



MOLESTIE OLFATTIVE

**LA RIDUZIONE DELLE EMISSIONI A BASSA SOGLIA
OLFATTIVA ORIGINATE DAI PROCESSI DI FONDERIA**

SECONDA EDIZIONE

Selena SIRONI - Gualtiero CORELLI

La monografia, partendo dalle novità normative recentemente introdotti nel Codice ambientale, analizza il tema delle molestie olfattive nei suoi vari aspetti tecnici, valutando l'impatto per il Settore della fonderia chiamato a risolvere i problemi legati alla emissione di composti maleodoranti prodotti da alcune fasi dei propri processi produttivi il cui impatto, al di là della compliance normativa, è sempre più rilevante in termini di "consenso" da parte dei territori in cui insistono gli insediamenti produttivi e di sostenibilità delle attività di Fonderia.



0. PREFERAZIONE ALLA SECONDA EDIZIONE

A distanza di un anno circa dalla data della presentazione della monografia, avvenuta a novembre 2018 in occasione del XXXIV Congresso Tecnico di Fonderia Assofond, l'interesse per l'approfondimento del tema è andato crescendo.

Imprenditori, Enti territoriali, Autorità Competenti al rilascio dei titoli autorizzativi, Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale, laboratori e Tecnici analisti, a vario titolo e sempre più spesso, si sono trovati nella necessità di approfondire il tema sul territorio, chiamati a trovare risposte e soluzioni ad un "nuovo" problema ambientale la cui complessità richiede approcci e competenze assolutamente non banali.

Approcci metodologici e competenze senza le quali si rischiano clamorosi fallimenti, come purtroppo l'esperienza fin qui vissuta ha dimostrato.

Il contributo "di conoscenza" fornito dalla monografia, in questa ottica, si è rivelato essere molto apprezzato per la sua impostazione oltre che per la completezza della trattazione che affronta i vari aspetti del problema, da quelli normativi a quelli tecnici comprese le problematiche legate alle emissioni nelle varie fasi del ciclo produttivo di fonderia; trattazione che lungi dall'essere esaustiva, fornisce gli elementi necessari per un approccio razionale al tema, con un livello di approfondimento adeguato alle esigenze di quanti "non addetti ai lavori" affrontano l'argomento .

Il dibattito si è arricchito anche a livello tecnico e scientifico, di nuovi elementi e contributi che hanno reso necessario ed oltremodo opportuno, un aggiornamento della Monografia Assofond.

Contributi per i quali ringraziamo, in particolare, la professoressa Laura Capelli e l'ingegner Marzio Invernizzi, entrambi del Dipartimento di Chimica, Matematica ed Ingegneria Chimica "Giulio Natta" del Politecnico di Milano.

I curatori della monografia

Trezzano S/Naviglio (MI), 25 ottobre 2019



SECONDA EDIZIONE

A cura di:

Selena SIRONI, Gualtiero CORELLI

Si ringraziano per la collaborazione:

Laura CAPELLI

Marzio INVERNIZZI

Federica D'EUGENIO

Riccardo SNIDER

e le seguenti Società:

Fonderia Sa Bi S.p.A.

Fonderia Vigevanese S.p.A.

Fonderie De Riccardis S.r.l.

Fonderie di Montorso S.p.A.

Fonderie Pisano & C. S.p.A.

Mario Mazzucconi S.p.A.

Zanardi Fonderie S.p.A.

Ecochimica System S.r.l.

LOD S.r.l.

Labiotest S.r.l.



Il problema della valutazione dell'impatto olfattivo originato da impianti industriali è un tema particolarmente sentito dalla collettività ed è causa spesso di contenziosi mossi da popolazioni residenti contro la presenza nel territorio di installazioni produttive, o di impianti percepiti come potenziali fonti di molestie olfattive. Benché le emissioni odorigene sgradevoli non siano necessariamente associabili a rischi di tipo tossicologico, permane il problema della bassa accettabilità sociale della molestia olfattiva, che incide negativamente sulla "qualità della vita" delle popolazioni interessate. L'emissione di composti volatili maleodoranti è comune a una molteplicità di processi industriali quali, ad esempio, impianti di trattamento, smaltimento e/o recupero di rifiuti, impianti di trattamento acque reflue, di lavorazione di scarti di origine animale e vegetale, di verniciatura, di produzione mangimi, oltre che a molti allevamenti zootecnici. Molte altre attività, inoltre, possono presentare fasi produttive "critiche" in relazione alla emissione di composti odorigeni. L'accresciuta sensibilità delle popolazioni per le tematiche ambientali spesso causa di problematiche di accettabilità sociale di alcune categorie di impianti, a volte già nella loro fase progettuale, ha indotto il legislatore a porre le basi normative per una più razionale politica, demandata alle regioni, di regolamentazione delle attività "odorigene" anche attraverso la fissazione di rigorosi indici di qualità dell'aria, oltre che puntuali metodi di misura e valutazione degli odori.



