

# Utilizzo dei modelli per la stima della qualità dell'aria

Davide Rizzo<sup>1</sup> and Annamaira Shara Ferruzzi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Affiliation not available

## Abstract

<sup>1</sup>La legislazione europea e il suo recepimento nella normativa nazionale incoraggiano lo sviluppo e l'uso di sistemi modellistici di qualità dell'aria che sono considerati di primaria importanza nelle valutazioni preliminari di qualità e utili per completare il contenuto informativo delle misure dirette. Il funzionamento dei modelli di dispersione consiste nel simulare gli effetti di una o più sorgenti di emissione in termini di concentrazione degli inquinanti emessi in corrispondenza di fissati recettori.

## Introduzione al comparto e ai modelli di dispersione

Il comparto atmosferico è uno dei comparti più importanti nell'ambito della valutazione di impatto ambientale in quanto sono numerosi i fenomeni, sia antropici che naturali, che possono andare ad alterare sia direttamente che indirettamente il suo stato.

La normativa di riferimento nazionale è il Decreto Legislativo 152/2006 che nella parte V, Titolo I "Prevenzione e limitazione delle emissioni in atmosfera di impianti e attività", Art. 268, definisce e caratterizza i limiti delle emissioni.

Successivamente il Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n.155, attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa, in particolare nell' art.1 istituisce un quadro normativo unitario in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria ambiente.

Ai fini della valutazione di impatto ambientale risultano ancora utili le prescrizioni data dal D.P.C.M 27/12/88 Art. 1, in cui vengono definiti gli elementi minimi per la caratterizzazione del comparto. Nel primo allegato del Decreto sono descritte le componenti ed i fattori ambientali, nel secondo allegato le caratterizzazioni delle componenti e dei fattori ambientali e le relazioni tra questi esistenti per l'analisi e la valutazione del sistema ambientale, nel terzo allegato sono descritti i criteri peculiari da applicare nella redazione degli studi in relazione alla specifica tipologia di ciascuna categoria di opere, nel quarto allegato le procedure da applicare per i progetti di centrali termoelettriche e turbogas. <sup>2</sup>

Dal D.P.C.M 27/12/88 possiamo individuare gli elementi necessari per un'analisi sufficiente del comparto:

- dati meteorologici convenzionali (temperatura, precipitazioni, umidità relativa, vento ecc.)
- dati di concentrazione di specie gassose e di materiale particolato
- caratterizzazione dello stato fisico dell'atmosfera
- caratterizzazione preventiva dello stato di qualità dell'aria (gas e materiale particolato)
- localizzazione e caratterizzazione delle fonti inquinanti
- previsione degli effetti del trasporto (orizzontale e verticale) degli effluenti mediante modelli di diffusione di atmosfera
- previsioni degli effetti delle trasformazioni fisico-chimiche degli effluenti

Si capisce quindi che caratterizzare tale comparto significa andare a studiare non solo la qualità

dell'aria ma anche quelli che sono i fenomeni di tipo meteo-climatico che regolano il trasporto delle sostanze emesse. Quest'ultimo aspetto richiede pertanto la modellazione matematica di fenomeni molto complessi in cui la turbolenza atmosferica e le trasformazioni foto-chimiche giocano un ruolo fondamentale.<sup>3</sup>

[404 E 66th St, New York, NY 10065, USA, United States](#)

