IL CAMPIONAMENTO DELLE SORGENTI ODORIGENE

PROGRAMMA

1. Le sorgenti di odore e la molestia olfattiva
2. Caratterizzazione delle sorgenti odorigene
3. Normativa di riferimento
4. Raccomandazioni generali per il campionamento: la UNI EN 13725:2022
5. Tipologia di sorgenti e metodi di campionamento
    a) Le sorgenti convogliate
    b) Le sorgenti areali attive
    c) Le sorgenti areali passive
    d) La pre-diluizione durante il campionamento
6. Le sorgenti complesse: es. volumetriche e fuggitive
7. Le sorgenti complesse: alcuni approcci
8. Conclusioni

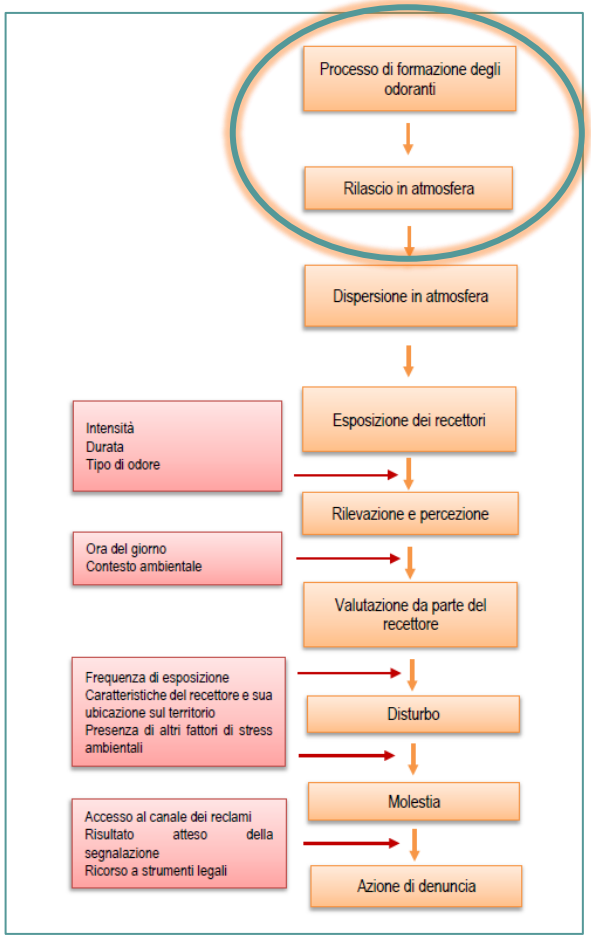
SORGENTI DI ODORE E MOLESTIA OLFATTIVA

Le **sorgenti di odori** sono **potenzialmente** in grado di generare **molestia olfattiva** in virtù di fattori determinanti quali, gradevolezza, durata, frequenza di esposizione, nonché intensità e contesto.

Pertanto, la registrazione di effetti negativi (molestia olfattiva) presuppone che ci siano:

- una **sorgente emissiva**, per mezzo della quale l'odore viene introdotto in atmosfera;
- un **percorso** attraverso cui l'odore si disperde in atmosfera esternamente alla sorgente;
- la presenza di **recettori**





Fonte: Delibera del Consiglio SNPA n.268/25 del 23.01.202

LA CARATTERIZZAZIONE DELLE SORGENTI ODORIGENE

PROCEDURA:

1. **Obiettivo e piano di misura**: identificare i processi, le eventuali sorgenti e fluttuazioni, il tipo di campionamento e la tossicità
2. **Campionamento olfattometrico:** raccolta di un campione rappresentativo dell'emissione odorigena
3. **Analisi olfattometrica**: stima della concentrazione di odore (ou_E/m^3) e flussi emissivi o OER (ou_E/s)
4. **Analisi chimica**: stima della composizione chimica dell'emissione

OBIETTIVI:

1. **Studi di impatto olfattivo** mediante simulazione di dispersione (valutazione delle sole sorgenti significative: $ou_E/s > 500$ o 80 $ou_E/m^3 > 80$ ou_E/m^3 ; *Fonte: D.g.r. 15 febbraio 2012 - n. IX/3018*)
2. **Confronto con VLE** nel contesto delle attività ispettive ordinarie o straordinarie (AIA/AUA)
3. Analisi della **tossicità** e individuazione dei **traccianti chimici**
4. Determinazione **dell'efficienza di un impianto di abbattimento**
5. Addestramento **naso elettronico** *(UNI 11761)*
6. Addestramento ***Field Inspection*** *(UNI EN 16841)*
7. **Analisi conoscitive**

