



LE SOSTANZE ODORIGENE E LE METODOLOGIE DI INDAGINE PER IL LORO CONTROLLO E MONITORAGGIO

Ing.Vincenzo CAMPANARO – Dott.ssa Magda BRATTOLI



ODORE

VARIABILE AMBIENTALE CHE PUÒ DETERMINARE LA QUALITÀ DELLA VITA

- ✗ IMPREVEDIBILITÀ DEL DISTURBO
- ✗ PERSISTENZA NEL TEMPO
- ✗ IMPOSSIBILITÀ DI DIFENDERSI

EFFETTO NEGATIVO SULLO
STATO PSICOFISICO
DELL'UOMO

SINTOMI FISIOLÓGICI

(problemi respiratori, nausea, mal di testa, irritazione agli occhi, alla gola...)

STRESS PSICOLOGICO

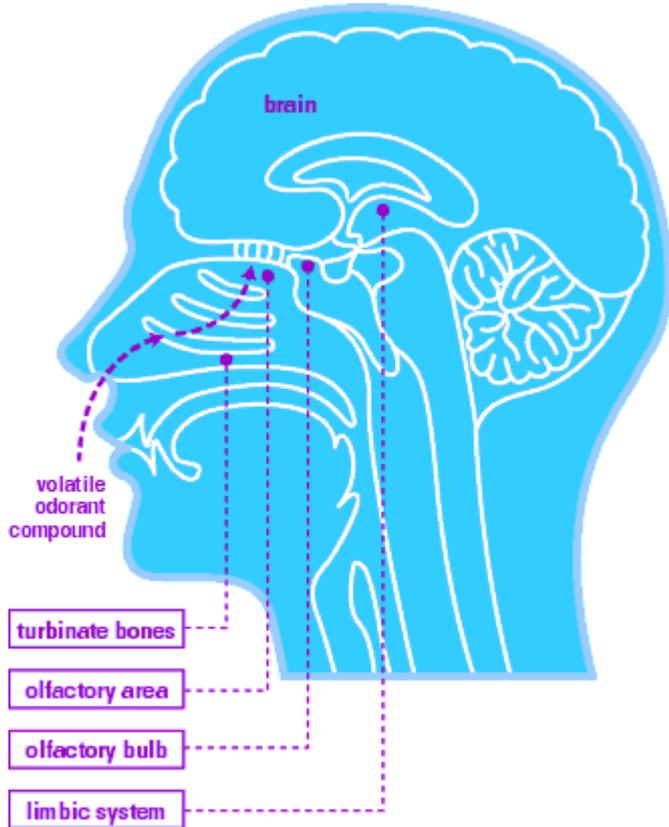
(ansia, depressione)

CONTESTO SOCIALE

(impoverimento della qualità dell'ambiente, svalutazione dei beni e perdita del loro normale uso, interferenza con le attività commerciali, turistiche, incertezza sulla sicurezza...)

PROBLEMA DI ACCETTABILITÀ SOCIALE DEGLI
IMPIANTI

IL MECCANISMO FISILOGICO



**INTERAZIONE AMBIENTE ESTERNO /
SISTEMA OLFATTIVO CENTRALE**



CELLULE SENSORIALI LOCALIZZATE NEL NASO



Stimolo trasmesso
attraverso vie nervose
olfattorie

CERVELLO

ELABORAZIONE DELLA RISPOSTA

sia in termini cognitivi di riconoscimento e
valutazione della sensazione, sia
introducendo componenti emozionali ed
istintive

CARATTERISTICHE DEGLI ODORI

La potenzialità osmogena di un composto dipende dai seguenti aspetti:

Oggettivi propri della sostanza:

- *volatilità*
- *idrosolubilità*
- *ecc.*

Soggettivi:

- *fisiologico*
- *psicologico*

Ambientali:

- *temperatura*
- *pressione*
- *umidità dell'aria*
- *vento*

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 ricettivo

Soglia di percettibilità (odour threshold - OT)

concentrazione minima (Absolute Threshold Concentration, ATC)
percepibile dal 50% della popolazione esposta.



In letteratura sono state determinate sperimentalmente le concentrazioni corrispondenti alle **soglie** olfattive di molti **composti**. **Questi valori sono utilizzabili solo quando si riferiscono a sostanze pure.**

In presenza di **miscele** si possono verificare, nella sovrapposizione di diverse sostanze **effetti di additività, sinergia e antagonismo:**

Additività: $R_{AB} = R_A + R_B$

Sinergia: $R_{AB} > R_A + R_B$

Antagonismo: $R_{AB} < R_A + R_B$

dove R rappresenta l'odor threshold

Soglia di contestazione: soglia di concentrazione alla quale un odore inizia a provocare una sensazione di fastidio.

Soglia di riconoscimento: concentrazione alla quale si riesce non solo a rilevare la presenza di un odore, ma anche a **distinguerlo qualitativamente.**

TOSSICITÀ DELLE SOSTANZE ODORIGENE

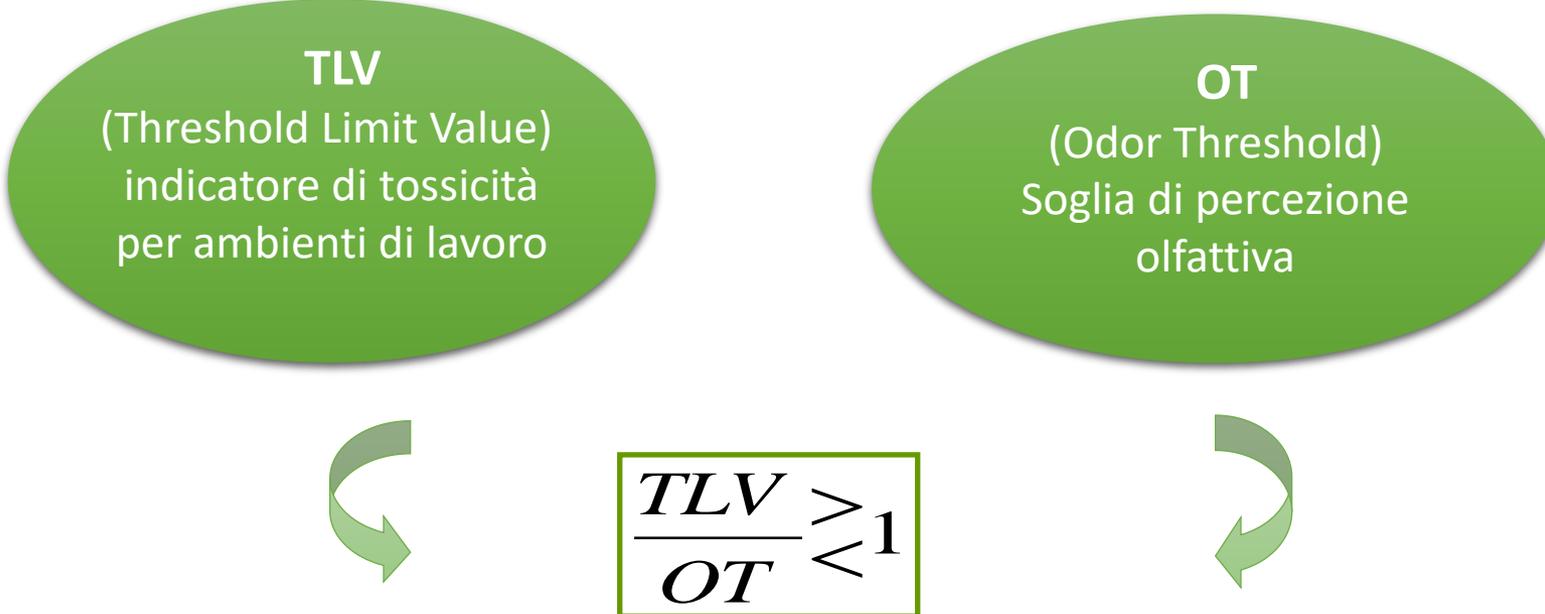
*I composti maleodoranti **non** sono necessariamente associati ad effetti tossici. I possibili **effetti nocivi** sono connessi alle **attività riflesse** prodotte dal fastidio olfattivo a livello di disturbi gastrici, di mal di testa, di disturbi del sonno, di perdita di appetito*

TLV

(Threshold Limit Value)
indicatore di tossicità
per ambienti di lavoro

OT

(Odor Threshold)
Soglia di percezione
olfattiva


$$\frac{TLV}{OT} > 1$$
$$\frac{TLV}{OT} < 1$$

CARATTERISTICHE DEGLI ODORI

Solubilità

Un odore può essere rilevato solo quando una molecola gassosa si dissolve nella mucosa olfattiva e riesce a legarsi ad un recettore.

Volatilità

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.

Intensità

L'intensità è una misura della grandezza della sensazione che lo stimolo genera ed è chiaramente **dipendente** dall'odorante e dall'individuo che lo avverte.

Equazione di Weber-Fechner esprime **l'intensità di odore**:

$$I = K \log C$$

*I = intensità della risposta percepita; K = costante caratteristica della sostanza;
C = concentrazione della sostanza odorigena; K per le diverse sostanze varia da 0.2 a 0.36.*

Tono edonico

Le nostre reazioni agli odori sono involontarie e spontanee; **ogni percettore avverte** accanto all'intensità dell'odore il cosiddetto "tono edonico": lo considera più o meno gradevole, sgradevole o indifferente

<i>Intensità di odore</i>	<i>Intensità</i>	<i>Tono edonico</i>
<i>Impercettibile</i>	<i>0</i>	<i>Nessun fastidio</i>
<i>Appena percettibile</i>	<i>1</i>	<i>Fastidio molto leggero</i>
<i>Debole</i>	<i>2</i>	<i>Fastidio leggero</i>
<i>Distinto</i>	<i>3</i>	<i>Fastidio distinto</i>
<i>Forte</i>	<i>4</i>	<i>Fastidio serio</i>
<i>Molto forte</i>	<i>5</i>	<i>Fastidio molto serio</i>
<i>Intollerabilmente forte</i>	<i>6</i>	<i>Fastidio intollerabilmente serio</i>

Scala di giudizio per intensità di odore e tono edonico a 6 livelli (normativa tedesca VDI 3882:1994)

