in atto dall'agenzia e/o dal Gestore	Olfattometria dinamica	Autocontrolli e verifica ARPA dell'efficienza di abbattimento del biofiltro.
	Monitoraggio chimico <i>determinazioni di sostanze chimiche traccianti dell'odore</i>	Analisi di caratterizzazione mediante GC-MS con criofocalizzazione – metodo EPA-TO15 eseguite da ARPA sulle emissioni convogliate (monte/valle del biofiltro) e diffuse (vasche dell'impianto di depurazione acque reflue).
	Nasi elettronici	Analisi ARPA: addestramento del naso elettronico mediante campionamenti a biofiltro e dalle sorgenti diffuse.
	Altri metodi strumentali	----
	Coinvolgimento della popolazione	Sì, ma senza una raccolta sistematica delle segnalazioni mediante questionari.
Esito dell'indagine	Verifica della variabilità dell'emissione a biofiltro in funzione della temperatura di processo e dell'entità contenuta delle emissioni in termini di concentrazione e portata di odore, in particolare a seguito di alcuni interventi strutturali nel ciclo produttivo. Importanza dei parametri meteorologici spesso causa di scarsa diffusione delle emissioni.	
Proposte dell'Agenzia	-----	

Scheda n. 21

Tipologia Di Impianto	IMPIANTO DI PRODUZIONE CARTA E CARTONI, CON IMPREGNAZIONE FENOLICA E MELAMMINICA	
Agenzia	ARPA PIEMONTE	
Caso d'indagine	Procedimento autorizzativo	Autorizzazione Integrata Ambientale.
	Segnalazione dei cittadini	Segnalazioni di disturbo olfattivo indirizzate a Comune e ARPA.
Presenza di prescrizioni in autorizzazione	Monitoraggio	Analisi periodiche di COV e formaldeide alle emissioni in atmosfera.
	Modalità gestionali	Gli impianti devono essere gestiti evitando, per quanto possibile, che si generino emissioni diffuse tecnicamente convogliabili dalle lavorazioni autorizzate. Devono essere inoltre evitati gli stoccaggi a cielo aperto di materiali di ogni specie che possano dare luogo ad emissioni odorigene.
Presenza di sistemi di mitigazione per odori	----	
Attività messe in atto dall'agenzia e/o dal Gestore	Olfattometria dinamica	----
	Monitoraggio chimico <i>determinazioni di sostanze chimiche traccianti dell'odore</i>	Analisi di caratterizzazione mediante GC-MS con criofocalizzazione – metodo EPA-TO15 eseguite da Arpa sulle emissioni convogliate e diffuse.
	Nasi elettronici	Analisi ARPA: addestramento del naso elettronico e monitoraggio in campo in una campagna estiva ed una invernale con posizionamento del naso elettronico sul mezzo mobile di monitoraggio della qualità dell'aria.
	Altri metodi strumentali	---
	Coinvolgimento della popolazione	Sì, ma senza una raccolta sistematica delle segnalazioni mediante questionari.
Esito dell'indagine	L'indagine ha riguardato anche l'analisi anemologica ma è da completare con verifiche olfattometriche; il disturbo legato all'attività dell'impianto sembra essere contenuto. La scelta di posizionare il naso elettronico sul mezzo mobile della qualità dell'aria per il monitoraggio in campo ha consentito di risolvere la difficoltà di individuare un punto di posizionamento del naso elettronico idoneo dal punto di vista delle possibili schermature, della sicurezza e del collegamento alla rete elettrica. Ha inoltre consentito di verificare, nel periodo di monitoraggio, la situazione generale dell'area dal punto di vista della qualità dell'aria.	
Proposte dell'Agenzia	----	