In particolare, è necessario andare a caratterizzare il comportamento di quello strato di atmosfera a diretto contatto col suolo (detto strato limite planetario) caratterizzato da connotazioni chimico-fisiche tali da confinare entro i suoi limiti tutto la dispersione delle emissioni provenienti dal suolo. Sulla base delle caratteristiche di emissione e dei fattori meteorologici, un modello di dispersione può essere utilizzato per prevedere la concentrazione nello spazio di una sostanza emessa da una sorgente a patto che si riesca a modellare lo strato limite planetario.<sup>5</sup> Questi modelli possono avere come base teorica un differente approccio nel considerare lo spostamento delle particelle nello spazio: È possibile adottare per lo studio di queste, un approccio Euleriano che fissa un sistema di riferimento entro cui la posizione della particella viene individuata oppure un approccio Lagrangiano in cui si segue la particella nel suo movimento. Entrambi gli approcci non sono integralmente adottabili senza apportare delle semplificazioni al sistema di equazioni differenziali, che governano il fenomeno fluidodinamico per via delle difficoltà nel caratterizzare lo sviluppo della turbolenza. Per rendere trattabile il problema, si è optato per un'integrazione numerica su un numero ridotto di equazioni differenziali e approssimare le rimanenti. Un contributo notevole alla modellazione proviene dalla *Teoria della similarità* che tramite la processione di una enorme quantità di dati, ricavati dalla registrazione delle condizioni atmosferiche nel tempo, è riuscita a dare una forma semi-empirica ai fenomeni fisici dello strato atmosferico più superficiale e ricavare quindi relazioni di validità generale, che mettono il profilo verticale delle principali variabili di interesse in funzione della quota e dei parametri della turbolenza. Attraverso queste è stato possibile creare dei modelli più semplici e pratici, a patto di fare i conti con forti limitazioni dovute alle iniziali

ipotesi semplificative. Tali limiti consentono l'applicazione solo in situazioni di forte omogeneità superficiale (zone pianeggianti), omogeneità di copertura e un'evoluzione dei fenomeni turbolenti quasi stazionario. Un ulteriore passo per affrontare la modellazione del fenomeno è descrivere la forma con cui un'emissione si disperde in atmosfera. In genere le forme più semplici sono il *puff*, concepito come singolo sbuffo di gas emesso, e il *plume*, il classico pennacchio delle ciminiere. Nel tempo è stato osservato un comportamento ricorrente di queste forme di emissioni nelle diverse condizioni atmosferiche che ne ha permesso la schematizzazione. Una delle semplificazioni più importanti tuttavia è quella che adottano i cosiddetti modelli stazionari i quali considerano i fenomeni atmosferici (e quindi turbolenti) come costanti e inalterati in un intervallo di tempo tale da rendere rappresentativa la stima del valor medio dei valori. Uno dei modelli più famosi, grazie a questa semplificazione, nonché uno dei più utilizzati per i fini ingegneristici, è il modello stazionario Gaussiano, che fa una serie di ipotesi semplificative molto limitanti, tra cui le più incisive sono la superficie piana e la stazionarietà dei fenomeni atmosferici ([La micrometeorologia . . .](#))

## Caso Studio

Si è analizzato uno studio ([E.Negri 2010](#)) dove è stato utilizzato il software Calpuff applicato alle emissioni dell'azienda LyondellBasell di Ferrara che opera nel settore chimico. Le sostanze analizzate, emesse dal camino dell'impianto analizzato, non sono cancerogene per l'uomo, ma presentano caratteristiche di tossicità e per alcune sono definiti limiti alle emissioni (D.Lgs 152/06). Il modello Gaussiano a puff utilizzato dal software, si basa sull'ipotesi che qualsiasi emissione di inquinante da parte di una sorgente puntuale può essere vista come l'emissione in successione di una sequenza di piccoli sbuffi di gas ciascuno indipendente dall'altro. Tali porzioni di fumo, una volta emesse, evolvono indipendentemente nello spazio e nel tempo in base alle caratteristiche di spinta acquisite all'emissione, alle condizioni meteorologiche medie e alla turbolenza che incontrano nel loro cammino.