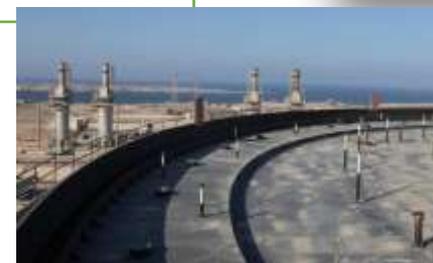
Natura chimica degli odori

L'odore dipende da una vasta gamma di sostanze potenzialmente odorigene

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

FONTI DI ODORI MOLESTI

- Impianti di trattamento e smaltimento di rifiuti
- Impianti di depurazione delle acque reflue civili ed industriali
- Allevamenti zootecnici e impianti agricoli
- Raffinazione del petrolio
- Lavorazione del legno (cartiere) e dei metalli (ferro)
- Industria alimentare e lavorazione di sottoprodotti animali e vegetali (“rendering”)
- Industria chimica, farmaceutica e delle materie plastiche
- Concerie
- Sansifici



APPROCCIO CONVENZIONALE PER IL CONTROLLO DELLE EMISSIONI ED IL MONITORAGGIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA



Controllo delle emissioni

determinazioni in continuo / discontinuo
(controllo di processo)

singoli parametri (CO, polveri, NOx,...)

metodologie analitiche di riferimento

limiti normativi



Valutazione dell'impatto e stima delle ricadute degli inquinanti sul territorio

strumenti di supporto alle decisioni
(modelli di dispersione sui singoli parametri)

sceita del modello dispersione

- *Dati meteorologici*
- *Dati orografici*
- *Dati emissivi*

scenari short term ad alta definizione temporale (orari,...)
scenari long term (stagionali, annuali)
worst cases



Monitoraggio della qualità dell'aria in punti rappresentativi

determinazioni in continuo / discontinuo

singoli parametri (CO, PM10, NO2,...)

metodologie analitiche di riferimento

limiti normativi

Controllo delle emissioni

determinazioni in continuo / discontinuo

Emissioni ad alta variabilità (in gran parte diffuse)



Controllo di processo?

singoli parametri (CO, polveri, NO_x,...)

L'odore è determinato da un numero elevato di composti a differenti livelli di concentrazione che interagiscono tra loro

Difficoltà di individuare un metodo analitico per determinare il maggior numero di composti

metodologie analitiche di riferimento

- Determinazione di tutte le componenti
- Limite di rivelabilità
- Relazionare misure analitiche con l'intensità dell'odore percepito dall'uomo

limiti normativi

Introdotti nuovi approcci analitici

- Olfattometria dinamica (unità odorimetrica) (standardizzato)
- Sensori multiparametrici (misure in continuo)

Manca una normativa nazionale; qualche regione italiana ha proprie linee guida e/o leggi regionali

Valutazione dell'impatto e **stima** delle **ricadute** degli inquinanti sul territorio

strumenti di supporto alle decisioni
(modelli di dispersione sui singoli
parametri)

scelta del modello dispersione

- *Dati meteorologici*
- *Dati topografici*
- *Dati emissivi*

- scenari short term
- scenari long term (stagionali, annuali)
- worst cases

Proprietà chimico – fisiche diverse
Modificazioni e interazioni

Concentrazione di odore modellato come
singolo indicatore

Rappresentatività dei tempi medi
utilizzati per le simulazioni rispetto alla
percezione olfattiva

Emissioni odorigene spesso discontinue con
alternanza di periodi ad elevata emissione e
bassa emissione



È POSSIBILE APPLICARE LO STESSO APPROCCIO PER LE EMISSIONI ODORIGENE?

Monitoraggio della qualità dell'aria in punti rappresentativi

determinazioni in continuo / discontinuo

Recettori sensibili

L'odore è determinato da un numero elevato di composti a differenti livelli di concentrazione che interagiscono tra loro

Difficoltà di individuare una metodologia che determini il maggior numero di composti

singoli parametri (CO, PM₁₀, NO₂,...)

- Determinazione di tutte le componenti
- Limite di rivelazione
- Relazionare misure analitiche con l'intensità dell'odore percepito dall'uomo

metodologie analitiche di riferimento

- Introdotti nuovi approcci analitici
- Olfattometria dinamica (unità odorimetrica) (standardizzato)
 - Sensori multiparametrici (misure in continuo)

limiti normativi

Manca una normativa nazionale; qualche regione italiana ha proprie linee guida e/o leggi regionali

SENSORIALI

Impiegano il **naso umano** come sensore per cui si riferiscono alla sensazione che gli odori provocano nelle persone

➡ **Olfattometria dinamica** (UNI EN 13725: 2004)

➡ Determinazione del livello di esposizione olfattiva in aria ambiente utilizzando valutatori umani (panel addestrato): **Field inspection** (UNI EN 16841-1:2017 - UNI EN 16841-2:2017)

ANALITICHE

Misurano qualitativamente e quantitativamente la composizione di una **miscela di analiti**

➡ In continuo/semicontinuo

➡ Discontinuo

SENSO - STRUMENTALI

Svolgono per via strumentale le funzioni del senso dell'olfatto.

➡ IOMS (Instrumental Odour Monitoring System es. **Nasi elettronici**)

➡ Gas cromatografia/olfattometria

SENSORIALI

Impiegano il naso umano come sensore per cui si riferiscono alla sensazione che gli odori provocano nelle persone

➔ **Olfattometria dinamica (UNI EN 13725: 2004)**

NORMA EUROPEA IN MATERIA DI ODORI

EN 13725 “DETERMINATION OF ODOUR CONCENTRATION BY DYNAMIC OLFACTOMETRY” (2003)

*Individua un metodo oggettivo per la determinazione della
concentrazione di odore*

OLFATTOMETRIA DINAMICA

*Tale normativa fornisce le procedure standard per il metodo di misura
olfattometrico, adottato come **base comune**
per la valutazione delle emissioni di odore negli Stati membri dell’**UE**.*

Perché il naso umano?

L'olfatto umano è uno strumento di percezione estremamente **sensibile, superiore, in molti casi, alla capacità di rilevazione delle più evolute strumentazioni di analisi chimico-fisiche**. Infatti le soglie di percezione olfattiva (ossia la concentrazione minima alla quale un composto viene percepito olfattivamente) sono per molti composti **inferiori ai ppb** (ad esempio nel caso di scatolo, mercaptani, dimetilsolfuri e dimetildisolfuri), ossia ben inferiori a quanto si è in grado di misurare con normali tecniche strumentali.

Unità di misura

Si definisce **unità odorimetrica europea (ou_E)** la quantità di odorante che, fatta evaporare in 1 m^3 di aria neutra, in condizioni standard, ed analizzata mediante metodo olfattometrico, produce nel panel una risposta fisiologica (soglia di percezione) equivalente a quella generata da una quantità del gas di riferimento n-butanolo pari a $123\text{ }\mu\text{g}$, fatta evaporare in 1 m^3 di aria neutra in condizioni standard (che produce una concentrazione pari a 40 ppb). Questo implica che qualsiasi odorante, in corrispondenza della soglia di percezione, ha una concentrazione uguale a $1\text{ }ou_E/\text{m}^3$, come n-butanolo.

IL PANEL



Rappresenta il gruppo di valutatori qualificati per essere impiegati come “sensori” nell’analisi olfattometrica. Il panel dovrebbe essere un campione rappresentativo dell’intera popolazione umana.

SELEZIONE DEL PANEL

La scelta dei membri del panel avviene secondo opportuni criteri considerando soggetti aventi una sensibilità olfattiva media per rappresentare la popolazione.

*La scelta viene fatta in termini di “soglia di percezione” verso un odorante di riferimento: **n-butanolo**. La selezione si basa sull’ipotesi di trasferibilità della risposta dei valutatori verso l’odorante di riferimento a qualunque altro odorante. I valutatori vengono monitorati in modo continuo nel corso del tempo (almeno una volta l’anno), per verificarne la rispondenza ai criteri e la stabilità della loro risposta olfattiva.*

PRINCIPIO DEL METODO OLFATTOMETRICO



OLFATTOMETRO

Apparato nel quale un campione di gas odorigeno è diluito con gas neutro secondo un rapporto definito e presentato ad una commissione di valutatori (PANEL)

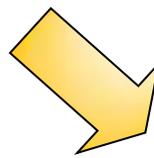
La diluizione continuerà fino a raggiungere la **soglia olfattiva di percezione del panel**, definita come la concentrazione minima di odorante che è percepita con probabilità pari a 0,5.

La concentrazione di odore è numericamente uguale al fattore di diluizione alla soglia di percezione: una concentrazione pari a $200 \text{ ou}_E/\text{m}^3$, significa che il campione originale è stato diluito di un fattore 200 per raggiungere la soglia del panel.

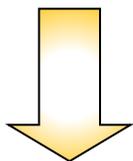
Come effettuare una misura olfattometrica

- Entro 30 ore dal prelievo
- Olfattometro **min 4 rinoanalisti** alla volta
- Presentazione del campione (concentrazione crescente, alternanza aria odorigena diluita/aria neutra, almeno 20% di bianchi)

Modalità di presentazione del campione

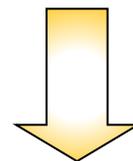


Modalità si/no



All'esaminatore viene chiesto di valutare il gas presentato da una porta specifica e indicare se un odore è percepito o no

Modalità di scelta forzata



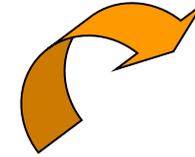
All'esaminatore sono presentate due o più porte, di cui una presenta lo stimolo e le altre no. L'esaminatore deve indicare quale delle porte presenta l'odore.