Scheda n. 22

Tipologia Di Impianto	ALLEVAMENTO INTENSIVO DI POLLAME	
Agenzia	ARPA PIEMONTE	
Caso d'indagine	Procedimento autorizzativo	Autorizzazione Integrata Ambientale.
	Segnalazione dei cittadini	Segnalazioni di disturbo olfattivo indirizzate a Comune e ARPA.
Presenza di prescrizioni in autorizzazione	Monitoraggio	----
	Modalità gestionali	----
Presenza di sistemi di mitigazione per odori	Sistema di estrazione dell'aria (senza un sistema di abbattimento dedicato, solo depolverizzazione).	
Attività messe in atto dall'agenzia e/o dal Gestore	Olfattometria dinamica	Indagine olfattometrica Arpa mediante campionamento di aria ambiente dai diversi capannoni e delle emissioni generate da una vasca di stoccaggio delle acque di lavaggio dei depolverizzatori.
	Monitoraggio chimico <i>determinazioni di sostanze chimiche traccianti dell'odore</i>	----
	Nasi elettronici	----
	Altri metodi strumentali	----
	Coinvolgimento della popolazione	Sì, ma senza una raccolta sistematica delle segnalazioni mediante questionari.
Esito dell'indagine	Differenze in termini di concentrazione e portata di odore tra i vari capannoni in funzione della densità di animali presenti e di diversi soleggiamenti. Le sorgenti a maggiore impatto olfattivo risultano essere le estrazioni d'aria dai capannoni di stabulazione, mentre sono trascurabili le emissioni odorigene provenienti dalle acque di lavaggio per l'abbattimento polveri	
Proposte dell'Agenzia	Valutazione di modifiche da apportare al sistema di espulsione in atmosfera dell'aria estratta dai capannoni a favore di sbocchi a direzione verticale verso l'alto, per migliorare la dispersione delle emissioni. La modifica della direzione dello sbocco dovrà tener conto che la scelta operata dalla azienda della direzione verso il basso va nella direzione della limitazione della polverosità, pertanto si dovrà attentamente vagliare qualsiasi ipotesi alternativa, preventivamente alle azioni correttive.	

Sistema agenziale
Programma triennale 2014-2016

Gdl n. 13 – Area 3 Controlli
“Metodologie per la valutazione delle emissioni odorigene”

Nota di sintesi per approvazione in Consiglio del Sistema Nazionale

Documento di sintesi

Sommario. 1. Informazioni generali – 2. Sintetica descrizione del prodotto – 3. Processo di validazione: punti di forza e punti di debolezza del prodotto – 4. Proposta delibera/raccomandazione/ rapporto tecnico e sperimentazione - 5. Diffusione del prodotto 6. Eventuale condivisione con soggetti esterni 7. Trasmissione amministrazioni centrali/territoriali 8. Parere del responsabile di area

1. Informazioni generali

Il tema del monitoraggio, controllo e valutazione dell'impatto olfattivo prodotto da alcune realtà industriali è oggetto di sempre maggior attenzione per la Pubblica Amministrazione, per gli Enti preposti al rilascio delle autorizzazioni ambientali e, di conseguenza, per gli Enti di controllo in relazione alle sempre più numerose segnalazioni e richieste di intervento da parte della popolazione esposta che rivendica una migliore qualità della vita. L'impossibilità di disporre di una normativa ambientale specifica e di tecnologie e norme tecniche strumentali adeguate alla complessità del problema determinano la difficoltà dell'Ente di controllo nella valutazione complessiva dell'impatto dei fenomeni osmogeni. I differenti approcci di monitoraggio disponibili, l'esigenza di valutarne l'efficacia e l'accuratezza su base scientifica e la necessità di integrarne le risposte analitiche ed utilizzarle opportunamente in relazione alle differenti tipologie di impianti e di obiettivo di controllo, impongono una riflessione coordinata delle Agenzie anche in riferimento alle normative/Linee Guida di settore di cui gli Enti che rilasciano le autorizzazioni si stanno dotando.

Il documento prodotto nasce dall'esigenza del Sistema Agenziale di disporre di un quadro di riferimento comune, data l'eterogeneità delle esperienze acquisite e delle metodologie di approccio utilizzate, in considerazione delle dotazioni tecnico - strumentali disponibili per ciascuna Agenzia e della specificità delle attività produttive del territorio.

Pertanto, l'obiettivo del lavoro del GdL è stato fornire agli Enti di Controllo informazioni utili per la scelta degli approcci adeguati ad effettuare un'azione di prevenzione, controllo e valutazione delle emissioni odorigene, tenendo conto del più recente stato dell'arte relativamente alla normativa, alle metodologie utilizzabili più robuste, alla ricognizione delle esperienze di successo in corso e alle tecnologie disponibili.