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

1. **UNI EN 13725:2022** «Emissioni da fonti fisse - Determinazione della concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica e rateo di emissione odorigena»; capitoli 8 «*Measurement objective and measurement plan»* e 9 «*Measurement procedure»*

2. **Decreto Direttoriale n. 309 del 28/06/2023** del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, recante l'approvazione del documento "Indirizzi per l'applicazione dell'articolo 272-bis in materia di emissioni odorigene di impianti e attività"; Allegato A.2 «Campionamento olfattometrico»

3. **D.G.R. n. IX/3018 del 15/02/2012 di Regione Lombardia** (esempio di normativa regionale); Allegato 2 «Campionamento olfattometrico»

RACCOMANDAZIONI GENERALI (9.1.3.1 UNI EN 13725)

1. Il **contatto** tra campione e equipaggiamento di campionamento deve essere **minimo**
2. Deve essere **evitata la condensa del campione** nell' equipaggiamento di campionamento e nel contenitore del campione (*bag di Nalophan*)
3. Normalmente la temperatura del **gas campionato non supera i 200° C**
4. Prima del campionamento deve essere eseguito un **test di integrità** della linea di campionamento
5. Il **contenitore** del campione deve essere **condizionato** prima del campionamento
6. Quando si cambia il sito di misura deve **essere sostituita o pulita la strumentazione** di campionamento



Bags di Nalophan: contenitori del campione

SORGENTI CONVOGLIATE (9.2 UNI EN 13725) - 1

Sorgente puntiforme o sorgente convogliata: sorgente fissa discreta che rilascia gas di scarico in atmosfera tramite condotti di dimensioni definite, con una portata volumetrica controllata o controllabile (9.2 UNI EN 13725)

Campionamento: metodo del «polmone» che utilizza un involucro esterno rigido ermetico in cui viene inserito una *bag in Nalophan* collegato alla linea di campionamento esterna al contenitore.
Una pompa poi genera una depressione nel contenitore rigido e in questo modo il sacco si riempie, per bilanciamento della pressione negativa.
Può essere usato anche collegato ad una linea di diluizione se il rischio di condense lo richiede.

In ottemperanza a quanto richiesto dal Decreto Direttoriale n. 309 del 28/06/2023 del MASE, è necessario **monitorare la variabilità dell'emissione** eseguendo misure dirette di COT con strumentazioni in continuo (FID, PID o altro) in modo da garantire campionamenti rappresentativi delle reale condizioni emissive.



Metodo del «polmone» con campionatore a depressione

SORGENTI CONVOGLIATE - 2

Nel caso di sorgenti convogliate la portata di odore emessa (*OER – Odour Emission Rate*) è pari a:

$$OER(ou_E/s) = C_{od}\ (ou_E/m^3) \cdot Q_{aria}\ (m^3/s)$$

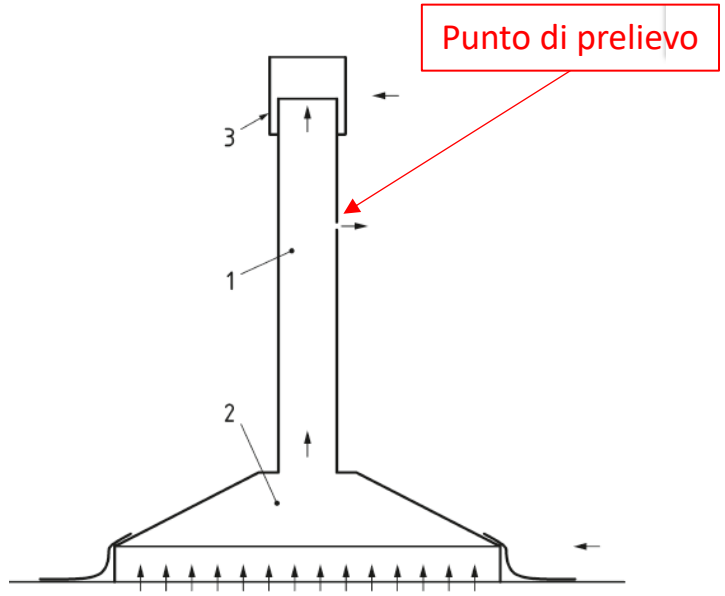


Metodo del «polmone» con campionatore a depressione

SORGENTI AREALI ATTIVE (9.3.2 UNI EN 13725) - 1

Sorgente areale attiva: possono essere considerate al pari di sorgenti puntuali in cui, però, la sezione di emissione è estremamente estesa.
(Esempi: biofiltri, il compostaggio aerato, bacini di aerazione nel trattamento delle acque reflue, ecc.)
Sono definite sorgenti **areali attive** quelle per cui la velocità di uscita risulta maggiore a 0,008 m/s **e passive** quelle per cui si riscontra un valore inferiore.

Campionamento attraverso:
1) copertura totale della sorgente areale;
2) copertura di superfici parziali selezionate;
3) campionamento puntuale delle aree parziali (cappa statica) di circa l'1% della superficie emissiva totale.



Principio di funzionamento di una cappa statica di campionamento per sorgenti ad area attiva: 1. Camino, 2.Cappa, 3.Collare

Unico metodo previsto dalla normativa nazionale e regionale e generalmente metodo più semplice e usato!!

SORGENTI AREALI ATTIVE - 2

Al fine di ottenere dei dati rappresentativi dell'intera sorgente, è necessario effettuare **più campionamenti in diversi punti distribuiti uniformemente** sulla superficie emissiva.

Per **sorgente areali attiva** con distribuzione del flusso **omogenea** si intende una sorgente per cui le velocità di efflusso misurate sulle diverse superfici parziali differiscano al massimo di un fattore 2. La concentrazione di odore media è data dalla **media geometrica**:

$$\bar{c}_{od} = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^{n} c_i}$$

Nel caso di **sorgente areali attiva** con distribuzione del flusso **non omogenea**, la concentrazione di odore media è data dalla **media geometrica pesata sulla velocità**:

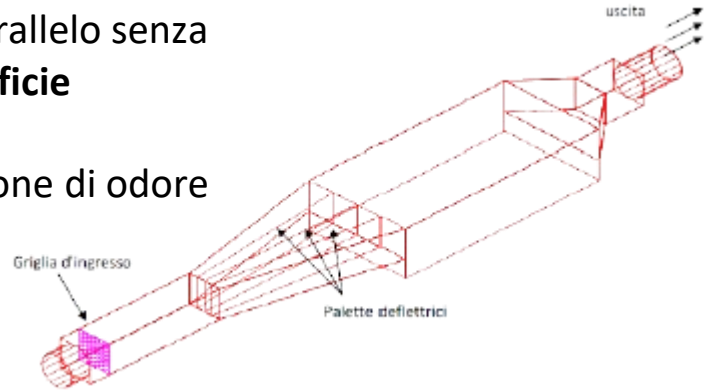
$$\bar{c}_{od} = \frac{\sqrt[n]{\prod_{i=1}^{n}(c_i\, v_i)}}{\sum_{i=1}^{n} v_i}$$

SORGENTI AREALI PASSIVE - 1

Sono definite sorgenti areali passive, secondo la UNI EN 13725, quelle per cui la velocità di uscita risulta inferiore a **0,008 m/s** (es. cumuli di rifiuti, vasche di sedimentazione, ecc.). Per il Decreto Direttoriale n. 309 del 28/06/2023 e le norme regionali il valore «il limite fra sorgenti areali attive e passive è fissato […] ad un flusso volumetrico specifico pari a **50 $m^3/(h \cdot m^2)$».**

UNI EN 13725: fuori dal campo di applicazione per la grande incertezza associata nel determinare la concentrazione di odore e il flusso d'aria, ma trattato in allegato M: «*Sampling of passive area sources*»

Decreto Direttoriale n. 309 del 28/06/2023 e le norme regionali: per il campionamento da questa tipologia di sorgenti è consigliabile l'utilizzo di cappe di tipo *wind tunnel* (galleria del vento).
Il sistema *wind tunnel* è disegnato per simulare la condizione atmosferica di flusso parallelo senza rimescolamento verticale: **una corrente di aria orizzontale nota passante sulla superficie raccoglie i composti odorigeni volatilizzati provocando un'emissione di odore.**
Si isola una parte della superficie emissiva con una cappa e si misurare la concentrazione di odore all'uscita da essa.