ELABORAZIONE DEI RISULTATI

Steps	010	029	023	027
0				
0				
8192				
0				
4096				
2048				
1024				
512				
0				
256	Yes		Yes	
128	Yes		Yes	Yes
64	Yes	Yes	Yes	Yes
0				
32	Yes	Yes	Yes	Yes

Matrix: Group 1 Round 2 - 27/06/2007 17.59.4

Steps	010	029	023	027
0				
0				
8192				
4096				
2048				
0				
1024				
512				
0				
256			Yes	
128	Yes		Yes	Yes
0				
64	Yes		Yes	Yes
32	Yes	Yes	Yes	Yes
16	Yes	Yes	Yes	Yes



Media
geometrica

Measurement result

$Z_{ite,pan}$

181 OU_E/m^3 (22,6 dB)

Panel members	Round 1	ΔZ	Round 2	ΔZ	Round 3	ΔZ
010	362	2,0	181	1,0	362	2,0
029	91	-2,0	45	-4,0	91	-2,0
023	362	2,0	362	2,0	362	2,0
027	181	1,0	181	1,0	91	-2,0

Panel members	Err. ref. air	Err. blanks
010	0	0 / 15
029	0	0 / 15
023	0	0 / 15
027	0	0 / 15

Controlli di affidabilità delle risposte:

- Esclusione dei soggetti con più del 20% di errore sui bianchi
- Esclusione dei soggetti che si discostano troppo dalla media delle risposte del gruppo ΔZ (vaglio retrospettivo) $-5 \leq \Delta Z \leq 5$

CAMPIONAMENTO OLFATTOMETRICO

Documenti di riferimento: UNI EN 13725:2004; VDI 3880: 2011; DGR Regione Lombardia n. IX/3018 del 15 febbraio 2012

SCOPO

Frazioni volumetriche di campioni gassosi **rappresentativi** del contesto di indagine (sorgente/aria ambiente)

DEFINIZIONE DELLA STRATEGIA



- ✓ Finalità
- ✓ Parametri di analisi
- ✓ Identificazione dei punti di campionamento
- ✓ Metodologie e dispositivi da impiegare
- ✓ Quando
- ✓ Quanti campioni
- ✓ Durata campionamento

Sito di impianto:

- Ciclo produttivo:
 - i. identificazione del processo/i pertinente/i di produzione dell'odore
 - ii. andamento temporale del processo

- Tipologia di sorgente:
 - i. puntuali, diffuse, fuggitive
 - ii. caratteristiche geometriche delle sorgenti (dimensioni, estensione)
 - iii. accessibilità dei punti di prelievo

- Variabilità dell'emissione (emissione costante ed omogenea)
 - i. possibili fluttuazioni dell'odore nel tempo

- Conoscenza preliminare della composizione chimica dell'emissione (eventuale presenza di composti tossici)

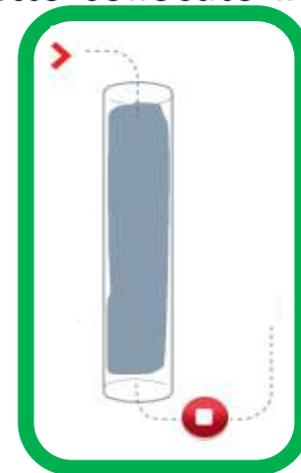
- Identificazione delle condizioni che incidono sull'emissione:
 - i. condizioni incontrollate, per esempio, il tempo atmosferico
 - ii. condizioni controllate o controllabili



Esigenze:

- *Utilizzare materiali conformi ai requisiti della norma UNI EN 13725/2004:*
 - i. apparecchiature: inerti, assenza di odore proprio, superficie liscia, bassa permeabilità (PTFE, FEP, PET, **Nalophan**, vetro, acciaio inossidabile) da evitare gomme siliconiche e naturali
 - ii. contenitori per sacchetti (FEP, PVF, Tedlar, PET, Nalophan); i materiali devono essere sottoposti a prova di idoneità
- *Evitare rischi di contaminazione:*
 - i. Contatto tra apparecchiatura di campionamento e campione mantenuto al minimo
 - ii. Operare procedimenti di pulizia per le parti riutilizzabili e condizionamento

Modalità di raccolta: LUNG – PRINCIPIE (principio del polmone): sacchetto collocato in un contenitore rigido evacuato usando una pompa da vuoto.



CONDIZIONI

- Rischio di condensa del gas prelevato all'interno del supporto utilizzato per il prelievo:
 - i. elevata temperatura del campione gassoso rispetto all'aria ambiente ($> 50^{\circ}\text{C}$)
 - ii. elevato contenuto di umidità nel campione gassoso ($> 90\%$)
- Concentrazione di odore nell'aeriforme da campionare ecceda l'intervallo di diluizione massimo dell'olfattometro impiegato per la misurazione
- Si ritenga opportuno ritardare i processi di ossidazione del campione dovuto alla presenza dell'ossigeno dell'aria, utilizzando un gas neutro (azoto).

MODALITÀ:

- ❖ **Diluizione statica:** si riempie preventivamente parte del sacchetto con un volume noto di gas inerte privo di odore (aria secca o azoto).
DA EVITARE: fattore di diluizione maggiore di 3 (errore nel fattore di diluizione aumenta in maniera significativa)
- ❖ **Diluizione dinamica:** si ottiene miscelando, direttamente in fase di prelievo, un flusso di gas inerte e il flusso di gas campione (apparecchiatura tarata regolarmente)

PUNTUALE: sorgente fissa, discreta di emissione di gas in atmosfera attraverso un camino di espulsione di dimensioni definite e portata dell'aria



DIFFUSA o AREALE: caratterizzate da emissioni distribuite su una superficie estesa solida o liquida:

- **SORGENTI AREALI ATTIVE:** con flusso di aria indotto (es. biofiltri)
 - **SORGENTI AREALI PASSIVE:** senza flusso indotto
- Limite di demarcazione, per convenzione: flusso volumetrico specifico pari a $50 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$



FUGGITIVA: qualsiasi emissione odorigena, generalmente accidentale, casuale, che non può essere correttamente definita e quantificata perché non chiaramente individuabile (perdite da tubi e valvole, da strutture o impianti,...).

VOLUMETRICA: edifici dai quali fuoriescono odori attraverso condotti a ventilazione naturale oppure tramite porte, portoni, finestre o altre aperture.

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 ISO 16911: 2013 Emissioni da sorgente fissa - Determinazione manuale ed automatica della velocità e della portata di flussi in condotti

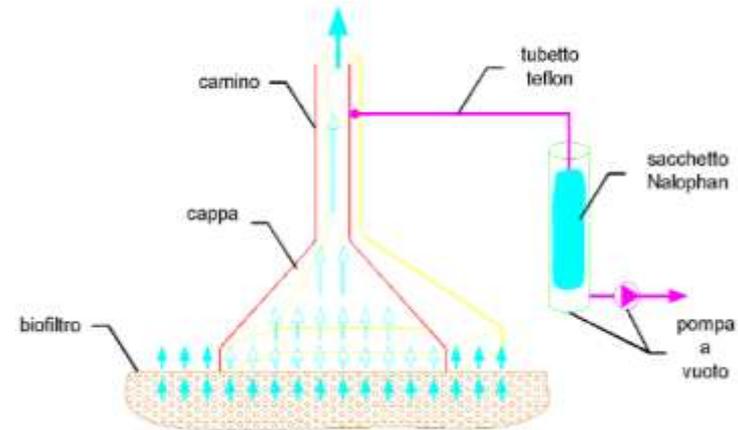
- ✓ Verifica dell'accesso in sicurezza ai punti di prelievo (D.LGS 81/08)
- ✓ Verifica dell'idoneità del punto di prelievo
- ✓ Valutazione dei parametri fluidodinamici (misura velocità, portata volumetrica, umidità, temperatura)
- ✓ Valutazione dell'omogeneità nella sezione di campionamento
- ✓ Verifica "in campo" della variabilità della emissione: misure di COT con strumentazioni in continuo (FID, PID o altro)

Emissioni continue in termini di portata emissiva e di caratteristiche chimiche quali/quantitative: realizzare 3 singoli campionamenti in un intervallo temporale rappresentativo di almeno 30 minuti; in alternativa, con pompe a depressione temporizzate, ottenere il riempimento nello stesso intervallo temporale

Emissioni continue in termini di portata emissiva ma variabili in termini di caratteristiche chimiche quali/quantitative:

- i. condizione estrema: eseguire 1 solo campionamento nel momento emissivo più critico;
- ii. variabilità dell'emissione: molteplici singoli campionamenti, in numero sufficiente per caratterizzare correttamente i diversi livelli emissivi, da analizzare singolarmente.

Ottenere dati rappresentativi della sorgente mediante campionamenti in diversi punti distribuiti uniformemente sull'intera superficie.



CAPPA STATICA

Isola una parte di superficie e permette di convogliare il flusso nel condotto di uscita

La **superficie campionata** 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 m² dovranno essere prelevati 5 campioni in 5 punti diversi distribuiti uniformemente sulla sua superficie di emissione).

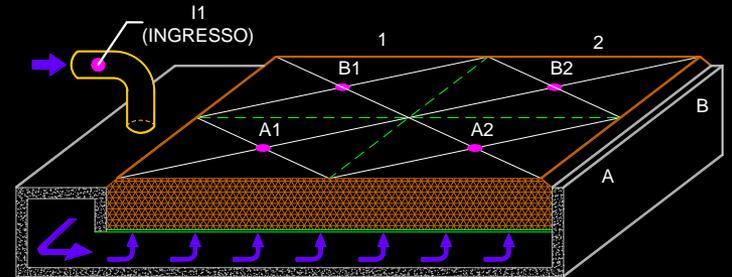
SORGENTI AREALI ATTIVE

PROCEDURA PRELIMINARE

- ✓ Suddivisione della superficie del biofiltro in una griglia di sub-aree equivalenti.
- ✓ Misurazione dei parametri fluidodinamici della porzione di superficie isolata con cappa statica (in particolare, una mappatura delle velocità di emissione, per la verifica dell'omogeneità del flusso o l'eventuale presenza di flussi preferenziali).
- ✓ Valutazione dei seguenti casi, sulla base della mappatura delle velocità:
 - i. sorgenti areali attive con flusso omogeneo (le velocità misurate differiscono al massimo di un fattore 2);
 - ii. sorgenti areali attive con flusso non omogeneo (le velocità misurate differiscono di un fattore superiore a 2).

PUNTI DI PRELIEVO BIOFILTRO

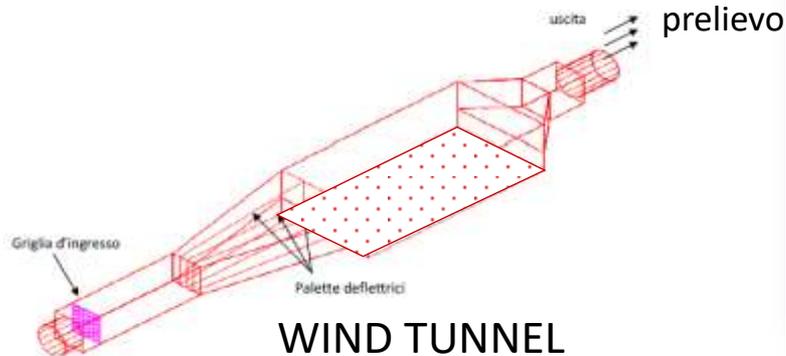
● PUNTI DI PRELIEVO



- 1) Suddivisione in sub-aree equi-superficie;
- 2) Punto di prelievo = intersezione diagonali di una sub-area

- individuare i punti di prelievo sulla superficie in base al numero totale di campioni da eseguire
- valutare se effettuare prediluizione
- espressione concentrazione media finale:
 - i. media geometrica delle concentrazioni dei singoli campioni
 - ii. media geometrica pesata rispetto alle velocità di efflusso misurate

Non è possibile specificare un singolo metodo di campionamento. Isolare una porzione di superficie con una cappa simulando il meccanismo di volatilizzazione delle sostanze odorogene dalla superficie per ottenere un campione rappresentativo.



