# IOMS: monitoraggio delle emessioni odorigene degli impianti di depurazione

Matilde Di Paolo[1]

[1]Tecnologie per l'ambiente

**Abstract**

Ad oggi uno dei più rilevanti aspetti negativi di impatto ambientale è causato dagli odori di molti impianti industriali ed artigianali. Sebbene in generale non siano stati dimostrati effetti diretti sulla salute, i cattivi odori possono essere causa di indubbio e persistente fastidio per la popolazione. Questi, infatti, alterano l'equilibrio psicofisico delle persone, producendo uno stato di malessere (nausea, mal di testa, problemi respiratori) tale da condizionarne il comportamento e diventare elemento di conflitto sia nel caso di impianti esistenti, sia nella scelta del sito di localizzazione di nuovi impianti. L'odore è un fenomeno complesso da analizzare poiché la potenzialità osmogena di una miscela gassosa dipende da: aspetti soggettivi di tipo fisiologico e psicologico propri delle persone che lamentano le maleodorazioni, aspetti oggettivi propri delle sostanze che la compongono come l'idrosolubilità e la volatilità, nonché da aspetti ambientali come pressione, temperatura, umidità relativa dell'aria, velocità e direzione dei venti. E' proprio a causa di questo complesso insieme di fattori che gli odori sono avvertiti dalle persone in modo differenziato. Nasce perciò l'esigenza di oggettivare il più possibile il problema del cattivo odore. Uno dei metodi per il monitoraggio delle emissioni odorigene delle acque reflue è quello di utilizzare IOMS (sistemi strumentali di monitoraggio degli odori) come il naso elettronico.

## Introduzione

L'odore è stato riconosciuto un inquinante a tutti gli effetti in tempi molto recenti [1]. In tutto il mondo sono state emanate ben poche leggi che fissino i limiti di emissione dell'odore dalle sorgenti industriali e che definiscano dei criteri di qualità dell'aria attinenti l'odore. Le emissioni odorigene sono un importante problema ambientale negli impianti di trattamento delle acque reflue e sono considerate la principale causa di disturbo notato dalla popolazione esposta [2]. L'irrigazione delle acque reflue e le pratiche agricole intensive sono due delle principali fonti di inquinamento del suolo [3]. Le sorgenti di odore sono generalmente causate da industrie della lavorazione

di scarti e impianti di macellazione di animali, allevamenti, discariche, industrie petrolifere o della carta, industrie chimiche ed industrie alimentari (Fig.1). Gli organismi pubblici di tutela ambientale hanno sempre maggiore necessità di avere un mezzo che permetta loro di determinare qualitativamente e quantitativamente l'eventuale disagio che la realtà industriale potrebbe causare al cittadino [4]. Quando gli odori degli impianti influenzano la qualità dell'aria e causano lamentele da parte dei cittadini, un'indagine su tali odori può richiedere che l'aria odorosa venga misurata con metodi scientifici standardizzati [5] . Gli odori devono essere tradotti quantitativamente per essere oggettivamente legiferati (definizione delle massime concentrazioni tollerabili di odori o emissioni) e monitorati (minimizzazione del fastidio in prossimità degli WWTP) [6]. Lo scopo del monitoraggio è quello di contenere gli elementi inquinanti [7].

Figure 1: Emissioni odorigene derivanti da impianti industriali (unsplash)

## Tecniche di monitoraggio a confronto

L'odore è una risposta soggettiva, che può variare da individuo ad individuo [8]. In quanto la stessa miscela gassosa può generare sensazioni percepite diversamente da persona a persona. L'oggettivazione delle proprietà odorose permetterebbe di distinguere, tra le varie situazioni, quelle di reale molestia olfattiva [9]. Tuttavia poichè la sensibilità umana nella percezione degli odori spesso si dimostra superiore ai limiti di rilevabilità delle tecniche analitiche tradizionali, non esiste un metodo ideale per la misura degli odori ma è necessario ricorrere ad un insieme di indagini e di tecniche, tra loro integrate, per riuscire ad ottenere il maggior numero di informazioni possibili [10]. Poiché ciascuna tecnica soddisfa solo una parte dei problemi di monitoraggio degli odori, molti autori hanno concentrato la loro attenzione

sull'effettuazione di confronti e integrazioni tra i risultati dell'olfattometria e dell'E-Nose [11]. Queste applicazioni mostrano l'opportunità di utilizzare più di un approccio per descrivere e comprendere i casi di disturbo olfattivo nel modo più completo possibile [12]. In sintesi il mezzo a disposizione per la quantificazione delle molestie olfattive è sostanzialmente l'effettuazione di misure di diverso tipo (Fig.2).