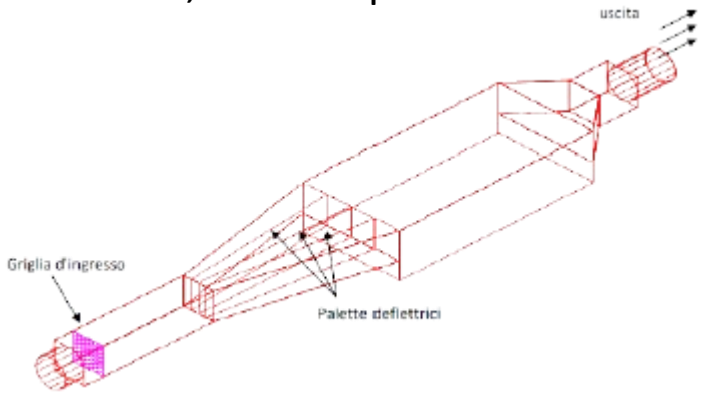
SORGENTI AREALI PASSIVE - 2

Calcolo OER: necessario passare attraverso il calcolo di un altro parametro significativo, ossia il **flusso specifico di odore (*SOER – Specific Odour Emission Rate*)**, espresso in unità odorimetriche emesse per unità di superficie e di tempo ($ou_E/m^2/s$)

$$SOER = \frac{Q_{eff} \times C_{od}}{A_{base}}$$

Infine, per calcolare l'OER è sufficiente moltiplicare il SOER per la superficie emissiva, i.e. la superficie totale della sorgente considerata (m^2):

$$OER = SOER \times A_{emiss}$$



LA PRE-DILUZIONE DURANTE IL CAMPIONAMENTO (9.1.4 UNI EN 13725)

La pre-diluizione dei campioni può risultare necessaria nei casi in cui si debbano prelevare campioni gassosi da sorgenti emissive caratterizzate da elevate temperature, con contenuto di umidità tale da generare la formazione di condense o anche su campioni per i quali è ipotizzabile una concentrazione di odore molto elevata.

La tecnica di **pre-diluizione** può essere **statica** (si riempie preventivamente parte del sacchetto con un gas inerte privo di odore) ma deve essere utilizzata con cautela;
Per fattori di pre-diluizione > 3 è preferibile una **pre-diluizione dinamica** (miscelando, direttamente in fase di prelievo, il flusso di gas inerte con il flusso di gas campione).

Il fattore di pre-diluizione (Zv) va sempre verificato, al posto di effettuare la calibrazione, sulla base della misura di concentrazione di gas indicatore o misurando le portate di gas (quando il fattore di diluizione non è influenzato dalle condizioni di temperatura e pressione durante il periodo di campionamento)

SORGENTI «COMPLESSE»

Emissioni Fuggitive
emissione di odore nell'atmosfera causata dalla **perdita** da qualcosa progettato per essere sigillato (es. flangia, raccordo, …)

Sorgenti Volumetriche
Vengono considerate sorgenti volumetriche gli **edifici dai quali fuoriescono gli odori**, attraverso condotti a ventilazione naturale oppure tramite porte, portoni, finestre o altre aperture.

Poiché il **campionamento, la misura e la quantificazione di tali sorgenti risulta estremamente complicata,** è fondamentale valutare preliminarmente la significatività e l'importanza del loro potenziale contributo. Nel caso sia fondamentale, per l'indagine, conoscere l'impatto olfattivo di questa tipologia di sorgenti, si può possono valutare approcci sperimentali o il ricorso a fattori di emissione (OEF).