WIND TUNNEL

Ingresso di gas neutro
con portata nota

(D.G.R. Regione Lombardia n.
IX/3018 del 15 febbraio 2012)

Simula la condizione di flusso parallelo senza rimescolamento verticale: una corrente di aria orizzontale raccoglie i composti odorigeni volatilizzati generando l'emissione di odore.



N.B. la concentrazione di odore misurata decresce con l'aumentare della velocità del gas inviato sotto cappa; pertanto, con superfici poco emissive è necessario operare in condizioni tali per cui non si scenda mai al di sotto delle $50 \div 100 \text{ uo}_E/\text{m}^3$. A tale scopo si deve effettuare il prelievo con flussi indotti piuttosto bassi, all'incirca di qualche centimetro al secondo ($1 \div 10 \text{ cm/s}$).

SORGENTI AREALI PASSIVE

Eterogeneo gruppo di sorgenti con superfici liquide e solide



Meccanismo fisico di trasferimento delle sostanze odorigene in atmosfera



Metodologia di campionamento
Calcolo della portata di odore

Superfici liquide (vasche)

Volatilizzazione: meccanismo di convezione forzata

L'emissione di odore è funzione della velocità del vento

$$C_{od} \propto v^{-n}$$

$$SOER, OER \propto v^n$$

$$n = 0,5$$

Sorgenti solide

Volatilizzazione: maggiore complessità del fenomeno che implica anche la valutazione della diffusione all'interno del solido oltre che a quello nella fase gas.

Non esiste un modello universalmente accettato. Recente bibliografia evidenzia che l'emissione da solidi risulta perlopiù costante rispetto alla velocità del vento.

Superfici di discarica

Oggetto di dibattito scientifico e sviluppo di studi specifici nella recente bibliografia. Presenza di un flusso, seppure piccolo, di biogas che influenza il meccanismo emissivo: suggerito l'impiego di altri metodi sperimentali (Rachor, 2013; Capelli, 2014, Lucernoni, 2016; Lucernoni, 2017):

- ✓ *metodo "diretto"*: impiego di flux chamber o cappe statiche per la misura diretta della concentrazione di odore sulla superficie di discarica.
- ✓ *metodo "indiretto"*: 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.

INDICAZIONI SUL CAMPIONAMENTO:

Il numero di campioni da prelevare è funzione dell'estensione e della tipologia di sorgente areale passiva.

- ❖ ***sorgenti areali passive omogenee*** (es. vasche movimentate di materiali liquidi): sufficiente prelevare un unico campione rappresentativo, avendo l'accortezza di effettuare il prelievo in zona non troppo vicina alla parete perimetrale;
- ❖ ***sorgenti areali passive non omogenee*** (es. superfici di discarica, cumuli di rifiuti, compost o materiali in genere, ecc.): numero di campioni valutato sia in funzione delle caratteristiche delle singole porzioni della sorgente areale, sia in funzione della loro specifica estensione. Es.: stoccaggio di cumuli di compost: il numero di campioni e i punti di prelievo basato sull'estensione e sull'età dei singoli cumuli. Es. nel caso di discariche, 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.

SORGENTI FUGGITIVE E VOLUMETRICHE

Valutazione preliminare della significatività e dell'importanza del loro potenziale contributo.

Possibile strategia: ricondurre tali sorgenti ad una sorgente puntuale o areale, misurando, anche se in maniera approssimativa, 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. 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.

CAMPIONAMENTO OLFATTOMETRICO



Confine di impianto
Postazioni sul territorio

CONDIZIONI:

- definire un protocollo operativo di dettaglio
- evitare l'uso estemporaneo e programmatico dei campionamenti
- evitare l'impiego come unica tecnica di indagine in aria ambiente

UTILE ED EFFICACE:

- ✓ realizzato tempestivamente rispetto alla presenza di percezione olfattiva
- ✓ necessariamente integrato e relazionato ad altre informazioni, evidenze o metodi di indagine (sensori mono o multiparametrici, nasi elettronici, caratterizzazione chimica, dati meteorologici, registrazione di segnalazioni, ecc...)
- ✓ attivato in tempo reale a seguito di segnalazioni di molestia olfattiva e/o di superamenti dei livelli di emissione rilevati da specifici sensori.

SENSORIALI

Impiegano il naso umano come sensore per cui si riferiscono alla sensazione che gli odori provocano nelle persone

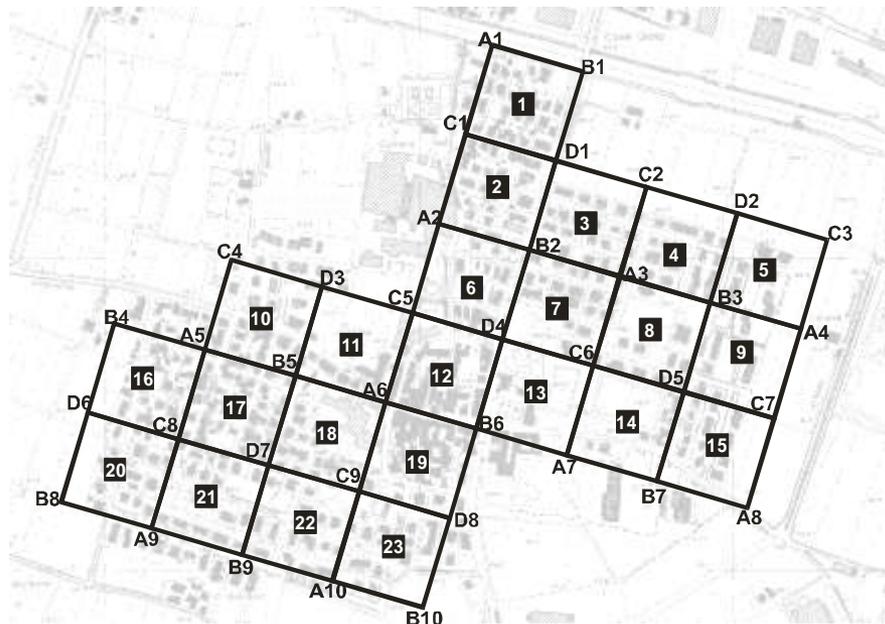


Determinazione del livello di esposizione olfattiva in aria ambiente utilizzando valutatori umani (panel addestrato): **Field inspection** (UNI EN 16841-1:2017 - UNI EN 16841-2:2017)

Field inspection

GRID METHOD (UNI EN 16841- 1:2017)

- Il territorio oggetto di indagine è suddiviso in riquadri tracciando una griglia con maglie da 100 a 300 metri di lato
- Misurazioni: effettuate su ogni singolo vertice del grigliato
- Esaminatori: (almeno 10) si recano nei vertici della maglia e rilevano la presenza e qualità dell'odore ogni 10 sec (perciò raccoglie 60 campioni in 10 minuti): il numero di responsi positivi diviso il numero tot di campioni dà la frequenza dell'odore ovvero il numero di ore-odore (espresso in %). Alla fine si hanno dei valori di frequenza per ogni vertice del quadrato della griglia e perciò l'ora odore del quadrato sarà la media dei valori misurati ad ogni vertice.
- Durata: 1 anno (min 6 mesi)

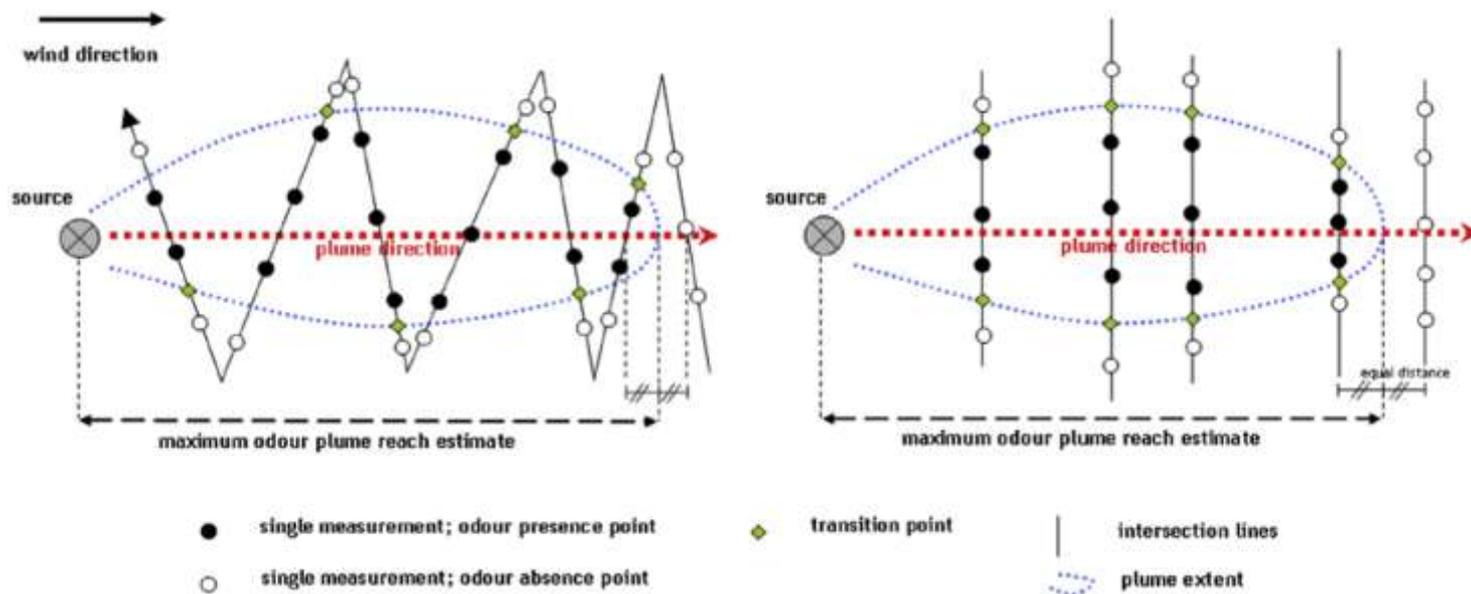


ES. DI GRIGLIATO SU MAPPA

PLUME METHOD (UNI EN 16841- 2:2017)

Scopo: determinare l'estensione di un odore, determinabile a partire da una sorgente specifica in determinate condizioni meteorologiche.

L'estensione del plume di odore è descritto dai punti in cui avviene la transizione tra presenza e assenza di odore.