| MISURE | VANTAGGI | SVANTAGGI |
|---|---|---|
| **MISURE ANALITICHE**<br>Analisi chimica qualitativa e quantitativa, tecniche di separazione e identificazione analitica come la gas cromatografia accoppiata alla spettrometria di massa che misurano la composizione di una miscela di analiti. | • Obiettività<br>• Conoscenza quali/quantitativa dei composti di maggior interesse presenti nel gas<br>• Ripetibilità | • Imprecisione dell'impatto odorigeno a causa della variabilità del tono edonico e del carattere chimico delle emissioni odorose<br>• Problema con miscele costituenti gli odori complessi<br>• Tempi lunghi e costi elevati |
| **MISURE SENSORIALI**<br>Le tecniche sensoriali o di "olfattometria dinamica" consistono nel presentare l'aria odorosa, diluita con aria deodorizzata, a un gruppo di persone selezionate (panel) per registrarne le sensazioni risultanti: tale misura ha principalmente l'obiettivo di determinare la concentrazione di odore con l'aiuto dell'olfatto umano come sensore. | • Misurazione puntuale<br>• Il limite dato dalla soggettività delle sensazioni è superato con un panel i cui componenti hanno olfatto standardizzato da una norma specifica (EN 13725:2003) | • Incertezza e limitazioni in quanto dipende da un "sensore umano"<br>• Non permette di effetturare misurazioni sul campo e continue<br>• Considera l'intera miscela di odori e non discrimina i singoli composti chimici<br>• Tempi lunghi e costi elevati |
| **MISURE SENSO-STRUMENTALI**<br>Queste ultime utilizzano nasi artificiali/elettronici, dispositivi in grado di simulare il processo mentale di memorizzazione e riconoscimento degli odori tipico del sistema olfattivo umano. L'abbinamento di un sistema olfattivo elettronico alle precedenti tecniche di indagine, ancorché da ottimizzare sulle situazioni specifiche, è il naturale completamento dei rilievi possibili in merito a problematiche di odore. | • Analisi continuativa nel tempo<br>• Monitora gli odori direttamente in campo o sulle linee di produzione<br>• Tempi rapidi e costi ridotti<br>• Utilizzo di software in grado di analizzare odori complessi<br>• Quantifica l'intensità dell'odore in termini di unità odorimetriche<br>• Identifica la sorgente di emissione dell'odore nelle situazioni in cui l'odore viene percepito a distanza dall'insediamento produttivo | • Nel caso in cui il naso elettronico non sia stato opportunamente addestrato non sarà possibile ottenere risultati soddisfacenti alle necessità |

Figure 2: Tecniche di monitoraggio: vantaggi e svantaggi.

# Monitoraggio attraverso il naso elettronico

Nonostante l'importanza della nostra percezione dell'odore e del sapore, ci sono problemi nel confrontare l'esperienza dell'olfatto di diverse persone e nel quantificare l'odore. Questa esigenza ha creato il desiderio di un approccio più analitico alla misurazione quantitativa dell'odore [13]. A questo scopo è stato sviluppato il campo degli analizzatori strumentali come Nasi Elettronici (e-Nose) e Sistemi di Olfazione (Machine Olfaction) in risposta a questo desiderio [14] . Un naso elettronico è un dispositivo di misurazione, che viene utilizzato per la valutazione sensoriale di molti composti chimici da varie fonti [4]. Il monitoraggio ambientale è un campo di applicazione molto promettente per il naso elettronico [15] tuttavia quest'ultimo può essere utilizzato in numerosi campi tra i quali anche quello medico; è stato

utilizzato, ad esempio, per studiare il metodo di determinazione rapida della freschezza dei gamberi [16].

Il naso elettronico è uno strumento che comprende una serie di sensori chimici elettronici a specificità parziale e un adeguato sistema di riconoscimento del pattern, in grado di riconoscere odori semplici o complessi [17]. Dopo una fase di formazione, i nasi elettronici sono in grado di visualizzare in anteprima la classe di un campione sconosciuto e quindi di associare gli odori ambientali a una fonte specifica [12].

Esso consiste di tre parti principali:

- sistema di campionamento degli odori da analizzare (pompa pneumatica, filtri, valvole);
- sistema di sensori basato su una serie di più elementi di rilevamento o sensori chimici;
- unità di analisi dei dati e di elaborazione del segnale per l'estrazione di caratteristiche e informazioni significative (processore, memoria, software per l'elaborazione delle misure, display)

L'interazione fra i sensori e gli odori è il primo passo fondamentale del processo di acquisizione dati, poiché la sua esecuzione influenza tutte le fasi successive [18]. I componenti principali di uno strumento naso elettronico sono il suo sistema di consegna del campione e il modulo array di sensori [19]. La novità è eseguire un'analisi quasi completa di diverse acque reflue sfruttando i loro campioni di aria odorosa, liquido e spazio di testa utilizzando i sistemi e-Nose e VE-tongue. I risultati ottenuti sono spiegati da TD-GC-MS, SPME-GC-MS e tecniche di analisi fisico-chimiche (Fig.3). Entrambi i sistemi hanno il vantaggio di essere facili da maneggiare, veloci, non richiedono personale qualificato e consentono misurazioni in loco [20].