SORGENTI «COMPLESSE»: ALCUNI APPROCCI (1)

United States Environmental Protection Agency | Office Of Air Quality Planning And Standards Research Triangle Park, NC 27711 | EPA-454/R-00-019 December 2000

Air

EPA

HOT MIX ASPHALT PLANTS

EMISSION ASSESSMENT REPORT

Office of Air Quality Planning and Standards — Clean Air — OAQPS

Atmospheric Environment 66 (2013) 84–90

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Atmospheric Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/atmosenv

Empirical model of odor emission from deep-pit swine finishing barns to derive a standardized odor emission factor

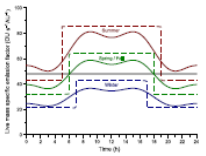
Günther Schauberger[a,*], Teng-Teeh Lim[b], Ji-Qin Ni[c], Dwaine S. Bundy[d], Barry L. Haymore[e], Claude A. Diehl[c], Ravi K. Duggirala[f], Albert J. Heber[c]

[a] WG Environmental Health, Department of Biomedical Sciences, University of Veterinary Medicine, Veterinärplatz 1, A 1210 Vienna, Austria
[b] Food Systems and Bioengineering, University of Missouri, Columbia, MO, USA
[c] Agricultural and Biological Engineering, Purdue University, West Lafayette, IN, USA
[d] Agricultural and Biosystems Engineering, Iowa State University, Ames, IA, USA
[e] ChemLink International, St. Louis, MO, USA
[f] Xcel Energy, Denver, CO, USA

HIGHLIGHTS

- Odor emission of livestock buildings can be a major source for nuisance.
- Odor emission rate is necessary for modeling setback distances.
- Odor release is mainly modified by indoor temperature, ventilation rate and animal activity.
- A odor emission model was derived for swine finishing barns.

GRAPHICAL ABSTRACT



ARTICLE INFO

Article history:
Received 23 November 2011
Received in revised form
21 May 2012
Accepted 22 May 2012

Keywords:
Odor emission rate
Model
Indoor temperature
Ventilation rate
Airflow rate
Livestock
Odor
Fattening pig

ABSTRACT

Odor emission from swine housing is influenced by the herd characteristics and building environment. The following three specific factors were identified as inputs to a swine house odor emission model: indoor temperature, barn ventilation rate, and pig activity. Model input parameters were determined based on tests of four, identical, 1000-head, mechanically-ventilated swine finishing houses. Each building had two sidewall curtains, a curtain on the west end wall, five exhaust fans on the east end wall, four pit ventilation fans, and long-term manure storage beneath a fully slatted floor. Odor concentrations of 112 odor samples were determined using dynamic forced-choice olfactometry with four to six trained panelists. The emission model showed that the standard live mass specific odor emission factor was 48 OU s^{-1} per 500 kg live mass or animal unit (AU), and it corresponded to an indoor temperature of $T_0 = 20$ °C, a ventilation rate of $V_0 = 200$ m^3 h^{-1} (55.6×10^{-3} m^3 s^{-1}) per pig (maximum capacity for summer time), and the daily mean animal activity. The rate of odor emission from a swine finishing house can be calculated based on these parameters coupled with the number of animals, the mean live mass, and the standard live mass specific odor emission factor. Using this process-based odor emission model, the odor emission estimation and therefore the input for odor dispersion models can be improved to obtain more reliable estimates of separation distance for siting future pig farms.

Published by Elsevier Ltd.

* Corresponding author. Tel.: +43 1 25077 4574.
E-mail address: gunther.schauberger@vetmeduni.ac.at (G. Schauberger).

1352-2310/$ – see front matter Published by Elsevier Ltd.
http://dx.doi.org/10.1016/j.atmosenv.2012.05.046

$$OEF \ (Odour\ Emission\ Factor) = ou \cdot s^{-1}/t$$

SORGENTI «COMPLESSE»: ALCUNI APPROCCI (2)

remote sensing

MDPI

Technical Note

Aerial Mapping of Odorous Gases in a Wastewater Treatment Plant Using a Small Drone

Javier Burgués [1,2,3,*], María Deseada Esclapez [4], Silvia Doñate [4], Laura Pastor [4] and Santiago Marco [1,2,3]

1 Institute for Bioengineering of Catalonia (IBEC), Baldiri Reixac 10-12, 08028 Barcelona, Spain; smarco@ibecbarcelona.eu
2 The Barcelona Institute of Science and Technology, Carrer del Comte d'Urgell 187, 08036 Barcelona, Spain
3 Department of Electronics and Biomedical Engineering, Universitat de Barcelona, Martí i Franquès 1, 08028 Barcelona, Spain
4 Depuración de Aguas del Mediterráneo (DAM), Avenida Benjamín Franklin 21, Parque Tecnológico, 46980 Paterna, Spain; desi.esclapez@dam-aguas.es (M.D.E.); silvia.donate@dam-aguas.es (S.D.); laura.pastor@dam-aguas.es (L.P.)
* Correspondence: jburgues@ibecbarcelona.eu; Tel: +34-934-029-070