ANALITICHE

Misurano qualitativamente e quantitativamente la composizione di una miscela di analiti

➔ In continuo/semicontinuo

➔ Discontinuo

CAMPIONAMENTO

Individuare gli inquinanti di potenziale interesse

Su fase solida

Bags

Canister

Attivo

Passivo



Richiedono dispositivi di interfacciamento con la linea di analisi

Dettagli operativi sulla tipologia di substrato e volumi da campionare dipendono:

- Inquinante di interesse
- Livelli di concentrazione
- Limite di rivelabilità della tecnica analitica

NORME TECNICHE DI RIFERIMENTO

Modalità di analisi

GC/FID

GC/MS

GC-O

Preconcentrazione

Esempi di strumentazione automatica in continuo

Analizzatori di Idrocarburi Totali



- Non effettuano una separazione (al max discriminano fra metano e composti non metanici): i campioni odorigeni sono miscele complesse costituite da diversi composti.

- Valutazione dei composti organici totali

- Non tutti i composti organici volatili hanno un effetto odorigeno per cui il dato finale non è direttamente correlabile all'odore



Analizzatore a singolo parametro (es. H₂S)

Es. di strumentazione in continuo

➤ Gc portatili



- Effettuano una separazione
- Estremamente specifici per classi di composti ma allo stesso tempo non esaustivi
- Sensibilità

➤ Rivelatori di massa portatili



- Necessitano di continui tuning e di customizzazione (più da ricerca - operatore dedicato)
- utili per gli screening più che per il controllo



VOC (GC- FID e/o PID)

Strumentazione complessa da posizionare in campo:

analizzatore C2-C5

analizzatore C6-C10

ESIGENZA: valutare le caratteristiche di qualità dell'aria a confine di impianto o nelle zone di percezione degli odori.

CARATTERIZZAZIONE CHIMICA

Individuare singoli traccianti
odorigeni caratteristici o
famiglie di sostanze

strumentazione automatica
specificata in continuo o
determinazioni in discontinuo
che restituiscono dati medi su
periodi temporali più o meno
prolungati

CRITICITA'

- Individuazione degli inquinanti di potenziale interesse
- Livelli di concentrazione in aria ambiente/limiti di rivelabilità delle tecniche analitiche
- Valutazione di eventi di picco

SENSO - STRUMENTALI

Svolgono per via strumentale le funzioni del senso dell'olfatto.

- ➡ IOMS (Instrumental Odour Monitoring System es. Nasi elettronici) UNI 11761:2019
- ➡ Gas cromatografia/olfattometria

IOMS (INSTRUMENTAL ODOUR MONITORING SYSTEM)

DEFINIZIONE (UNI 11761:2019): Strumento automatico in grado di produrre periodicamente informazioni sull'odore di una miscela gassosa utilizzando dati di riferimento ottenuti da misurazioni sensoriali dell'odore (mediante panel di esaminatori)

Con il termine “**naso elettronico**” s'intende uno strumento che comprende un insieme (array) di sensori parzialmente specifici e un appropriato sistema di riconoscimento dell'impronta olfattiva (Gardner e Bartlett – 1944).

Sistema di rilevazione del gas (array) che simula l'azione dei recettori e risponde ad una vasta gamma di odoranti.

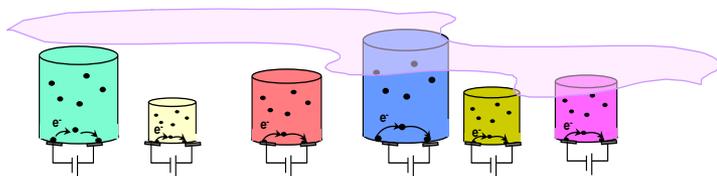
Sistema di elaborazione del segnale proveniente dal sensore che ha lo scopo di comprimere il segnale simulando l'azione del bulbo olfattivo.

Sistema di identificazione /riconoscimento degli odori che mediante supporti decisionali individuano la sorgente di odore (PCA - Principal Component Analysis) simulando l'azione del cervello.

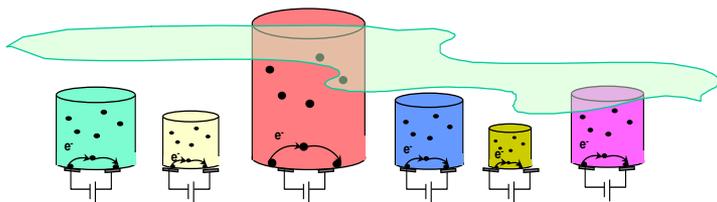
SISTEMA DI RILEVAMENTO

THE ELECTRONIC NOSE SMELLS SOMETHING

Each polymer changes its size, and therefore its resistance, by a different amount, making a pattern of the change



If a different compound had caused the air to change, the pattern of the polymer films' change would have been different:



I **sensori** impiegati nei nasi elettronici sono caratterizzati da una scarsa selettività e sono **sensibili ad una vasta gamma di composti chimici**.

La matrice di sensori è costituita generalmente da 6-10 sensori con caratteristiche diverse per dare, ad ogni miscela in esame, un insieme di risposte che costituisce la "finger print" della sorgente che ha prodotto l'odore.

Le molecole volatili che entrano a contatto con lo strato sensibile del sistema ne cambiano le proprietà fisiche; la variazione della grandezza fisica che caratterizza il sensore viene poi trasformata in segnale elettrico ed infine elaborato.

SENSORI A VARIAZIONE DI CONDUCEBILITÀ

Si basano sulla variazione di conducibilità del sensore in presenza di odoranti rispetto al valore in condizione di riferimento.

A questa categoria appartengono i sensori a semiconduttori di ossidi metallici (MOS - Metal Oxide Semiconductor) e quelli a polimeri conduttori (CP - Conducting Polymer).

SENSORI SENSIBILI ALLA MASSA

Questi sensori rilevano la presenza di gas nell'atmosfera circostante data l'interazione con le molecole volatili che provocano un cambiamento di massa sulla superficie del materiale sensibile; questa si manifesta con una variazione della frequenza di risonanza dello stesso.

A questa categoria appartengono le microbilance al quarzo (QCM - Quartz Crystal Microbalance) e i dispositivi ad onde acustiche superficiali (SAW - Surface Acoustic Wave).

FASE DI ADDESTRAMENTO

SCOPO: esporre lo strumento IOMS agli stessi campioni diluiti analizzati mediante olfattometria dinamica



Definizione di una correlazione tra la risposta strumentale e i risultati del metodo di riferimento.

DEFINIZIONE DI UN DATA – SET DI RIFERIMENTO

IDENTIFICAZIONE DELLE SORGENTI DI INTERESSE



PRELIEVO DI CAMPIONI RAPPRESENTATIVI

Campioni a diversi livelli di concentrazione

ANALISI MEDIANTE OLFATTOMETRIA DINAMICA PER LA DETERMINAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE DI ODORE

ANALISI MEDIANTE IOMS

OTTIMIZZAZIONE DEL TRAINING SET

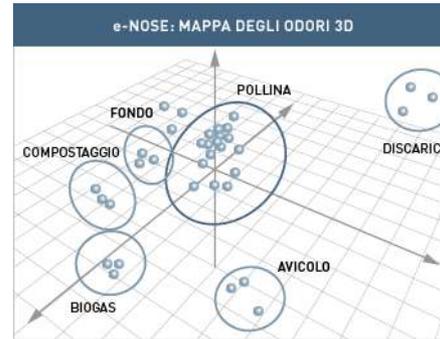
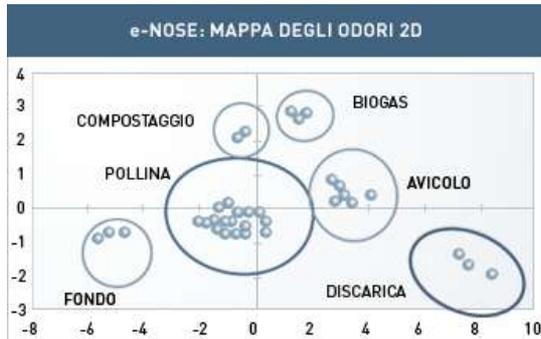


PROVE DI RICONOSCIMENTO



DEFINIZIONE DEGLI ALGORITIMI DI CORRELAZIONE

- ❑ Riconoscimento qualitativo dell'aria osmogena analizzata identificando le classi olfattive di interesse



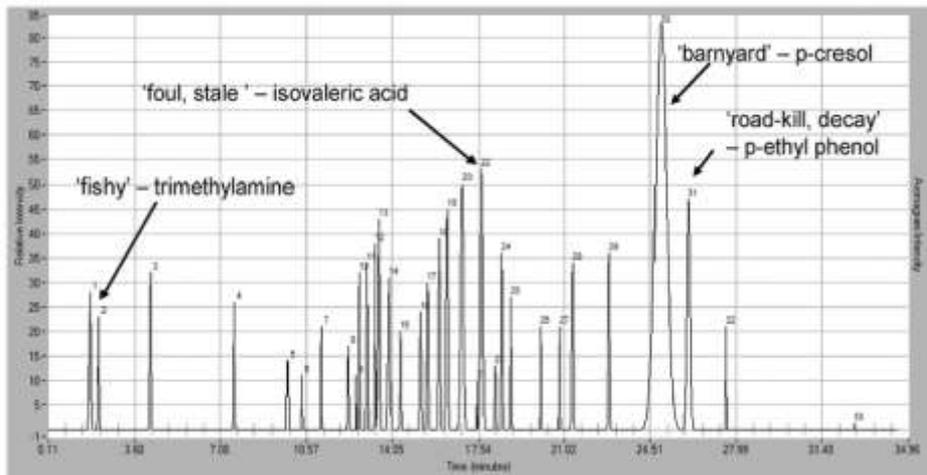
- ❑ Correlazione fra risposte del naso elettronico e valori di concentrazione di odore

- ❑ Possibilità di monitorare in continuo le emissioni di odore di una realtà industriale fungendo da sistema di allarme in caso di superamenti

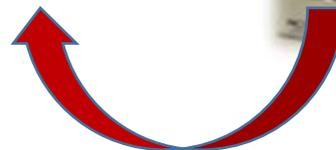
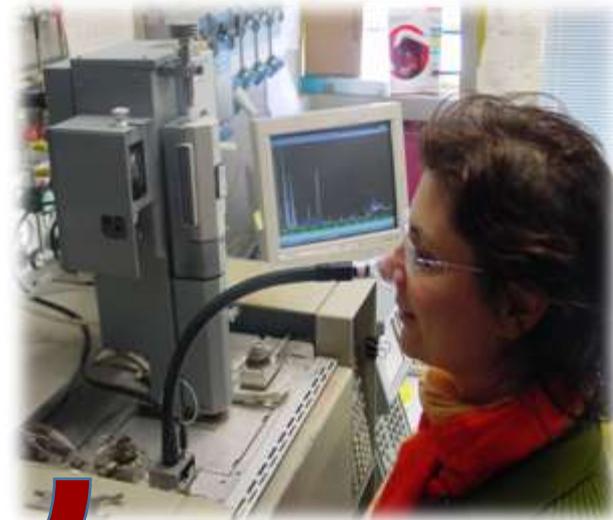


Tecnica senso-strumentale Gas-Cromatografia/Olfattometria

Caratterizzazione Analitico-Sensoriale



AROMAGRAMMA



Confronto fra metodi

	Metodo olfattometrico	Field inspection	IOMS (es. naso elettronico)	Caratterizzazione chimica
Determinazione quantitativa della concentrazione di odore	●	●	●	●
Valutazione effetto olfattivo	●	●	●	●
Risultati oggettivi	●	●	●	●
Sensibilità	●	●	●	●
Misure in continuo	●	●	●	●
Determinazione di singole specie	●	●	●	●
Durata misure	●	●	●	●
Costi	●	●	●	●
Tempi	●	●	●	●

NECESSITA' DI APPROCCI INTEGRATI

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.