SOMMARIO

0. Prefazione alla seconda edizione	3
1. Premessa.....	7
2. La situazione normativa.....	7
2.1 La normativa internazionale	8
2.2 La situazione italiana.....	11
2.3 La nuova disciplina dettata dall'Art. 272-bis del D.lgs 152/06	14
2.4 L'impatto della nuova norma.....	17
3. Metodi di misura e caratterizzazione degli odori.....	18
3.1 I metodi di analisi.....	18
3.1.1 Metodo sensoriale: olfattometria dinamica	18
3.1.2 Il naso elettronico per il monitoraggio in continuo degli odori	20
3.2 Simulazione della dispersione di emissioni di odore in atmosfera.....	23
4. Il processo di fonderia	26
5. Le emissioni di sostanze odorigene.....	29
5.1 Valutazione del livello delle emissioni di composti chimici e di odore nei processi di fonderia	34
5.2 L'impatto ambientale dei composti a bassa soglia olfattiva.....	38
6. Le tecnologie di mitigazione delle emissioni odorigene.....	40
6.1 I sistemi di neutralizzazione chimico-fisici	42
6.1.1 Assorbimento e neutralizzazione	42
6.1.2 Adsorbimento.....	44
6.1.3 Combustione	48
6.2 La biofiltrazione (ossidazione biochimica).....	51
6.3 Le barriere osmogeniche	55
7. Considerazioni conclusive.....	58
8. Bibliografia.....	60

ALLEGATO



1. PREMESSA

La recente modifica della normativa ambientale, legata al recepimento della Direttiva (UE) 2015/2193 in tema di emissioni originate da medi impianti di combustione, operata dal decreto legislativo n. 183 del 15 novembre 2017, ha fornito l'occasione per un riordino dell'intero quadro normativo in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera, definite dalla Parte Quinta del D. Lgs. n. 152/06 (e relativi allegati).

Fra le modifiche introdotte, di particolare rilevanza per il suo potenziale impatto sulle attività industriali e non solo, è l'inserimento delle emissioni odorigene, fra gli agenti rilevanti ai fini della tutela dell'aria che possono essere oggetto di specifiche misure di limitazione in sede di autorizzazione delle attività, ex art. 269 D. Lgs. 152/06, da parte delle Autorità competenti.

L'odore sin qui considerato e valutato esclusivamente in termini di "molestie", regolamentato per i rilievi di "responsabilità" dall'art. 674 del Codice penale (reato di molestia), assurge così allo status di "inquinante" rilevante ai fini della qualità dell'aria, con la possibilità per le Autorità amministrative, di definirne all'interno dei titoli autorizzativi degli impianti industriali, specifici limiti di emissione.

La modifica di paradigma comporta, per tutti i settori industriali ed in genere per le attività che generano "odori", la necessità di una rivalutazione della problematica fino ad oggi considerata esclusivamente in termini "sociali" in relazione alle conseguenze negative (molestie) sulle popolazioni interessate dalle ricadute delle emissioni odorigene; l'odore ed il suo contenimento, andranno affrontati con un approccio rigoroso, alla stregua di tutti gli altri "agenti" che impattano sull'ambiente, valutando i processi ed i livelli emissivi correlati, e considerando le tecnologie disponibili per il loro contenimento.

Tecnologie che vanno indagate e valutate in termini di efficienza tecnica e di sostenibilità economica in relazione allo specifico Settore industriale, analogamente a quanto accaduto nel percorso di definizione delle varie BAT (Best Available Techniques) applicabili per il contenimento delle emissioni degli impianti industriali, definite in attuazione della normativa IPPC.

2. LA SITUAZIONE NORMATIVA

In Italia fino alla pubblicazione del decreto legislativo n. 183 del 15 novembre 2017: *"Attuazione della Direttiva (Ue) 2015/2193 del Parlamento Europeo e del Consiglio, del 25 Novembre 2015, relativa alla limitazione delle emissioni nell'atmosfera di taluni inquinanti originati da impianti di combustione medi, nonché per il riordino del quadro normativo degli stabilimenti che producono emissioni nell'atmosfera, ai sensi dell'articolo 17 della Legge 12 Agosto 2016, N. 170."* (GU Serie Generale n.293 del 16-12-2017), le emissioni "odorigene" non trovavano un chiaro quadro di riferimento normativo.

Le ricadute ambientali correlate alle sostanze odorigene nella maggior parte dei casi erano ricondotte al reato di "molestia" disciplinato dall'art. 674 del codice penale, punito con una contravvenzione: *"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 206 euro."*



La valutazione circa la sussistenza del reato, in una recente sentenza della Corte di Cassazione (C.C. Penale, sez. III, sentenza n. 14467/2017) è stata valutata, in mancanza di riferimenti oggettivi a limiti di emissione, con riferimento alla “normale tollerabilità” definita dall’art. 844 del c.c. [Art. 844 c.c. (divieto di 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.*].

2.1 La normativa internazionale

A livello internazionale, le normative esistenti in tema di emissioni odorigene, si basano su due differenti approcci:

- misura delle emissioni;
- criteri di accettabilità al recettore.

L’approccio basato sulla misura delle emissioni definisce criteri di accettabilità dei livelli di concentrazione di odore, espressa in unità odorimetriche (ouE/m^3) determinata mediante **olfattometria dinamica**.

Vengono definiti limiti di concentrazione per le miscele o per i singoli composti chimici, con riferimento ad una particolare sorgente; le normative individuano limiti per le concentrazioni di specifici composti, ritenuti maggiormente significativi, espressi in termini di rapporto massa/volume. Tali limiti sono definiti sulla base di valori di “soglia” di percettibilità della sostanza e/o composto (*OT-Odor Threshold*), oppure in riferimento ai potenziali impatti tossicologici delle sostanze chimiche in esame.

I limiti sono definiti, nella maggior parte dei casi, in riferimento a specifiche sorgenti o a specifici impianti (in particolare impianti di compostaggio rifiuti).