Abstract: Wastewater treatment plants (WWTPs) are sources of greenhouse gases, hazardous air pollutants and offensive odors. These emissions can have negative repercussions in and around the plant, degrading the quality of life of surrounding neighborhoods, damaging the environment, and reducing employee's overall job satisfaction. Current monitoring methodologies based on fixed gas detectors and sporadic olfactometric measurements (human panels) do not allow for an accurate spatial representation of such emissions. In this paper we use a small drone equipped with an array of electrochemical and metal oxide (MOX) sensors for mapping odorous gases in a mid-sized WWTP. An innovative sampling system based on two (10 m long) flexible tubes hanging from the drone allowed near-source sampling from a safe distance with negligible influence from the downwash of the drone's propellers. The proposed platform is very convenient for monitoring hard-to-reach emission sources, such as the plant's deodorization chimney, which turned out to be responsible for the strongest odor emissions. The geo-localized measurements visualized in the form of a two-dimensional (2D) gas concentration map revealed the main emission hotspots where abatement solutions were needed. A principal component analysis (PCA) of the multivariate sensor signals suggests that the proposed system can also be used to trace which emission source is responsible for a certain measurement.

Keywords: drone; UAV; gas sensors; odour; air pollution; industrial emissions; mapping; environmental monitoring

check for updates

Citation: Burgués, J.; Esclapez, M.D.; Doñate, S.; Pastor, L.; Marco, S. Aerial Mapping of Odorous Gases in a Wastewater Treatment Plant Using a Small Drone. *Remote Sens.* **2021**, *13*, 1757. https://doi.org/10.3390/rs13091757

Academic Editor: Maria João Costa

Received: 2 April 2021
Accepted: 29 April 2021
Published: 30 April 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

1. Introduction

The monitoring of emissions to air is a key element in preventing and reducing pollution from industrial installations, in ensuring a high level of protection of the environment, and in minimizing odor impact to the surrounding population. Industrial activities such as production of energy, intensive rearing of poultry and pigs or waste management are sources of greenhouse gases (GHGs), hazardous air pollutants (HAPs) and offensive odors. In 2017, emissions from waste management sites made up 3% of total GHG emissions and 5% of particulate matter (PM) emissions in Spain [1]. These facilities are also responsible for many citizen complaints to the local authorities regarding odor annoyance episodes [2]. The objectives of monitoring are many and diverse. For example, monitoring can be applied to assess compliance with environmental permit requirements; check the performance of odor abatement systems; determine the relative contribution of different sources to the overall emissions; report emissions for national and international inventories, e.g., the Pollutant Release and Transfer Registers (PRTRs); and many others [3].

Environmental Research 222 (2023) 115401

Contents lists available at ScienceDirect

Environmental Research

journal homepage: www.elsevier.com/locate/envres

Validation study of WindTrax reverse dispersion model coupled with a sensitivity analysis of model-specific settings

Francesca Tagliaferri, Marzio Invernizzi *, Federica Capra, Selena Sironi

Politecnico di Milano, Department of Chemistry, Materials and Chemical Engineering, "Giulio Natta" - P.za Leonardo da Vinci 32, 20133, Milano, Italy

ARTICLE INFO

Handling Editor: Jose L. Domingo

Keywords:
Dispersion modelling
Backward Lagrangian stochastic model
Inverse modelling
Sensitivity analysis
Validation
Complex sources

ABSTRACT

In last years, atmospheric dispersion models have reached considerable popularity in environmental research field. In this regard, given the difficulties associated to the estimation of emission rate for some kind of sources, and due to the importance of this parameter for the reliability of the results, Backward dispersion models may represent promising tools. In particular, by knowing a measured downwind concentration in ambient air, they provide a numerical value for the emission rate. This paper discusses a critical validation of the WindTrax Backward model: the investigation does not only deal with the strict reliability of the model but also assesses under which conditions (i.e. stability class, number, and location of the sensors) the model shows the greatest accuracy. For this purpose, WindTrax results have been compared to observed values obtained from available experimental datasets. In addition, a sensitivity study regarding model-specific parameters required by WindTrax to replicate the physics and the random nature of atmospheric dispersion processes is discussed. This is a crucial point, since, for these settings, indications on the numerical values to be adopted are not available. From this study, it turns out that the investigated model specific settings do not lead to a significant output variation. Concerning the validation study, a general tendency of the model to predict the observed values with a good level of accuracy has been observed, especially under neutral atmospheric conditions. In addition, it seems that WindTrax underestimates the emission rate during unstable stratification and overestimates during stable conditions. Finally, by the definition of alternative scenarios, in which only a portion of the concentration sensors was considered, WindTrax performance appears better than acceptable even with a small number of concentration sensors, as long as the positioning is in the middle of the plume and not in the strict vicinity of the source.