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		

PROGRAMMA TRIENNALE 2014-2016

AREA 3 – CONTROLLI

GDL 13 - METODOLOGIE PER LA VALUTAZIONE DELLE EMISSIONI ODORIGENE

Prodotto realizzato: documento di sintesi

«Metodologie per la valutazione delle emissioni odorigene»

approvato dal Consiglio Nazionale SNPA con Delibera n. 38/2018 del 3 ottobre 2018

<https://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2018/10/Delibera-38-e-allegati.pdf>





LE EMISSIONI ODORIGENE: TUTELA GIURIDICA E DIRITTO VIVENTE

Avv. Vito Bruno, Direttore Generale ARPA Puglia

Focus group – Emissioni odorigene – Potenza, 5 dicembre 2019

Il contesto normativo, sociale ed economico.

L'ordinamento ha il compito di cercare bilanciamenti fra posizioni contrapposte, ossia fra interessi confliggenti, appartenenti ai singoli (interessi privati) o riferibili all'intera comunità (interessi pubblici).

Uno dei contrasti, da sempre, più accesi e di difficile composizione è quello che vede contrapposti:

INIZIATIVA ECONOMICA PRIVATA

(art. 41 Cost.)

e

TUTELA DELL'AMBIENTE

(in assenza di specifici riferimenti viene ricondotta al diritto alla salute -art. 32- alla tutela del paesaggio -art. 9- e ai vincoli all'assetto del territorio -artt. 42 e 44)



Al quadro giuridico si affianca oggi una più accentuata sensibilità dei cittadini sul tema delle emissioni odorigene, che di conseguenza stanno sempre più guadagnando un posto centrale nel dibattito fra ambiente e “produzione”, divenendo oggetto di rinnovata attenzione del Legislatore e della Giurisdizione.

Sull'introduzione dell'art. 272 bis nel Codice dell'ambiente e il conseguente assetto dei rapporti fra normativa statale e normativa regionale.

Le emissioni odorigene sono state oggetto di specifica normativa statale solo con l'emanazione dell'art. 1, comma 1, lett. f), n. 8), d. lg. 15 novembre 2017, n. 183, il quale ha introdotto l'art. 272 bis all'interno del codice dell'ambiente (d. lg. 3 aprile 2006 n. 152).

Art. 272 bis. Emissioni odorigene

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/Nm³) 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 (ouE/m³ o ouE/s) per le fonti di emissioni odorigene dello stabilimento;
- e) specifiche portate massime o concentrazioni massime di emissione odorigena espresse in unità odorimetriche (ouE/m³ o ouE/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.

L'azione amministrativa, consapevole di tale lacuna, aveva comunque dato rilievo alla fattispecie grazie alle larghe maglie della nozione di inquinamento atmosferico contenuta nell'art.268 cod. ambiente. Difatti, nel corso degli anni, sono state frequenti le autorizzazioni ex art.269 cod. ambiente contenenti obblighi di monitoraggio e limitazioni volte a prevenire o ridurre emissioni maleodoranti.

Con particolare riferimento agli Enti regionali, questi ultimi hanno emanato leggi o altri atti amministrativi generali per disciplinare valori di emissione e metodi di monitoraggio, elaborando e producendo norme tarate sulle pressioni ambientali tipiche dei territori di riferimento e, con ciò, contribuendo alla creazione di un quadro normativo eterogeneo

Art. 268. Definizioni.

1. Ai fini del presente titolo si applicano le seguenti definizioni:

a) inquinamento atmosferico: 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; (...).



Come ha avuto modo di chiarire di recente la Corte Costituzionale con la sentenza n.178 del 4 giugno 2019, l'intervento del Legislatore statale del 2017 è sorto con il dichiarato scopo, oltre che di dare attuazione alla direttiva (UE) 2015/2193 del Parlamento europeo e del Consiglio, proprio di razionalizzare e uniformare il composito quadro normativo creatosi a seguito degli interventi legislativi e regolamentari delle varie Regioni. Risulta così oggi espressamente consentita al Legislatore territoriale la previsione di misure per la prevenzione e la limitazione delle emissioni odorigene degli stabilimenti rientranti nel campo di applicazione dell'art.267 cod. ambiente: tale prerogativa si sostanzia nel poter stabilire, con le modalità previste all'articolo 271 cod. ambiente, valori limite più severi.

Il menzionato potere normativo delle Regioni incontra, però, gli stringenti limiti derivanti dall'art.117, secondo comma lett. "S", della Costituzione. Tale norma, come è noto, riserva alla legislazione esclusiva statale la tutela dell'ambiente, dell'ecosistema e dei beni culturali.

Tutto ciò, però, non vieta alle **Regioni** di introdurre standard ambientali più severi rispetto alla normativa statale, **purché** essi **non** siano **in contrasto** con la ratio sottesa a quest'ultima e relativo al **bilanciamento** di interessi: l'introduzione di parametri regionali più severi, pertanto, deve necessariamente essere contenuta all'interno del perimetro di operatività tracciato dalla norma nazionale (C. Cost. sentenza n. 147 del 2019).



Con specifico riferimento alle emissioni odorigene, la stessa Consulta ha poi specificato che detto principio si concretizza nel considerare la portata applicativa dell'art. 267 cod. ambiente quale "spazio di manovra" residuo lasciato alle Regioni.

Per tale motivo, nel caso in cui gli stabilimenti vincolati all'applicazione di tale norma siano ricompresi anche tra le installazioni soggette ad **AIA** ex art. 29 sexies cod. ambiente, essi sono **soggetti esclusivamente a tale ultima disciplina**, la quale dovrà anche includere i valori limite di emissione fissati per le sostanze inquinanti rilasciate nell'atmosfera.

Conseguentemente, **le norme regionali in tema di emissioni odorigene non possono** estendere la propria **efficacia alle autorizzazioni integrate ambientali** riguardanti stabilimenti potenzialmente rientranti nel campo dell'art. 267 cod. ambiente, pena la violazione dell'art. 272 bis suddetto e, dunque, dell'art. 117, secondo comma, lettera "S", Cost. (C. Cost. sentenza n. 178 del 2019).

Di conseguenza, nel giugno 2019, la Corte Costituzionale ha dichiarato l'incostituzionalità dell'art.6 della legge regionale Puglia 16 luglio 2018 n.32



L'art. 272 bis, coerentemente con tali premesse, è stato interpretato dal Giudice delle leggi nel senso che esso non ha inteso introdurre un'unica disciplina statale organica delle emissioni odorigene, sostanzialmente limitandosi a ratificare a posteriori l'attività delle Regioni. Allo stesso tempo, però, detta ultima produzione normativa risulta vincolata all'uniformità rispetto alla disciplina di rango nazionale, poiché il secondo comma dell'art.272 bis ha attribuito al Coordinamento previsto dall'art.20 del d. lgs. n.13 agosto 2010, n.155, il compito di elaborare indirizzi in tema di emissioni odorigene.



La funzione attribuita al Coordinamento è stata considerata elemento cardine della normativa, perché ha aperto una prospettiva di concertazione che, pur senza ripudiare il frammentato quadro normativo preesistente, costituisce promettente presupposto di un'azione coerente e omogenea su tutto il territorio nazionale.

Il Coordinamento è infatti, come noto, un organismo tecnico-politico istituito presso il Ministero dell'Ambiente dall'art. 20 del d. lg. n.155/2010, che coinvolge il Ministero della Salute, rappresentanti degli Enti locali, ISPRA, ENEA, CNR e altre autorità competenti, assieme ai rappresentanti di agenzie regionali e provinciali per la protezione dell'ambiente. Opera con compiti di studio e poteri di indirizzo, per elaborare linee guida *“anche al fine di garantire un'attuazione coordinata e omogenea delle nuove norme”*.



Infine, quale conseguenza dell'espresso collegamento normativo, posto dall'art. 272 bis cod. ambiente, fra emissioni odorigene e norme sulla prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività (ovvero gli artt. 267 e segg. del cod. ambiente), la violazione delle prescrizioni amministrative e della normativa regionale appare sanzionabile ai sensi dell'art.279 cod. ambiente - sotto forma di reato contravvenzionale e/o illecito amministrativo - norma chiaramente formulata allo scopo di proteggere il bene giuridico, di primaria rilevanza costituzionale e natura squisitamente pubblica, costituito dall'ambiente.



L'azione amministrativa di tutela dell'ambiente: **il portale per la segnalazione delle emissioni olfattive di ARPA Puglia.**

Nell'ambito dell'esercizio dei propri poteri normativi ex art. 272 bis cod. ambiente, la Regione Puglia con la l.r. 16 luglio 2018 n. 32 ha assegnato ad Arpa Puglia la gestione delle segnalazioni di disturbo olfattivo da parte della popolazione e specificamente la loro elaborazione, verifica e validazione, ai fini dell'individuazione della sorgente che ha originato il disturbo, anche mediante sopralluoghi, ispezioni, campionamenti e analisi. Ha altresì affidato all'Agenzia il compito di elaborare d'intesa con la Regione un protocollo operativo per la gestione delle segnalazioni di disturbo olfattivo.



Il protocollo, elaborato dall'Agenzia e successivamente approvato dalla Regione Puglia con Delibera di Giunta n. 805 del 2 maggio 2019, prevede che:

A) Il recepimento delle segnalazioni avvenga a cura dell'Agenzia, che ha attivato un database a valle della compilazione, da parte dell'utente, di un form web dedicato, raggiungibile all'indirizzo

<http://www.arpa.puglia.it/Odori/SegnalazioneEventiOdorigeni>

Ricevuta la segnalazione, l'Agenzia provvede a dare notizia della procedura a tutti gli Enti interessati (Comuni, Province, Città metropolitana, Regione, VV.F., ASL), al fine di garantirne la massima diffusione sul territorio regionale. La compilazione di un modulo informatico di acquisizione dati consente di: uniformare le informazioni fornite all'atto della segnalazione; ottenere indicazioni utili a circostanziare gli eventi percepiti dalla popolazione al fine di effettuare considerazioni circa l'entità dell'evento (isolato, eccezionale/emergenziale o ricorrente); popolare, in automatico, un database per le elaborazioni successive.