L’approccio basato su *criteri di accettabilità al recettore*, si basa su stime delle concentrazioni di odore al recettore, ottenute utilizzando appropriati modelli matematici di dispersione, attraverso i quali verificare la conformità delle emissioni ai criteri di impatto definiti; normalmente i limiti definiti sono espressi in “concentrazione di odore” (ouE/m^3) rilevata in un tempo medio e facendo riferimento ad una frequenza di esposizione (espressa in percentile rispetto a concentrazioni medie orarie in un anno).

I limiti così definiti, di natura predittiva, si riferiscono a livelli di concentrazione odorigena molto bassi, che non sarebbero rilevabili attraverso le metodologie di misura attualmente disponibili.

Utilizzano la medesima tipologia di approccio anche i provvedimenti normativi che definiscono criteri di accettabilità stabiliti considerando “indici di disturbo” o frequenze di “ore odore”, verificati a partire da metodologie di coinvolgimento diretto della popolazione, quali *field inspections* e *field sniff testing* con panel addestrato in campo, oppure con interviste, questionari, ed altri strumenti di rilevazione “soggettiva” in campo.

La normativa internazionale, tra cui quella francese, inglese, e tedesca, si muove nella direzione del criterio di accettabilità al recettore, tipicamente espresso in termini di concentrazione (ouE/m^3) rilevata in un tempo medio e fa riferimento ad una frequenza di esposizione (es. 98° percentile delle



concentrazioni medie orarie in un anno). Le concentrazioni di odore al recettore sono stimate misurando alla sorgente l'odore e usando appropriati modelli a dispersione, per verificare la conformità delle emissioni ai criteri di impatto definiti, che possono variare anche rispetto alla tipologia dell'area e di livello potenziale di disturbo olfattivo associato alle diverse categorie industriali.

Di seguito si riporta una "carrellata" delle normative dei principali paesi europei e della normativa USA.

Germania

La normativa tedesca sulle emissioni regola anche l'emissione di sostanze odorigene. La norma si applica agli impianti di trattamento dei rifiuti, per i quali è richiesta la presentazione di una "relazione di impatto" che deve contenere informazioni sui livelli delle emissioni di sostanze odorigene, sia uno studio di valutazione della diffusione dei citati inquinanti. Esistono poi alcune linee guida (TA-Luft) che definiscono i criteri di valutazione delle emissioni odorigene, il sistema di calcolo per emissioni ed immissioni, la metodologia di campionamento; i documenti tecnici citati si applicano nel caso di nuovi impianti o modifiche che necessitano di autorizzazione.

Le linee guida tecniche definiscono norme specifiche per le diverse tipologie di impianto, con particolare riferimento alle sostanze a bassa soglia olfattiva "fortemente odorigene", quali: allevamenti animali, macelli, lavorazioni di grassi animali, impianti di tostatura, impianti di compostaggio di rifiuti.

L'odore viene quantificato in unità odorimetriche; unità odorimetrica definita in conformità con la Norma CEN TC 264 come: *"la quantità di odore che dispersa in 1 metro cubo di aria neutra causa una sensazione di odore"*, determinate per via olfattometrica.

In ogni caso, i citati documenti non definiscono criteri di valutazione circa la "significatività del disturbo".

Il quadro normativo tedesco si completa con una Direttiva specifica sulle emissioni di odori, che definisce criteri e parametri tecnici per il rilascio delle autorizzazioni ai nuovi impianti e per la valutazione della compatibilità delle installazioni esistenti. La norma definisce limiti alle emissioni e individua requisiti di qualità dell'aria relativamente agli odori, sia per le aree industriali che per le aree residenziali.

La norma definisce la *"massima frequenza di odore"* in termini di tempo (ore) durante il quale l'odore è chiaramente percepibile; in caso di superamento dei limiti temporali definiti, il disturbo causato dall'odore viene considerato rilevante.

Francia

La normativa generale di tutela dell'ambiente risale al 2 febbraio 1998, e riguarda i prelievi e consumo di acque e le emissioni di qualsiasi natura delle installazioni soggette ad autorizzazione.

La normativa, adottata in un testo unico, stabilisce i valori limite di emissione in materia di inquinamento di aria e acqua e contiene numerose disposizioni in materia di prevenzione dei rischi, impatto ambientale, prelievo e consumo di acqua, controllo delle emissioni e conseguenti effetti sull'ambiente.



Per quanto riguarda in particolare il problema degli odori, la norma prevede che vengono prese le misure necessarie per limitare gli odori provenienti dal trattamento degli effluenti. Nel caso in cui ci siano potenziali fonti di odore su superfici estese (bacini di stoccaggio, di trattamento) difficili da confinare, queste dovranno essere situate in modo da limitare la molestia per il vicinato (allontanamento).

La Francia utilizza un approccio basato, soprattutto, sul controllo delle portate di aria osmogenea nell'ambiente; le singole autorizzazioni fissano, se del caso, i limiti di portata di odore dei gas emessi in atmosfera dall'insieme delle fonti odoranti canalizzate, canalizzabili e diffuse, da non superare. Particolari limiti vengono imposti agli impianti di macellazione.

Austria e Svizzera

In Austria ed in Svizzera esistono una serie di provvedimenti che vietano l'emissione di odori, ma non una normativa specifica. Entrambi i Paesi si conformano alla normativa tedesca, in particolare relativamente agli impianti di compostaggio.

La stessa norma fissa un limite numerico alle emissioni odorigene che in uscita da un impianto recintato o da un impianto chiuso, non dovrebbero superare una concentrazione di 300 ouE/m³ (zone di uscita dell'aria proveniente dai processi, depositi, biofiltri).