Inoltre, la recente introduzione dell'art. 272-bis “Emissioni odorigene” nell'ambito del D.Lgs. 152/06, se da un lato rappresenta un avanzamento nella regolamentazione nazionale degli odori, dall'altro, di fatto, demanda alle normative regionali o alle autorizzazioni l'adozione di misure per la prevenzione e la limitazione delle emissioni odorigene con la previsione, al comma 2, della possibilità, da parte del Coordinamento previsto dall'articolo 20 del decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155, di elaborare indirizzi in relazione alla definizione di valori limite di emissione e metodi di monitoraggio e determinazione degli impatti. Tale contesto normativo accresce l'esigenza del Sistema Agenziale di procedere ad un'armonizzazione e sistematizzazione delle procedure su scala nazionale che trovi fondamento in un background tecnico – scientifico condiviso. Infatti, i percorsi metodologici applicabili al monitoraggio, al controllo e alla valutazione degli impatti dovrebbero essere comuni su tutto il territorio nazionale. Il documento prodotto è stato definito, quindi, con tale obiettivo ed individua un punto di partenza per doverosi e successivi approfondimenti tecnici su aspetti non

standardizzati nelle vigenti normative tecniche di settore (ad esempio, modelli di dispersione applicati agli odori, piani di gestione, dettagli operativi specifici su particolari tipologie di campionamento).

Agenzia coordinatore del GDL:
ARPA Puglia

Agenzie partecipanti come componenti del GDL:
ARPA Piemonte
ARPA Friuli Venezia Giulia
ARPA Emilia Romagna
ARPA Lombardia
ISPRA
ARPA Campania (osservatore)
ARTA Abruzzo (osservatore)
ARPA Sicilia (osservatore)

Agenzie partecipanti come referenti del GDL:
ARPA Basilicata
ARPA Calabria
ARPA Liguria
ARPA Toscana
ARPA Marche
ARPA Umbria
ARPA Sardegna
ARPA Veneto
ARPA Valle d'Aosta
Provincia Autonoma di Trento

2. Sintetica descrizione del prodotto

Il documento di sintesi prodotto nell'ambito del GdL 13 affronta in maniera organica i diversi aspetti che attengono alla problematica delle emissioni odorigene. Nella fase iniziale, data l'eterogeneità delle esperienze acquisite dalle diverse Agenzie nell'adozione delle metodologie di approccio al problema e delle reali possibilità di intervento, l'attività del GdL si è concentrata sull'obiettivo di focalizzare e fornire gli strumenti di conoscenza per attuare compiutamente un'azione di prevenzione, controllo e valutazione delle emissioni odorigene e delle loro ricadute sul territorio.

Il lavoro svolto ha consentito di approfondire singolarmente le diverse possibilità di approccio metodologico, per affrontare i differenti aspetti della problematica, a partire dal monitoraggio e controllo delle emissioni odorigene, fino alla valutazione di impatto con l'ausilio di metodi predittivi e all'adozione di strumenti preventivi per la riduzione dell'emissione, attraverso opportune tecnologie di trattamento ed accorgimenti di tipo gestionale.

La variabilità delle sorgenti, la tipologia di emissione e la sua modalità di diffusione, nonché la stretta connessione con la soggettività della percezione umana impongono, tuttavia, l'adozione di una combinazione di diversi strumenti, in grado di fornire informazioni complementari adottando una strategia opportunamente pianificata a seconda dello scopo di indagine, del livello di dettaglio richiesto e delle informazioni a disposizione.

Ciascuna ARPA/ISPRA del GdL, sulla base delle proprie competenze ed esperienze, della letteratura esistente e di quanto emerso dalla fase di ricognizione ha sviluppato un aspetto specifico, successivamente condiviso ed approvato dagli altri membri del gruppo.

Il documento è strutturato in specifici capitoli in cui è possibile reperire informazioni circa:

- **Capitolo 1 - L'odore e la sua percezione** (argomenti: breve descrizione del meccanismo fisiologico di percezione dell'odore; caratteristiche proprie delle sostanze odorogene; fattori che possono contribuire a determinare la molestia olfattiva).
- **Capitolo 2 - I principali riferimenti normativi in materia di odori** (argomenti: esempi di approcci normativi internazionali, con particolare riferimento alle disposizioni nella normativa ambientale nazionale e regionale nonché ad aspetti riguardanti gli orientamenti giurisprudenziali in materia).
- **Capitolo 3 - Elementi valutativi nell'ambito di procedure di autorizzazione** (argomenti: elementi utili per esaminare la documentazione prodotta da impianti a rischio osmogeno nell'ambito delle procedure autorizzative).
- **Capitolo 4 - Metodologie di monitoraggio delle emissioni odorigene** (argomenti: aspetti relativi al monitoraggio, dalla fase di campionamento all'analisi; trattazione delle metodologie applicabili: monitoraggio chimico, olfattometria dinamica, metodi senso-strumentali, coinvolgimento diretto della popolazione).
- **Capitolo 5 - Modelli di dispersione per la valutazione dell'impatto olfattivo** (argomenti: applicazione dei modelli di dispersione in riferimento a Linee Guida specifiche redatte in ambito regionale).
- **Capitolo 6 - Approcci integrati per la valutazione della molestia olfattiva** (argomenti: integrazione di diversi strumenti di valutazione in casi di molestia olfattiva).
- **Capitolo 7 - Metodologie di abbattimento delle emissioni odorigene** (argomenti: disamina delle principali tecnologie di abbattimento delle emissioni odorigene, focus su possibili interventi gestionali e di mitigazione per alcune tipologie di impianti).
- **Allegato** - Schede di sintesi relative ad applicazioni di approcci metodologici integrati in casi studio specifici affrontati da diverse ARPA nella gestione di casi di molestia olfattiva.

La fase di condivisione del documento con la rete dei referenti ha evidenziato un generale apprezzamento per il lavoro svolto da parte di ARPA Sardegna, Umbria e Toscana. In particolare, ARPA Toscana ha anche predisposto un documento di osservazioni, di cui si è tenuto conto nella versione finale.

3. Processo di validazione: punti di forza e punti di debolezza del prodotto

Punti di forza. Il prodotto tiene conto di tutti gli aspetti che riguardano la problematica delle emissioni odorigene con particolare riferimento ai temi che le Agenzie affrontano durante le loro attività. In particolare, la condivisione delle esperienze e delle competenze sviluppate territorialmente ha consentito di evidenziare che poche Agenzie hanno dotazioni strumentali e risorse umane con profilo specialistico tali da poter intervenire in maniera efficace; pertanto, il documento delinea una traccia utile fornendo gli strumenti necessari anche per quelle Agenzie che intendono implementare tali attività.

Punti di debolezza. I lavori del GdL sono partiti con notevole ritardo (riunione di avvio dei lavori in luglio 2016) a causa della rinuncia del primo coordinatore del GdL e della sua sostituzione, nel mese di ottobre 2016, con l'attuale coordinatore. Pertanto, la realizzazione del prodotto ha richiesto uno slittamento dei tempi indicati nel cronoprogramma definito nel POD. Inoltre, la complessità del tema, la mancanza di riferimenti nazionali, le eterogenee esperienze delle ARPA, hanno richiesto numerosi confronti interni. Il percorso ha portato così ad un prodotto che rappresenta un punto di partenza per doverosi e successivi approfondimenti tecnici su aspetti non standardizzati nelle vigenti normative tecniche di settore (ad esempio, modelli di dispersione applicati agli odori, piani di gestione, dettagli operativi specifici su particolari tipologie di campionamento).

4. Proposta delibera/raccomandazione/rapporto tecnico e sperimentazione

In allegato viene riportata la proposta di Delibera con cui il Consiglio SNPA adotterà il prodotto.

5. Diffusione del prodotto

Il documento potrà essere adottato da tutte le ARPA ed Enti coinvolti nel rilascio delle autorizzazioni ambientali come riferimento base per le attività conoscitive e di valutazione in merito al tema del monitoraggio, controllo e valutazione dell'impatto olfattivo prodotto dalle realtà industriali a potenziale rischio osmogeno.

6. Eventuale condivisione con soggetti esterni

Il documento non è stato condiviso con soggetti esterni, per problemi legati alle tempistiche di consegna.

7. Trasmissione amministrazioni centrali/territoriali

Dato il particolare interesse per la tematica, il documento potrà essere di interesse dell'intero SNPA ma anche delle Regioni e/o di altri Enti coinvolti nella gestione di problematiche ambientali. Si pone alla valutazione del Consiglio l'opportunità dell'invio del documento al MATTM per un suo utilizzo nell'ottica della recente introduzione dell'art. 272-bis "Emissioni odorigene" nell'ambito del D.Lgs. 152/06.

8. Parere del Responsabile di area

30 aprile 2018

*Il Coordinatore del GDL 13
Dr.ssa Magda Brattoli*