Inoltre, è un modello di tipo stazionario ovvero considera la turbolenza atmosferica “congelata” durante il suo passaggio. <sup>6</sup>Questa semplificazione permette una facile implementazione del modello ma ne limita l’utilizzo solo a specifiche condizioni di applicabilità. Non è infatti possibile:

- tenere conto dell’orografia del territorio
- tenere conto di una variazione delle emissioni dalla sorgente
- considerare eventuali trasformazioni chimiche
- tenere conto della deposizione secca o umida delle sostanze emesse

Gli ultimi due effetti, anche se presenti, possono essere trascurati in quanto la loro assenza ci porta ad una sovrastima delle concentrazioni, mentre il primo non presenta problemi trovandosi il caso studio in un territorio pianeggiante. Bisogna prima di tutto, definire il dominio di calcolo su cui verrà posta una griglia i cui punti sono definiti secondo le coordinate UTMW-GS84. Le informazioni geofisiche necessarie per la simulazione sono l’andamento del terreno con la quota e l’uso del suolo, informazioni da fornire per ogni cella del dominio di calcolo. <sup>7</sup> Nel caso studio in esame si hanno a disposizione i dati provenienti da una centralina meteo che si trova nei pressi dell’impianto. Per tradurli in dati gestibili per il modello si è creato un programma che utilizza i dati della centralina per ottenere come output un file che contiene i dati di velocità e direzione del vento, altezza delle nubi, copertura del cielo, temperatura, umidità relativa, pressione e tipologia di precipitazione. Per descrivere l’andamento di velocità media in funzione della quota, si è utilizzata una legge esponenziale basata sulle classi di stabilità atmosferiche di Pasquill e del tipo di territorio (rurale o urbano). Sono stati poi inseriti il profilo di pressione e il profilo di temperatura. <sup>8</sup>

Per quanto riguarda invece la sorgente di emissione dall’impianto di Ferrara, bisogna inserire i valori relativi alle proprietà delle sostanze emesse (diffusività, costante di Henry, ecc.). <sup>9</sup>Bisogna poi fornire i dati dimensionali e fisici della sorgente (altezza, temperatura emissione, diametro ecc.) e definire la posizione dei ricettori dove analizzare l’andamento temporale delle concentrazioni. I

recettori sono stati disposti ad altezza d'uomo (1.5m) per ottenere l'effettiva concentrazione, con cui la popolazione entra in contatto e infittiti in corrispondenza dell'impianto. Una particolarità del software usato, è quella di consentire l'implementazione nell'area di studio dell'effetto del *Building Downwash*, cioè il disturbo causato da edifici, o da altre costruzioni che agiscono da ostacolo, sulla dispersione delle sostanze in aria. In generale, un ostacolo, crea delle turbolenze indotte dalla forza del vento che agisce su di esso, si ha quindi una modifica sulla naturale traiettoria del vento. Può succedere che la turbolenza locale, richiama il pennacchio verso il basso e di conseguenza, sottovento all'ostacolo, si può avere un aumento di concentrazione di inquinanti. Degli ostacoli inseriti, sono stati automaticamente esclusi quegli edifici ritenuti dal software ininfluenti, analizzando solo quelli intorno al camino in grado di produrre un maggior effetto considerando la loro posizione e dimensione. Avviata la simulazione, si può visualizzare l'andamento spaziale delle concentrazioni e tracciare le isoplete, cioè le curve che uniscono i punti a uguale concentrazione. Dal confronto della concentrazione simulata con le concentrazioni limite, imposte a livello legislativo per la tutela della salute è possibile valutare il rischio da esposizione prolungata in quanto le sostanze emesse dal camino in esame non presentano particolari caratteristiche di pericolosità per la salute umana e il decreto 155/2010 non impone limiti alle immissioni. Essendo le sostanze emesse non contemplate dal D.lgs. 155/10, si è fatto riferimento alle "reference concentrations (RfC)" proposte dall'EPA nel database IRIS. Queste concentrazioni tutelano la salute umana da esposizione continuativa, considerando l'intero arco della vita e sono utilizzate negli Stati Uniti per il calcolo del rischio. Tenendo conto delle sostanze emesse, che rientrano in tale database, è stata analizzata la loro concentrazione risultando essere dell'ordine dei microgrammi su metro cubo, mentre i limiti di riferimento sono circa tre ordini di grandezza superiori, si è quindi ben lontani da avere problemi per esposizione a lungo termine. Un altro risultato notevole della simulazione è l'andamento temporale ai singoli ricettori delle concentrazioni medie giornaliere delle sostanze emesse. L'andamento temporale ci permette di ricavare informazioni importanti, ad esempio, in fase di progetto di un nuovo impianto o di autorizzazione alle emissioni, come i massimi di concen-