Per le attività industriali, la norma stabilisce che ad una distanza di 300 m dai confini delle aree industriali (o di 500 metri in caso di singole industrie e piccole attività agricole), non siano percepibili odori sgradevoli.

Vengono considerati odori sgradevoli quegli odori fortemente percepibili per più del 3% del tempo nel corso dell'anno nel caso di industrie, o per più del 8% per le piccole aziende.

Belgio

In Belgio, la regolamentazione degli odori rientra nell'ambito più generale della normativa contro l'inquinamento atmosferico, e dai relativi decreti attuativi.

Specifiche regolamentazioni sono stabilite in sede di rilascio delle autorizzazioni agli impianti industriali e assimilati rilasciate dalle autorità competenti a livello locale.

Le autorizzazioni vengono rilasciate valutando tutte le molestie di carattere ambientale, con particolare riguardo a quelle olfattive derivanti dal ciclo produttivo.

Devono essere considerate le fonti di odore, che devono essere quantificate; vengono prescritti interventi di contenimento e definite specifiche prescrizioni variabili caso per caso, atte a garantire che la concentrazione delle sostanze organiche, che presumibilmente generano molestia olfattiva nelle emissioni, sia limitata in modo tale che nelle vicinanze dell'impianto l'intensità dell'odore non superi i previsti livelli.

Vengono definite le tecniche da utilizzare per il trattamento delle sostanze che, per loro natura o quantità, possano essere fonte di molestia olfattiva: incenerimento, neutralizzazione chimica (lavaggio), adsorbimento su carboni attivi, biofiltrazione.



Olanda

L'approccio olandese al problema odori è interessante perché è volto soprattutto a limitare i problemi e le resistenze da parte delle comunità locali.

La molestia nei confronti delle popolazioni viene valutata mediante un metodo basato sull'impiego di una giuria costituita da persone residenti nelle vicinanze dell'impianto imputato di originare le molestie olfattive. I componenti della giuria valutano la presenza nell'aria di odori, in un giorno preciso, ad un'ora precisa, e riferiscono se percepiscono odore. In caso positivo, classificano il livello di odore secondo una "scala di valori" da «non molesto» a «estremamente molesto». L'applicazione del metodo, protratta per un arco temporale di un anno, permette di stabilire un indice di molestia olfattiva. In relazione ai "livelli" di molestia vengono valutate le necessità di intervento.

Sono definiti limiti di immissione per gli impianti esistenti pari a 1 ouE/m^3 da non superarsi per più del 2% del tempo in prossimità delle più vicine zone residenziali; in caso di nuovi impianti i superamenti del limite sono ammessi solo per lo 0,5% del tempo.

Il limite può essere innalzato a 5 ouE/m^3 per grandi sorgenti aerali.

Il rispetto dei limiti può essere anche verificato sulla base della misura delle emissioni alla sorgente, effettuata per via olfattometrica, in combinazione con l'applicazione di modelli dispersivi per valutare i valori di immissione.

Stati Uniti d'America

Nel 1990, l'Ente federale preposto al controllo e salvaguardia dell'ambiente EPA (Environmental Protection Agency) ha approvato il Clean Air Act Amendments (CAAA) che definisce gli standard di qualità dell'aria e fissa i limiti di emissione delle principali sostanze inquinanti; la norma non definisce limiti in tema di odori.

Successivamente a cura dell'ASTM (American Society for Testing and Materials) sono state emanate numerose norme tecniche in tema di valutazione e controllo delle molestie olfattive.

In particolare, sono state pubblicate le norme E 679-91, E 1432-91, E 544-99, che introducono il metodo olfattometrico ed i concetti di soglie, fattori di scala, fattori di diluizione, e tutti i criteri per una corretta esecuzione delle analisi olfattometriche (scelta del panel, selezione e numero di panelist, criteri di "addestramento" dei panelist, ecc.).

2.2 La situazione italiana

Come già accennato, in Italia prima della modifica della Parte Quinta del D. Lgs 152/06, non esisteva una specifica normativa che disciplinasse le emissioni di sostanze odorigene. All'interno del "Testo unico Ambientale" è infatti possibile individuare solo la presenza di generici criteri, oltre a limiti di emissione applicabili alle varie sostanze e/o composti, determinati sulla base delle classi di "pericolosità" attribuite alle stesse. Negli elenchi dell'allegato I alla Parte quinta del D. Lgs. 152/06, compaiono anche composti odorigeni e tuttavia le concentrazioni limite indicate sono molto al di sopra della soglia olfattiva, quindi non utili per discriminare l'effetto olfattivo di tali sostanze.



Alcuni riferimenti “indiretti” sono presenti nella normativa ambientale dettata dal decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i. con riferimento alla valutazione di impatto ambientale, alla Autorizzazione Integrata Ambientale e in tema di rifiuti:

- *Art. 22. – (Studio di impatto ambientale) comma 3: “Lo studio di impatto ambientale contiene...” lett. b) “una descrizione delle misure previste per evitare, ridurre e possibilmente compensare gli impatti negativi rilevanti” lett. c) “i dati necessari per individuare e valutare i principali impatti sull’ambiente e sul patrimonio culturale che il progetto può produrre...”*
- *Art. 4. “Finalità”, comma 4., lettera c) “L’autorizzazione integrata ambientale ha per oggetto la prevenzione e la riduzione integrate dell’inquinamento proveniente dalle attività di cui all’allegato VIII e prevede misure intese ad evitare, ove possibile, o a ridurre le emissioni nell’aria, nell’acqua e nel suolo, comprese le misure relative ai rifiuti, per conseguire un livello elevato di protezione dell’ambiente...”*
- *Art. 5. “Definizioni” comma 1. Ai fini del presente decreto si intende per:*