Le informazioni comprendono sia i dati del cittadino segnalatore sia il luogo di percezione, la data e l'ora di percezione, la durata della percezione, l'intensità (su una scala di tre livelli: debole: l'odore è percepito ma non può essere descritto o riconosciuto; distinto: l'odore è facilmente riconoscibile; forte: l'odore provoca fastidio), caratteristiche qualitative dell'odore, eventuali note.

È prevista inoltre la possibilità di indicare la presunta provenienza della molestia percepita e inoltre i segnalatori sono avvertiti del fatto che non potrà essere assicurata una compiuta valutazione delle segnalazioni non complete delle informazioni richieste dal form telematico, o caratterizzate da eccessiva genericità;



B) ARPA Puglia effettua una verifica preliminare di congruenza delle segnalazioni complete, mirata al controllo di eventuali anomalie nella compilazione dei campi richiesti. La valutazione di incongruenza comporta l'esclusione delle segnalazioni dalla successiva fase di elaborazione;

C) A seguito della fase di verifica, l'Agenzia effettua l'elaborazione mensile delle segnalazioni pervenute dall'intero territorio regionale. Ciò permette di valutare la sussistenza di situazioni di potenziale molestia olfattiva, per le quali attivare la procedura di approfondimento successivo ai fini dell'individuazione della/e sorgenti. In particolare, sono condotte le seguenti attività:

- analisi della distribuzione spaziale delle segnalazioni: la posizione dichiarata del luogo di percezione è georeferenziata su mappa, allo scopo di individuare le aree del territorio regionale con evidenza di episodi odorigeni;
- analisi della frequenza temporale delle segnalazioni registrate in ciascuna area territoriale evidenziata (n. eventi/mese), allo scopo di classificare gli eventi come ricorrenti o isolati;
- analisi dei dati meteorologici (in particolare la direzione del vento) registrati nell'intervallo temporale definito da ciascuna segnalazione, allo scopo di ottenere indicazioni di massima circa l'area di provenienza della potenziale sorgente;
- individuazione di eventi isolati, caratterizzati da limitate segnalazioni registrate nell'intervallo temporale considerato per le elaborazioni (30 giorni) e riferibili a una definita area del territorio. Per tali eventi, non saranno previste azioni di intervento;
- individuazione di eventi significativi, determinati da molteplici e ricorrenti segnalazioni, registrate più volte nell'intervallo temporale considerato per le elaborazioni (30 giorni) e riferibili a una definita area del territorio;



D) Per gli eventi significativi, per i quali a partire dalle valutazioni a valle della fase di elaborazione di cui al punto precedente si può ragionevolmente individuare la presenza di un caso di molestia olfattiva, ARPA Puglia provvede a informare gli Enti territoriali interessati (Comune/i, Provincia, Regione, ASL) e a promuovere l'attivazione di un Tavolo Tecnico di confronto finalizzato alla definizione di una strategia di intervento e di indagine, anche sulla base di elementi conoscitivi in possesso degli Enti.

Se la sorgente dell'odore è nota o è già stata identificata, al predetto Tavolo partecipa anche il Gestore dell'installazione. Nel caso in cui la molestia sia attribuita ad una fonte ubicata in un Comune diverso da quello in cui si verifica il disturbo, partecipano ai lavori del Tavolo sia il Sindaco del Comune sul cui territorio è ubicata la fonte che il Sindaco del Comune interessato dal disturbo olfattivo;



E) Qualora a seguito dell'elaborazione delle segnalazioni giunte dai cittadini, l'origine della molestia venga identificata in un impianto o in un'attività rientrante nel campo di applicazione dell'art.272 comma 1 del D.Lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii. e quindi non soggetta ad autorizzazione alle emissioni in atmosfera, ARPA Puglia informa direttamente il Sindaco del Comune nel cui territorio ricade l'impianto o l'attività. Il Sindaco, nell'interesse della salute pubblica e qualora lo ritenga, adotta gli strumenti all'uopo previsti al fine di mitigare e contenere le emissioni odorigene.

Gli effetti dell'introduzione dell'art.272 bis cod. ambiente sulla **tutela penale dalle emissioni odorigene.**

Nel "silenzio assordante" del Legislatore ambientale, durato fino al 2017, la fattispecie delle emissioni odorigene aveva comunque trovato una propria collocazione anche in ambito penale, sia pure sotto il solo profilo della tutela di beni giuridici di pertinenza privata quale è il benessere dei singoli consociati, rimanendo sullo sfondo la tutela diretta dell'ambiente.

La ratio della tutela, in altri termini, corrisponde a un'ottica del tutto differente da quella del codice dell'ambiente.

La norma individuata dalla giurisprudenza è l'art.674 cod. pen., oggetto di un'interpretazione che ha generalmente sussunto le esalazioni odorigene nelle “emissioni di gas, di vapori o di fumo”, le quali assumono rilevanza penale se prodotte “nei casi non consentiti dalla legge” e al contempo “atte a offendere o imbrattare o molestare persone”.

Art. 674. Getto pericoloso di cose.

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 euro 206.



A tale previsione incriminatrice, di tipo contravvenzionale e con pene più lievi di quelle generalmente previste dall'art. 279 cod. ambiente, è stata riconosciuta natura di reato di pericolo, configurantesi anche in presenza della lesione solo potenziale del benessere delle persone (cfr. ex multis Cass. Pen., Sez. III 17 ottobre 2011 n. 37495, Cass. Pen., Sez. I, 26 gennaio 1994 n. 781).

La giurisprudenza penale, in proposito, ha costantemente ritenuto che “Le esalazioni maleodoranti (...) costituiscono offesa al benessere dei vicini e grave pregiudizio per il tranquillo svolgimento della loro vita di relazione, sì da concretizzare quelle molestie di cui all'art. 674 cod. pen.” (da ultimo, Cass. Pen., Sez. III, 22 novembre 2012 n. 49298).



Il bilanciamento fra la tutela di tale bene e i principi costituzionali di concreta offensività e tassatività è stato effettuato precisando che “le esalazioni di «odore» moleste, nauseanti o puzzolenti intanto possono configurare il reato di cui all'art. 674, c.p. in quanto presentino un **carattere non del tutto momentaneo e siano «intollerabili o almeno idonee a cagionare un fastidio fisico apprezzabile (es. nausea, disgusto) ed abbiano un impatto negativo, anche psichico, sull'esercizio delle normali attività quotidiane** di lavoro e di relazione (es. necessità di tenere le finestre chiuse, difficoltà di ricevere ospiti, ecc.)»”, cfr. Cass. Pen., Sez. III, 21 gennaio 2008 n. 3042 e Cass. Pen., Sez. III, 1 dicembre 2005 n. 3678).

Infatti, sotto il profilo fenomenico, le emissioni odorigene sono caratterizzate da grande discontinuità, da estrema soggettività della percezione e della classificazione quale esalazione molesta e da difficoltà di stima obiettiva: tutte caratteristiche che mal si conciliano con la natura di extrema ratio propria della sanzione penale, con le garanzie costituzionali a favore del reo e con il principio di tassatività.



Sotto altro versante si deve osservare che, come il codice dell'ambiente (cfr. supra) e quello civile (art. 844 cod. civ.) hanno cura di precisare espressamente, la fattispecie delle emissioni odorigene è di per sé in stretta relazione con le attività produttive che la originano e con le connesse esigenze economico-sociali, anch'esse care al Legislatore costituzionale e di segno contrastante rispetto alla tutela del benessere dei singoli e dell'ambiente.

Se ne può dedurre che si tratta di una fattispecie che si colloca all'incrocio fra interessi primari in reciproca contrapposizione (l'iniziativa economica, l'ambiente, la sfera relazionale/esistenziale dell'individuo) e, allo stesso tempo, è dotata di caratteristiche fenomeniche e offensive di non facile coordinamento con i principi-cardine del diritto penale.



Tale convergenza di caratteristiche ha spinto la giurisprudenza a interrogarsi ripetutamente sui presupposti applicativi della norma incriminatrice, tenendo conto che le emissioni gassose configurano illecito solo se prodotte nei casi non consentiti dalla legge e se siano atte a offendere, imbrattare o molestare le persone.



Il requisito della molestia si configura laddove, come accennato sopra, gli odori cagionino un fastidio fisico apprezzabile (es. nausea, disgusto) ed abbiano un impatto negativo, anche psichico, sull'esercizio delle normali attività quotidiane di lavoro e di relazione.

Tale valutazione deve operarsi secondo criteri di “stretta tollerabilità”, inevitabilmente connotati da soggettività di valutazione ma di certo più severi rispetto alla “normale tollerabilità” prevista dall'art. 844 cod. civ. per la tutela civilistica contro le immissioni, in ragione della maggior gravità della sanzione penale rispetto alle conseguenze previste nel diritto civile (cfr. ex multis Cass. Pen., Sez. III, 18 gennaio 2017 n. 2240; Cass. Pen., Sez. III, 5 giugno 2007 n. 21814; Cass. Pen., Sez. III, 10 ottobre 2006, n. 33971).

Questo aspetto si lega a doppio filo a quello relativo all'individuazione dei "casi non consentiti dalla legge", il quale ha risentito della carenza di un'uniforme normativa nazionale e trova oggi uno spunto di rinnovata riflessione nell'introduzione dell'art. 272 bis ambiente.

Infatti, in un primo momento, i casi non consentiti dalla legge sono stati riconosciuti dalla giurisprudenza adoperando quale parametro di legittimità l'art. 268 cod. ambiente e la **connessa nozione di inquinamento atmosferico, la quale, come si è visto, è stata spesso "presa in prestito" per le emissioni odorigene in assenza di normativa nazionale specifica** (cfr. Cass. Pen., Sez. I, 7 luglio 2000 n. 8094).



Tuttavia, in proposito si è osservato che vi è diversità ontologica fra le emissioni odorigene e l'inquinamento atmosferico, e che tale eterogeneità non consente, almeno ai fini penalistici, di considerare l'art. 268 cod. ambiente quale parametro d'individuazione dei "casi non consentiti dalla legge" (cfr. ex plurimis Cass. Pen., Sez. III, 18 gennaio 2017 n. 2240; Cass. Pen., Sez. III, 14 settembre 2015 n. 36905; Cass. Pen., Sez. III, 17 gennaio 2008 n. 2475).