Nonostante gli sforzi per arrivare a un dispositivo universale in grado di ottenere una precisa discriminazione di sapori, profumi, odori, analiti e alla fine sostituire il naso umano, l'E-Nose non è un analizzatore chimico e quindi deve essere addestrato per qualsiasi applicazione specifica [21]. Tuttavia, questa limitazione tecnica del naso elettronico è combinata alla potenziale capacità di rilevamento degli odori umani aumentando il numero di sensori individuali. I campioni di odore sono difficili da conservare a causa della loro instabilità e, quindi, richiedono tempi di analisi rapidi [22]. I nasi elettronici presentano costi di analisi inferiori e risultati rapidi e consentono di effettuare un monitoraggio continuo sul campo in prossimità di sorgenti e recettori [12].

I risultati mostrano che i nasi elettronici opportunamente addestrati possono essere applicati con successo per il monitoraggio continuo di odori di interesse ambientale direttamente dove si lamenta l'odore fastidioso [23]. Altri studi sulla tecnologia IOMS sono stati condotti per monitorare gli odori emessi dagli impianti di trattamento delle acque reflue [24] [25] [26].

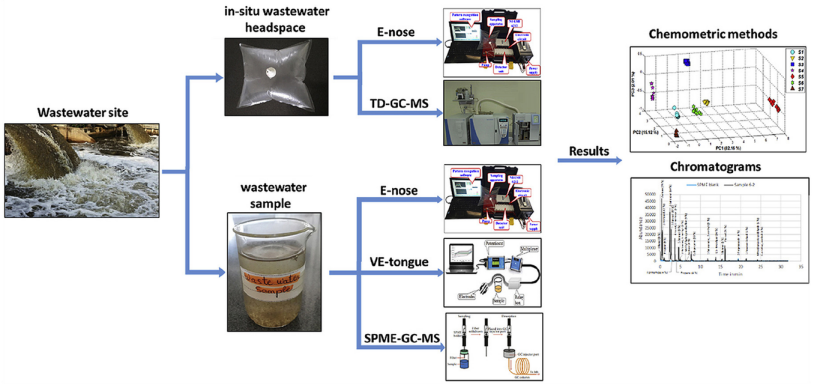


Figure 3: Schema con le diverse opzioni di analisi per le acque reflue in sito [20]

# Conclusione

In conclusione grazie al progresso della tecnologia e alle nuove misure senso-strumentali, come l'E-Nose, è possibile valutare nel dettaglio gli odori percepiti dalla popolazione e ottenere una caratterizzazione chimica dei composti odorosi. Il monitoraggio degli odori mediante il naso elettronico fornisce una buona misurazione della percezione reale degli odori con il vantaggio di essere applicato per un analisi continuativa nel tempo, in loco, in tempi rapidi ed a costi inferiori. Nel caso in cui il naso elettronico sia stato opportunamente addestrato e calibrato con campioni noti e precedentemente analizzati secondo la norma UNI EN 13725 esso potrà, oltre che quantificare l'intensità dell'odore in termini di unità odorimetriche, anche identificare la sorgente di emissione dell'odore nelle situazioni in cui l'odore viene percepito a distanza dall'insediamento produttivo. Il mancato equilibrio naturale emesso viene ripristinato tramite una notevole spesa per la realizzazione di impianti di depurazione e di reti fognarie adeguate, che attraverso l'impegno adottato dal personale addetto agli impianti di trattamento delle acque reflue (Fig.4) e alla manutenzione della rete fognaria, portano le opere al mantenimento di un acqua corrente che non causa fastidio alla popolazione.

Figure 4: Impianto di trattamento delle acque reflue di Bolivar (Creative Commons Search)

## References


1.Zarra, T. *et al.*. Environmental odour monitoring by Electronic Nose. *Issue 3* **20**, 664–668 (2018).

2.Zarra, T., Naddeo, V., Belgiorno, V., Reiser, M. & Kranert, M. Instrumental characterization of odour: a combination of olfactory and analytical methods. *Water Science and Technology* **59**, 1603–1609 (2009).

3.Tafu, M., Arioka, Y., Takamatsu, S. & Toshima, T. Properties of sludge generated by the treatment of fluoride-containing wastewater with dicalcium phosphate dihydrate. *Euro-Mediterranean Journal for Environmental Integration* **1**, (2016).