*i-bis) **sostanze**: gli elementi chimici e loro composti, escluse le sostanze radioattive di cui al decreto legislativo 17 marzo 1995, n. 230, e gli organismi geneticamente modificati di cui ai decreti legislativi del 3 marzo 1993, n. 91 e n. 92;*

*i-ter) **inquinamento**: l’introduzione diretta o indiretta, a seguito di attività umana, di sostanze, vibrazioni, calore o rumore o più in generale di agenti fisici, nell’aria, nell’acqua o nel suolo, che potrebbero nuocere alla salute umana o alla qualità dell’ambiente, causare il deterioramento di beni materiali, oppure danni o perturbazioni a valori ricreativi dell’ambiente o ad altri suoi legittimi usi.*

Infine, la normativa in materia di gestione dei rifiuti,

- *art. 177 “Campo d’applicazione” comma 4, riporta: “I rifiuti sono gestiti senza pericolo per la salute dell’uomo e senza usare procedimenti o metodi che potrebbero recare pregiudizio all’ambiente e, in particolare ... senza causare inconvenienti da rumori o odori...”.*

Per sopperire a tale lacuna normativa, alcune Regioni hanno redatto specifiche leggi e linee guida con lo scopo di disciplinare i casi di molestia olfattiva, in particolare in relazione a determinate tipologie di impianti.

Le normative regionali

La Regione Lombardia è stata fra le prime ad introdurre nel proprio ordinamento norme finalizzate alla regolamentazione delle emissioni odorogene.

Con la DGR n. 7/12764 del 16/04/2003 “Linee guida per la costruzione e l’esercizio degli impianti di produzione di compost”, sono stati definiti limiti di emissione all’uscita dei sistemi di trattamento dei biofiltri, pari a 300 ouE/m³.

Di recente, con la D.G.R. 15 febbraio 2012 - n. IX/3018: “Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno”, sono state definite le Linee Guida generali applicabili in tutti i casi in cui sia necessario caratterizzare l’emissione odorigena, alle attività soggette alla normativa in materia di Valutazione d’Impatto Ambientale (VIA), Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) ed autorizzazione alla gestione di rifiuti.



Scopo delle LG è fornire indicazioni relative alla caratterizzazione delle emissioni odorigene valutando in particolare gli effetti delle ricadute, le problematiche connesse al loro confinamento e la necessità di adottare impianti di abbattimento definendone le relative *performance*, in termini di prestazioni che tali sistemi dovranno garantire.

Le LG trovano applicazione a tutte le attività che durante il loro esercizio generano odore e che rientrano nel campo d'applicazione delle normative in materia di valutazione d'impatto ambientale (VIA), autorizzazione integrata ambientale (AIA) e autorizzazione alla gestione dei rifiuti.

L'approccio metodologico è basato, partendo da valutazioni circa le emissioni di sostanze odorigene, prodotte dall'impianto in esame, sulla applicazione di un modello di dispersione che determini "mappe di impatto" sul territorio nel raggio di 3 chilometri dall'impianto, che devono riportare le concentrazioni orarie di picco di odore al 98° percentile su base annua. La simulazione deve essere condotta considerando le concentrazioni di 1, 3, e 5 unità olfattometriche al metro cubo, nella considerazione che:

- a 1 ouE/m³ il 50% della popolazione percepisce l'odore;
- a 3 ouE/m³ l' 85% della popolazione percepisce l'odore;
- a 5 ouE/m³ il 90-95% della popolazione percepisce l'odore.

Verificato l'impatto odorigeno dell'attività sul territorio circostante, andranno caratterizzate le sezioni dell'impianto che causano emissioni odorigene e giustificato un loro eventuale mancato confinamento e valutate le prestazioni a carico dei sistemi di abbattimento che fossero necessari per raggiungere i risultati calcolati mediante il modello di simulazione.

Le linee guida regionali contemplano quattro allegati:

1. requisiti degli studi di impatto olfattivo mediante simulazione di dispersione;
2. campionamento olfattometrico;
3. strategia di valutazione della percezione del disturbo olfattivo da parte della popolazione residente;
4. caratterizzazione chimica delle emissioni odorigene.

Oltre a fornire indicazioni per la valutazione dell'impatto prodotto ai recettori mediante l'uso di modelli di dispersione, la norma regionale adotta una specifica metodologia di gestione delle lamenti basata sulla raccolta delle informazioni su questionari compilati dalla popolazione esposta.

In precedenza, relativamente alle attività di compostaggio dei rifiuti, la Regione Lombardia aveva emanato la DGR n. 12764 del 16/04/2003, con la quale, oltre a definire criteri per la costruzione e l'esercizio degli impianti di produzione compost, veniva definito un valore limite di emissione, all'uscita dei sistemi di trattamento con biofiltri, pari a 300 ouE/m³.

Relativamente agli impianti di compostaggio, altre Regioni italiane hanno emanato direttive simili a quella della Regione Lombardia, con indicazione dello stesso limite emissivo:

- Regione Basilicata – DGR n. 709 del 22 aprile 2002;
- Regione Sicilia – Delibera N. 27 Parte I del 14 giugno 2002 (successivamente ritirata);
- Regione Abruzzo – DGR n. 400 del 26 maggio 2004.