Corollario di tale approdo fu osservare, almeno con riferimento al panorama legislativo ante art. 272 bis cod. ambiente, che la normativa statale non conteneva disposizioni specifiche e valori-limite espressi in unità odorimetriche per le emissioni di sostanze osmogene dagli impianti né metodologie o parametri per stabilire con certezza la rilevanza del livello di molestia olfattiva da esse determinato. Essa, di contro, si limitava a stabilire alcuni principi generali di prevenzione con riferimento alla localizzazione di alcune tipologie di impianti e all'applicazione delle migliori tecniche disponibili per l'abbattimento delle emissioni.



Ne veniva fuori la constatazione dell'assenza di una normativa nazionale di settore che fissasse standard certi, il che induceva ad applicare l'art. 674 cod. pen. sulla base dell'unico parametro del criterio della "stretta tollerabilità", non potendosi discernere quali emissioni fossero prodotte nei casi stabiliti dalla legge o meno né, conseguentemente, "scriminare" le prime (cfr. ex plurimis Cass. Pen., Sez. III, 16 aprile 2019 n. 16531; Cass. Pen., Sez. III, 18 gennaio 2017 n. 2240; Cass. Pen., Sez. III, 14 settembre 2015 n. 36905).



Le prerogative del diritto penale, in questo caso, rendevano **irrelevante l'intervento del Legislatore regionale**. Infatti, nonostante alcune Regioni, come visto, avessero già individuato normativamente valori-limite alle emissioni di odori, la frammentarietà e diversità di riferimenti normativi avrebbe generato un'inammissibile diversità di soglia di rilevanza penale all'interno del territorio nazionale.

La stessa giurisprudenza chiariva che, ove fossero stati emanati precisi limiti tabellari fissati dalla legge, si sarebbero potute ritenere "non consentite" le emissioni dotate delle caratteristiche qualitative e quantitative già valutate ed ammesse dal Legislatore e, eventualmente, trasfuse in provvedimenti amministrativi autorizzatori. In assenza di ciò, rimaneva affidata al **giudice penale la valutazione della tollerabilità consentita, alla stregua delle conseguenze che le emissioni producono sull'area esterna** all'azienda e sulle persone che vi abitano o comunque vi operano (Cass. Pen., Sez. III, 17 gennaio 2008 n. 2475).



L'orientamento de quo risultava privo di conseguenze pratiche laddove le emissioni odorigene moleste fossero causate al di fuori dell'attività di impianti muniti di autorizzazioni amministrative ("Nei casi in cui le emissioni non siano prodotte nell'ambito di attività industriali o comunque autorizzate, non può configurarsi l'operatività di criteri positizzati, normativi o amministrativi, ai quali l'attività di emissione atmosferica sia chiamata a uniformarsi", cfr. Cass. Pen., Sez. III, 3 novembre 2016 n. 46149 e Cass. Pe, Sez. III, 27 settembre 2011 n. 34986).



Nel caso in cui le emissioni si inserissero in contesto produttivo autorizzato, invece, il provvedimento di autorizzazione risultava sostanzialmente irrilevante ai fini della configurazione del reato ex art. 674 cod. pen., proprio per l'assenza di una normativa statale uniforme che rendesse l'autorizzazione uno dei casi consentiti dalla legge ("Anche nel caso in cui un impianto sia munito di autorizzazione per le emissioni in atmosfera, in caso di produzione di c.d. molestie olfattive il reato di getto pericolo di cose è comunque configurabile, non esistendo una normativa statale che preveda disposizioni specifiche e valori limiti in materia di odori", cfr. ex plurimis Cass. Pen., Sez. III, 16 aprile 2019 n. 16531, Cass. Pen., Sez. III, 18 gennaio 2017 n. 2240; Cass. Pen., Sez. III, 14 settembre 2015 n. 36905), rimanendo anche in questo caso il superamento della soglia di rilevanza penale rimesso al mero giudizio soggettivo di travalicamento della c.d. **stretta tollerabilità** ("È configurabile il reato di getto pericoloso di cose in caso di produzione di «molestie olfattive» mediante un impianto munito di autorizzazione per le emissioni in atmosfera, in quanto non esiste una normativa statale che prevede disposizioni specifiche e valori limite in materia di odori, con conseguente individuazione, quale parametro di legalità dell'emissione, del criterio della «stretta tollerabilità», e non invece, di quello della «normale tollerabilità» previsto dall'art. 844 cod. civ., attesa l'inidoneità di quest'ultimo ad assicurare una protezione adeguata all'ambiente ed alla salute umana" (Cass. Pen., Sez. III, 24 marzo 2017 n. 14467).

Va tuttavia precisato che, di recente, ha ritrovato vigore un orientamento frutto di un diverso approccio, secondo il quale “per le attività produttive occorre distinguere l'ipotesi che siano svolte **senza autorizzazione** (perché non prevista o perché non richiesta o ottenuta) oppure in conformità alle previste autorizzazioni. Nella prima ipotesi, il contrasto con gli interessi protetti dalla disposizione di legge va valutato secondo criteri di "**stretta tollerabilità**", mentre laddove l'attività è esercitata secondo l'autorizzazione e senza superamento dei limiti di questa, si deve fare riferimento alla "**normale tollerabilità**" delle persone quale si ricava dal contenuto dell'art. 844 cod. civ. Qualora sia riscontrata l'autorizzazione e il rispetto dei limiti di questa, una responsabilità potrà comunque sussistere qualora l'azienda non adotti quegli accorgimenti tecnici ragionevolmente utilizzabili per ulteriormente abbattere l'impatto sulla realtà esterna” (cfr. Cass. Pen., Sez. III, 4 dicembre 2018 n. 54209).



Sulla base di tali premesse si può osservare che l'introduzione dell'art. 272 bis nel codice dell'ambiente costituisca senza ombra di dubbio un nuovo elemento con il quale l'interprete della legge penale si deve confrontare.



Poiché l'impossibilità di selezionare i casi in cui le emissioni siano scriminate perché ammesse dalla legge derivava dall'assenza di una normativa nazionale uniforme, la disposizione recentemente introdotta sembrerebbe avere le potenzialità per colmare tale lacuna, giacché la stessa Corte Costituzionale ha riconosciuto che si tratta di intervento sorto con lo scopo di razionalizzare e uniformare il composito quadro normativo creatosi a seguito degli interventi legislativi e regolamentari delle varie Regioni (sentenza n. 178/2019).

È però altrettanto vero che la stessa Consulta ha ritenuto che la medesima novella non ha inteso introdurre un'unica disciplina statale organica delle emissioni odorigene, lasciando alle Regioni il compito di regolamentare il settore e limitandosi a riservare alla legislazione statale la possibilità di introdurre valori limite e prescrizioni generali destinate a valere per l'intero territorio nazionale in modo uniforme tramite il Coordinamento previsto dall'art. 20 del d. lg. 13 agosto 2010, n. 155 (sentenza Corte Cost. n. 178/2019). In questo sembrerebbe deporre anche Cass. Pen., Sez. III, 16 aprile 2019 n. 16531 che, all'indomani dell'introduzione dell'art 272 bis nel codice dell'ambiente, continua a ritenere che " non esiste una normativa statale che prevede disposizioni specifiche e valori limite in materia di odori", pur non prendendo espressamente in considerazione il ridetto art. 272 bis

La tutela nell'ambito civile.

Come accennato in precedenza, nell'ambito del diritto civile la norma che si presta a inquadrare la fattispecie delle emissioni odorigene è l'art. 844 cod. civ

Art. 844. Immissioni.

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.

Nell'applicare questa norma l'autorità giudiziaria deve contemperare le esigenze della produzione con le ragioni della proprietà. Può tenere conto della priorità di un particolare uso.

Essa è contenuta nei principi generali che disciplinano la proprietà fondiaria e obbliga il proprietario a sopportare alcune propagazioni moleste (odori, rumori, scuotimenti, ecc.) provenienti dai fondi finitimi o comunque vicini, purché ciò si collochi nella soglia di “normale tollerabilità”, tenuto conto della condizione dei luoghi.

Il parametro di illegittimità delle immissioni (sul cui rapporto con la “stretta tollerabilità” si rimanda ai paragrafi che precedono) è dunque variabile e dipende dall’area in cui sono collocati i fondi (quello che genera le immissioni e quello che le subisce), dalle loro destinazioni e, ove l’Autorità giudiziaria lo ritenga rilevante, anche dalla priorità degli usi.

Qualora emerga la non legittimità delle esalazioni (o delle altre forme di immissioni), colui che le ha subite potrà, ricorrendone i presupposti, ottenere il risarcimento dei danni patiti.

Con specifico riferimento alle emissioni odorigene non risulta ancora scientificamente provato con certezza che esse possano essere autonoma causa di patologie, e rimane pertanto dubbia la rilevanza dei danni biologici.

Di contro, sia pure nei limiti in cui la giurisprudenza di legittimità li ritiene risarcibili, potranno trovare applicazione le ipotesi di danno esistenziale, e cioè alla sfera reddituale del singolo e alla ingiusta lesione alle attività realizzatrici della persona, alle abitudini di vita e agli assetti relazionali.



Su quest'ultimo aspetto, in particolare, risulta di particolare interesse quanto la Corte Europea dei Diritti dell'Uomo ha affermato nella sentenza Cordella (24.01.2019) in relazione al danno ambientale, costituendo ciò principio che potrebbe trovare applicazione anche nella materia de qua:

“È spesso impossibile quantificare gli effetti di un inquinamento industriale importante in ciascun caso singolo e distinguere l'influenza di altri fattori quali, ad esempio, l'età e la professione. Lo stesso vale per quanto riguarda il peggioramento della qualità di vita derivante dall'inquinamento industriale. La «qualità di vita» è un concetto molto soggettivo che non si presta a una definizione precisa. Pertanto, ai fini dell'accertamento delle circostanze di fatto delle cause che le vengono sottoposte, la Corte non ha altra scelta che quella di basarsi anzitutto, sebbene non esclusivamente, sulle conclusioni delle giurisdizioni e delle altre autorità interne competenti”.

Laddove le immissioni presentino carattere illegittimo e la loro persistenza risulti cagionare nocumento, la tutela risarcitoria potrà essere preceduta da quella inibitoria, da richiedere processualmente ai sensi dell'art. 700 cod. proc. civ., non risultando altri mezzi processuali cautelari ad hoc

Art. 700. Condizioni per la concessione

Fuori dei casi regolati nelle precedenti sezioni di questo capo, chi ha fondato motivo di temere che durante il tempo occorrente per far valere il suo diritto in via ordinaria, questo sia minacciato da un pregiudizio imminente e irreparabile, può chiedere con ricorso al giudice i provvedimenti d'urgenza, che appaiono, secondo le circostanze, più idonei ad assicurare provvisoriamente gli effetti della decisione sul merito.