4.Gebicki, J., Byliński, H. & Namieśnik, J. Measurement techniques for assessing the olfactory impact of municipal sewage treatment plants. *Environmental Monitoring and Assessment* **188**, (2015).

5.Naddeo, V. *et al.*. Odour measurement in wastewater treatment plant using both European and Japanese standardized methods: correlation and comparison study. *Issue 4* **18**, 728–733 (2016).

6.Stuetz, R. & Frechen, F. B. Odours in Wastewater Treatment - Measurement Modelling and Control. *Water Intelligence Online* **4**, 9781780402932–9781780402932 (2015).

7.Zarra, T., Reiser, M., Naddeo, V., Belgiorno, V. & Kranert, M. Odour Emissions Characterization from Wastewater Treatment Plants by Different Measurement Methods. *CEt* **40**, (2014).

8.T.Zarra, M.Reiser, V.Naddeo, V.Belgiorno & M.Kranert. A Comparative

and Critical Evaluation of Different Sampling Materials in the Measurement of Odour Concentration by Dynamic Olfactometry. *CEt* **30**, (2012).

9.Zarra, T., Giuliani, S., Naddeo, V. & Belgiorno, V. Control of odour emission in wastewater treatment plants by direct and undirected measurement of odour emission capacity. *Water Science and Technology* **66**, 1627–1633 (2012).

10.Naddeo, V., Zarra, T., Giuliani, S. & Belgiorno, V. Odour Impact Assessment in Industrial Areas. *CEt* **30**, (2012).

11.T.Zarra, S.Giuliani, V.Naddeo & V.Belgiorno. Optimization of Field Inspection Method for Odour Impact Assessment. *CEt* **23**, (2011).

12.Brattoli, M. *et al.*. Odour Detection Methods: Olfactometry and Chemical Sensors. *Sensors* **11**, 5290–5322 (2011).

13.Gardner, J. W. & Bartlett, P. N. Electronic Noses. Principles and Applications. *Measurement Science and Technology* **11**, 1087–1087 (2000).

14.Röck, F., Barsan, N. & Weimar, U. Electronic Nose: Current Status and Future Trends. *Chemical Reviews* **108**, 705–725 (2008).

15.Bourgeois, W., Romain, A. C., Nicolas, J. & Stuetz, R. M. The use of sensor arrays for environmental monitoring: interests and limitations. *Journal of Environmental Monitoring* **5**, 852 (2003).

16.Wei, L., Yuanyuan, H., Yanping, C., Jiaojiao, J. & Guohua, H. Penaeus orientolisprawn freshness rapid determination method based on electronic nose and non-linear stochastic resonance technique. *Bioengineered* **6**, 42–52 (2015).

17.Gardner, J. W. & Bartlett, P. N. A brief history of electronic noses. *Sensors and Actuators B: Chemical* **18**, 210–211 (1994).

18.Viccione, G., Zarra, T., Giuliani, S., Naddeo, V. & Belgiorno, V. Performance Study of E-Nose Measurement Chamber for Environmental Odour Monitoring. *CHEMICAL ENGINEERING TRANSACTIONS* (2012).

19.Stuetz, R. Chapter 12 Application of electronic nose technology for monitoring water and wastewater. in *Integrated Analytical Systems* 513–539 (Elsevier, 2003). doi:10.1016/s0166-526x(03)80117-4.

20.Moufid, M. *et al.*. Wastewater monitoring by means of e-nose VE-tongue, TD-GC-MS and SPME-GC-MS. *Talanta* **221**, 121450 (2021).

21.Zarra, T., Galang, M. G., Ballesteros, F., Belgiorno, V. & Naddeo, V. Environmental odour management by artificial neural network – A review. *Environment International* **133**, 105189 (2019).

22.T.Zarra, V.Naddeo & V.Belgiorno. A novel tool for estimating the odour emissions of composting plants in air pollution management. *Issue 4* **11**, 477–486 (2013).

23.Capelli, L., Sironi, S., Céntola, P., Rosso, R. D. & Grande, M. I. Electronic noses for the continuous monitoring of odours from a wastewater treatment plant at specific receptors: Focus on training methods. *Sensors and Actuators B: Chemical* **131**, 53–62 (2008).

24.Erra, G. Misura in tempo reale degli odori negli impianti di depurazione delle acque reflue. (2020) doi:10.22541/au.158878562.29074078.

25.Salvatore, S. Sistema strumentale automatico (IOMS) per il monitoraggio continuo degli odori in un impianto dei depurazione: influenza della scelta dei modelli statistici predittivi . doi:10.22541/au.158714235.53268142.

26.Battaglia, R. A. Studio e ottimizzazione dei sistemi strumentali automatici (IOMS) per il controllo degli odori in impianti di depurazione . doi:10.22541/au.158740065.50454415.