L'applicazione di tale limite ha però mostrato alcuni inconvenienti, legati soprattutto al fatto che il valore imposto è stato adottato, in maniera impropria, come riferimento non solo per impianti di compostaggio ma anche per altre tipologie di impianti.

La Regione Emilia Romagna con la DGR n. 1495 del 24 ottobre 2011 ha fissato, per gli impianti di produzione di biogas, all'uscita degli impianti di trattamento, valori di emissione pari a 400 ouE/m³, e valori di concentrazione per l'Ammoniaca pari a 5 mg/Nm³.

Approcci simili a quelli della DGR Lombardia 15 febbraio 2012 - n. IX/3018, sono stati adottati anche dalla Provincia autonoma di Trento, che con la Deliberazione di Giunta provinciale n. 1087 del 24/06/2016 ha definito: "*Linee guida per la caratterizzazione, l'analisi e la definizione dei criteri tecnici e gestionali per la mitigazione delle emissioni delle attività a impatto odorigeno*" finalizzate a definire un metodo chiaro per la caratterizzazione delle emissioni odorigene e del loro impatto sul territorio circostante, che si applicano alle nuove AIA e ai nuovi impianti di gestione dei rifiuti organici, nonché agli impianti esistenti soggetti ad autorizzazione ambientale in presenza di ricorrenti e significative segnalazioni di disturbo olfattivo da parte della popolazione, e dalla Regione Piemonte che con la DGR n. 13 del 9/01/2017 ha definito: "*Linee guida per la caratterizzazione e il contenimento delle emissioni in atmosfera provenienti dalle attività ad impatto odorigeno*".

La Regione Puglia, con la Legge Regionale n. 23/2015, ha definito sia i limiti di emissione, espressi in mg/m³ e basati sui valori di Odor Threshold, per un set di composti odorigeni, sia i limiti di concentrazione di odore, espressi in ouE/m³ (determinati con olfattometria dinamica) per le sorgenti diffuse e per le sorgenti puntuali, rispettivamente con un limite pari a 300 ouE/m³ e di 2000 ouE/m³.

2.3 La nuova disciplina dettata dall'Art. 272-bis del D.lgs 152/06

Il decreto legislativo 15 novembre 2017, n. 183: "Attuazione della direttiva (UE) 2015/2193 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 25 novembre 2015, relativa alla limitazione delle emissioni nell'atmosfera di taluni inquinanti originati da impianti di combustione medi, nonché per il riordino del quadro normativo degli stabilimenti che producono emissioni nell'atmosfera, ai sensi dell'articolo 17 della legge 12 agosto 2016, n. 170" (GU Serie Generale n.293 del 16-12-2017), ha introdotto nel nostro ordinamento importanti modifiche alla parte Quinta del cosiddetto Testo Unico Ambientale, che detta norme in materia di tutela dell'aria e di riduzione delle emissioni in atmosfera.

In particolare, l'art. 272-bis, di nuova introduzione, regola le emissioni odorigene che vengono, pertanto, ad essere considerate alla stregua di qualsiasi fonte di inquinamento dell'aria.

L'articolo in parola attribuisce alle regioni o alle Autorità competenti al rilascio dei titoli autorizzativi previsti, la possibilità di prevedere specifiche misure di prevenzione e di limitazione delle emissioni odorigene dovute agli impianti ed alle attività che producono emissioni in atmosfera, di cui all'art. 267–Campo di applicazione, del citato D. Lgs 152/06.

Il nuovo art. 272-bis così recita:

"1. La normativa regionale o le autorizzazioni possono prevedere misure per la prevenzione e la limitazione delle emissioni odorigene degli stabilimenti di cui al presente titolo. Tali misure possono anche includere, ove opportuno, alla luce delle caratteristiche degli impianti e delle attività presenti



nello stabilimento e delle caratteristiche della zona interessata, e fermo restando, in caso di disciplina regionale, il potere delle autorizzazioni di stabilire valori limite più severi con le modalità previste all'articolo 271:

- a) valori limite di emissione espressi in concentrazione (mg/Nm^3) per le sostanze odorigene;
- b) prescrizioni impiantistiche e gestionali e criteri localizzativi per impianti e per attività aventi un potenziale impatto odorigeno, incluso l'obbligo di attuazione di piani di contenimento;
- c) procedure volte a definire, nell'ambito del procedimento autorizzativo, criteri localizzativi in funzione della presenza di ricettori sensibili nell'intorno dello stabilimento;
- d) criteri e procedure volti a definire, nell'ambito del procedimento autorizzativo, portate massime o concentrazioni massime di emissione odorigena espresse in unità odorimetriche (ouE/m^3 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/m^3 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'intervento operato dal D. Lgs. 183/2017 ha razionalizzato ed ufficializzato i poteri dispositivi già previsti da numerose normative regionali, che hanno colmato le carenze della normativa nazionale, su di un tema che sempre più spesso ha coinvolto numerose attività industriali, in "contenziosi" con le Autorità e con il territorio circostante gli insediamenti.

Sulla base dell'Art. 272-bis, le Regioni sono legittimate ad operare interventi normativi atti a regolamentare l'emissione di sostanze odorigene, regolamentando la materia e definendo limiti di emissione sia in concentrazione volumetrica (espresse sia in unità olfattometriche/metro cubo, sia in milligrammi di sostanza per metro cubo di aria), sia definendo portate massime di inquinante (espresse in unità olfattometriche per unità di tempo (ouE/s)).