trazione e il numero dei superamenti annuali di fissati valori di concentrazione. Dai dati acquisiti dalla simulazione si è ricavato l'andamento spaziale, all'interno della griglia di calcolo, delle medie annue di concentrazione e l'andamento temporale delle concentrazioni in corrispondenza di alcuni recettori di esempio. Questi valori possono essere confrontati con livelli di riferimento per la qualità dell'aria e, dagli andamenti temporali si possono estrarre i massimi o la frequenza di superamento di determinate soglie, qualora esse siano definite a livello normativo. Si è poi svolta una seconda simulazione, che tiene conto dell'effetto del *Building Downwash*, considerando gli ostacoli alla dispersione delle sostanze in aria. Questo effetto può infatti creare zone con maggiore o minore concentrazione rispetto alla simulazione su terreno piano.

## Conclusioni

Con questo studio è stato analizzato un caso applicativo con lo scopo di fornire una conoscenza più approfondita dei modelli di dispersione, tramite l'applicazione di un software. Le basi strutturali su cui queste si poggiano, e quindi i limiti che li caratterizzano, sono fondamentali per un loro corretto utilizzo sul campo in quanto non sempre le condizioni in cui ci si trova ad applicarli rispettano i limiti, con cui tali modelli semplificati sono stati concepiti. Ai fini della caratterizzazione del comparto atmosferico, si evidenzia l'utilità di questi strumenti che possono essere utilizzati anche come base di partenza per il calcolo del rischio per la salute umana o per studi eco-tossicologici e di migrazione delle sostanze emesse.

## References

1. <sup>10</sup> La micrometeorologia e la dispersione degli inquinanti in aria. APAT
2. <sup>1</sup> Utilizzo del modello Calpuff per la valutazione della qualità dell'aria da emissione di un

impianto di processo. (2010).





## References

- 1.E.Negri. UTILIZZO DEL MODELLO CALPUFF PER LA VALUTAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA DA EMISSIONI DI UN IMPIANTO DI PROCESSO. (UNIVERSITÀ DI BOLOGNA, 2010).
- 2.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).
- 3.*Odour Impact Assessment Handbook*. (John Wiley & Sons Inc., 2012). doi:10.1002/9781118481264.
- 4.Zarra, T., Galang, M. G. K., Ballesteros, F. C., Belgiorno, V. & Naddeo, V. Instrumental Odour Monitoring System Classification Performance Optimization by Analysis of Different Pattern-Recognition and Feature Extraction Techniques. *Sensors* **21**, 114 (2020).
- 5.Fraiese, A. *et al.*. Ultrasonic processes for the advanced remediation of contaminated sediments. *Ultrasonics Sonochemistry* **67**, 105171 (2020).
- 6.Nesticò, A., Elia, C. & Naddeo, V. Sustainability of urban regeneration projects: Novel selection model based on analytic network process and zero-one goal programming. *Land Use Policy* **99**, 104831 (2020).
- 7.A novel tool for estimating the odour emissions of composting plants in air pollution management. *Issue 4* **11**, 477–486 (2013).

8.Zarra, T., Naddeo, V., Belgiorno, V., Reiser, M. & Kranert, M. Odour monitoring of small wastewater treatment plant located in sensitive environment. *Water Science and Technology* **58**, 89–94 (2008).

9.Scannapieco, D., Naddeo, V. & Belgiorno, V. Sustainable power plants: A support tool for the analysis of alternatives. *Land Use Policy* **36**, 478–484 (2014).

10.LA MICROMETEOROLOGIA E LA DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI IN ARIA.

## Figure Captions

Figure 1. pollution photo (fonte :unsplash.com)

# Figures



Figure 1: pollution photo (fonte :unsplash.com)