1. Introduction

Urbanization and industry have greatly impacted the air quality in recent years, degrading it. As the air quality proceeds its deterioration, exposure to air pollution raises as a crucial concern to public health: chemical species emitted in the atmosphere, such as NO_2, SO_2, CO, PM_{10}, $PM_{2.5}$, C_6H_6, could severely damage the health of the population (Bretón et al., 2021; Haga et al., 2021).

The determination of the level of chemical exposure becomes a key issue as information on atmospheric pollution and its environmental impact on citizens (Piccardo et al., 2022). In this regard, atmospheric dispersion modelling represents a powerful tool for estimating the spatio-temporal distribution of contaminants emitted by a specific source, thereby localising the areas of population exposure as well as the ground level concentrations of contaminants (Mangia et al., 2014).

There exist different kinds of atmospheric dispersion models, such as Gaussian (Gifford, 1959), Eulerian (Jacobson, 2005; Seinfeld and Pandis, 1998), Lagrangian (Rodean, 1996), and fluid dynamics models (Moon et al., 1997). Indeed, the aim of air pollution models is predicting the ambient air concentration of pollutants, given, as boundary conditions, the meteorological and emissive conditions of the source (Capelli et al., 2012; Leelőssy et al., 2014; Tagliaferri et al., 2020).

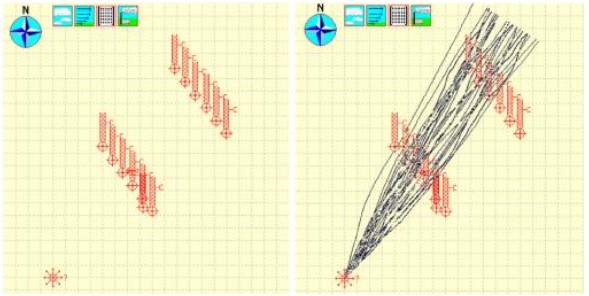
While the analysis and the comparison of atmospheric dispersion tools has often been examined (Chambers et al., 2019; Herring and Huq, 2018; Huilier, 2021; Li et al., 2021; Pantusheva et al., 2022), it is important to remark that model accuracy strongly depends on the quality of the input dataset: in particular, the mass flux rate, emitted from the source, has a linear correlation with the fallout concentrations (Tagliaferri et al., 2022). For classical point sources, such as stacks and chimneys, emission rates can be measured easily and rapidly. However, because of the challenges of direct sampling and the potential impact of several environmental variables, such as temperature and wind speed,

* Corresponding author.
E-mail address: marzio.invernizzi@polimi.it (M. Invernizzi).

https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.115401
Received 21 September 2022; Received in revised form 13 January 2023; Accepted 30 January 2023
Available online 31 January 2023
0013-9351/© 2023 The Authors. Published by Elsevier Inc. This is an open access article under the CC BY license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



Figure 7. Map of H_2S concentration obtained from drone measurements.



(a) (b)

Fig. 1. *Experiment B spatial configuration on WindTrax on the left (a); WindTrax simulation, in which the trajectories traced by the emitted particles are visible, on the right (b)* (Crenna, 2006).

TAKE-HOME MESSAGE

1. Caratterizzazione delle sorgenti odorigene è il primo passo per determinare la presenza di un inquinamento da odore e quantificarlo
2. La normativa di riferimento è in forte evoluzione ma ancora frammentata
3. È importante definire a monte un piano di campionamento in base alle diverse sorgenti rilevate in impianto
4. Il campionamento per alcune tipologie di sorgenti non è ancora standardizzato (sorgenti areali passive) o trattato dalla normativa di settore (sorgenti complesse)