Inoltre, in sede di autorizzazione, per gli impianti aventi un potenziale impatto odorigeno, l'autorità competente potrà definire specifiche prescrizioni, incluso l'obbligo di attuare piani di contenimento; le regioni potranno, inoltre, individuare procedure volte a definire, in sede di autorizzazione, i criteri localizzativi in funzione della presenza di ricettori sensibili intorno agli stabilimenti.

Il legislatore, tuttavia, ha previsto uno strumento finalizzato ad operare una sorta di "armonizzazione" delle normative regionali, introducendo al comma 2 dell'articolo 272-bis, il riferimento alle attività di coordinamento affidate all'Organo di Coordinamento tra Ministeri, regioni ed autorità competenti in materia di aria, previsto dall'articolo 20 del decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155 attuativo della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa, istituito presso il Ministero dell'Ambiente ad opera dell'art. 20 del D. L.vo 155/2010, anche attraverso l'elaborazione di "indirizzi" in relazione alle misure di prevenzione di cui al comma 1 dell'art. 272-bis.



La modifica normativa operata del D. Lgs. 183/2017 prevede inoltre che sulla base dei lavori del Coordinamento, possa essere aggiornato l'allegato I alla Parte Quinta del D. L.vo 152/2006, includendovi valori di emissione e prescrizioni relativi alle emissioni odorigene, oltre alla possibilità di definire appositi metodi di monitoraggio e di determinazione degli impatti, che assumeranno valore nazionale.

Fatte salve le attività di coordinamento previste, la disciplina sugli odori continua ad essere di competenza regionale; ogni regione è legittimata a regolamentare, con propri provvedimenti legislativi, le emissioni odorigene derivanti dalle attività presenti nel suo territorio regionali, definendo indirizzi e linee guida al fine di fornire un quadro tecnico di riferimento utilizzabile dalle Autorità Competenti al rilascio delle autorizzazioni, oltre che agli operatori del settore.

In tale direzione, come abbiamo già visto, si sono mosse numerose regioni, come la Lombardia la quale con la Delibera della Giunta regionale n. IX/3018 del 15 febbraio 2012 *“Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno”* ha già pubblicato **linee guida generali** nelle quali ha fissato anche criteri relativi alle modalità di effettuazione dei campionamenti olfattometrici in campo.

La regione Friuli Venezia Giulia, ha predisposto una **procedura operativa per il monitoraggio** partecipato finalizzato alla valutazione quantitativa delle molestie olfattive dovute a sorgenti già attive sul territorio e ha definito nel 2017, nuove **linee guida per la valutazione dell'impatto odorigeno** da attività produttive, ispirato dall'esperienza applicativa della normativa lombarda, al fine ultimo di costruire un metodo che possa da un lato essere impiegato nel rilascio delle autorizzazioni ambientali e, allo stesso tempo, servire da guida ai soggetti proponenti, per la valutazione dell'impatto odorigeno derivante dalle attività produttive.

La regione Toscana che attraverso il dipartimento di Livorno dell'ARPAT ha pubblicato il **“Piano di Prevenzione Monitoraggio e Controllo delle emissioni odorigene** dei Comuni di Livorno e Collesalvetti” nel quale si afferma che per rendere compatibili gli impianti e le attività ad impatto olfattivo in un determinato contesto territoriale, risolvendo conflitti fra residenti e impianti esistenti, occorre adottare le migliori tecniche per il contenimento delle emissioni odorigene e, nel caso di nuovi impianti, valutare la compatibilità con il sito.

La regione Piemonte che con la Deliberazione della Giunta Regionale 9 gennaio 2017, n. 13-4554: “L.R. 43/2000 - Linee guida per la caratterizzazione e il contenimento delle emissioni in atmosfera provenienti dalle attività ad impatto odorigeno.”, ha definito criteri di valutazione per caratterizzare e contenere le emissioni di sostanze odorigene, applicabili agli impianti soggetti ad Autorizzazione Integrata Ambientale ai sensi del Titolo III bis della Parte Seconda del d.lgs. 152/2006 che, in ragione delle caratteristiche delle lavorazioni, possano determinare emissioni olfattive ed alle attività soggette a Valutazione di Impatto Ambientale o Verifica di assoggettabilità da cui derivino o possano derivare emissioni odorigene.

La norma regionale demanda all'Autorità competente al rilascio del provvedimento autorizzativo, nell'ambito dell'istruttoria tecnico-amministrativa prevista dalla normativa vigente, di valutare la caratterizzazione delle emissioni odorigene proposta dall'istante, nonché la necessità di formulare prescrizioni specifiche per il contenimento delle emissioni odorigene con riferimento a quanto riportato nelle Linee Guida regionali, valutando sulla base delle Migliori Tecniche Disponibili l'adeguatezza degli accorgimenti tecnici e gestionali messi in atto per evitare o ridurre le emissioni odorigene derivanti dall'esercizio dell'attività in esame.



Citiamo, infine, la regione Puglia che, recentemente, ha aggiornato ed integrato la precedente normativa (Legge n. 23/2015) con la legge 16 luglio 2018, n. 32 “Disciplina in materia di emissioni odorigene”.

La norma demanda all’Autorità competente al rilascio del provvedimento autorizzativo (AIA per le attività IPPC, AUA per le restanti attività industriali o di gestione dei rifiuti), in caso di processi che comportano emissioni odorigene significative, nell’ambito dell’istruttoria tecnico-amministrativa prevista, la verifica dell’adeguatezza della documentazione tecnica presentata dall’istante, e l’adeguatezza degli accorgimenti tecnici e gestionali proposti, e individua i limiti di emissione che devono essere rispettati. La norma definisce, inoltre, in apposito allegato tecnico, le modalità di gestione delle segnalazioni di disturbo olfattivo da parte della popolazione, le modalità di misura e valutazione dell’odore (olfattometria dinamica) ed i criteri di stima dell’impatto olfattivo mediante utilizzo di modelli di simulazione di dispersione in atmosfera.

2.4 L’impatto della nuova norma

Le ricadute della modifica normativa per le attività industriali possono essere valutate in termini positivi in relazione al fatto che la definizione di criteri di gestione e di limiti di riferimento all’interno dei titoli autorizzativi contribuiranno a realizzare quella “certezza del diritto” necessaria per indirizzare i comportamenti dei soggetti a vario titolo interessati (imprese, enti di controllo, magistratura).

L’odore, alla stregua di qualsiasi altra causa di emissioni in atmosfera, sarà regolamentato dalle disposizioni contenute nell’**art. 269 - Autorizzazione alle emissioni in atmosfera per gli stabilimenti, del D. Lgs 152/06 il quale articolo** prescrive, per tutti gli stabilimenti che producono emissioni, di dotarsi di apposita autorizzazione.

Il precetto, la cui violazione è sanzionata sulla base dell’art. 279, che al comma 2 stabilisce che: *“chi, nell’esercizio di uno stabilimento, viola i valori limite di emissione stabiliti dall’autorizzazione, dagli Allegati I, II, III o V alla parte quinta del presente decreto, dai piani e dai programmi o dalla normativa di cui all’articolo 271 è punito con l’arresto fino ad un anno o con l’ammenda fino a 10.000 euro. Se i valori limite violati sono contenuti nell’autorizzazione integrata ambientale si applicano le sanzioni previste dalla normativa che disciplina tale autorizzazione”*.

Il fatto che i valori limite relativi alle emissioni odorigene possano, a tutti gli effetti, comparire in autorizzazione, se da un lato comporta il fatto che un eventuale superamento o violazione sia penalmente sanzionato con un’ammenda fino a 10.000 euro, o con l’arresto fino ad un anno, dall’altro determina il livello al di sotto del quale le emissioni di odore debbano **essere considerate lecite**.

In futuro la “molestia olfattiva” fin qui praticamente sempre ricondotta alla fattispecie di “**getto pericoloso di cose**” disciplinata dall’**art. 674** del codice penale, reato per accertare il quale si è fatto ricorso a criteri di valutazione “soggettivi” in merito alla “tollerabilità” di tali molestie, sarà ricondotta a puntuali limiti di riferimento definiti a livello normativo; in precedenza in assenza di una normativa statale che prevedesse specifiche disposizioni e valori limite in materia di odori, la valutazione nel merito della **legittimità delle emissioni**, e all’attitudine delle stesse a configurare una molestia, era sempre rimessa al Giudice.



Un ambito di criticità è rappresentato, per contro, dalla possibilità che le normative regionali si sviluppino senza un effettivo coordinamento, creando sul territorio difformità di applicazione di analoghe fattispecie, con conseguente distorsioni fra imprese concorrenti.

3. METODI DI MISURA E CARATTERIZZAZIONE DEGLI ODORI

3.1 I metodi di analisi

I metodi di analisi per la caratterizzazione degli odori derivanti da un processo di fonderia si possono distinguere in:

- metodo sensoriale di olfattometria dinamica;
- metodo senso-strumentale con l'impiego di nasi elettronici.

3.1.1 Metodo sensoriale: olfattometria dinamica

L'analisi olfattometrica consiste nella presentazione di un campione di aria osmogena diluita con aria neutra a un panel di persone selezionate, e nella registrazione delle sensazioni provocate nell'uomo.

La concentrazione di odore viene misurata come numero di diluizioni necessarie per far raggiungere al campione il livello di soglia.

L'unità di misura della concentrazione di odore utilizzata in olfattometria è l'unità odorimetrica europea al metro cubo: ouE/m³. Il valore 1 ouE/m³ è per definizione la concentrazione di odore al livello della soglia di percezione.

Tramite l'elaborazione delle risposte del panel è possibile ricavare il numero di diluizioni necessarie affinché l'odore venga percepito, tale numero è pari al numero di unità odorimetriche al metro cubo dell'odore in esame. La concentrazione di odore viene dunque espressa in termini di multipli della soglia di percezione. L'intervallo di misura generalmente è compreso fra le 101 ouE/m³ e le 107 ouE/m³. (per i dettagli vedasi norma europea EN 13725: 2003)

L'analisi dei campioni viene effettuata in camera olfattometrica. Al suo interno si trova l'olfattometro che funge da strumento di diluizione del campione osmogeno.

Il campione diluito viene sottoposto al giudizio dei *panelist* contemporaneamente. Le sessioni di prova iniziano con una diluizione sufficientemente elevata da garantire che le prime misurazioni siano al di sotto del valore di soglia. I *panelist* annusano il gas uscente da una specifica apertura (bocchetta di inalazione) e sono tenuti ad indicare se percepiscono un odore (metodo si/no). Essi devono segnalare il momento in cui percepiscono un odore premendo un pulsante. In alcuni casi (almeno il 20%) ai *panelist* viene inviata dell'aria di riferimento (bianco). Dopo ogni giro di presentazione del campione la concentrazione della miscela viene aumentata diminuendo il tasso di diluizione. La prova ha termine quando tutti i *panelist* hanno risposto "sì" correttamente per almeno due volte consecutive.

Per la determinazione della concentrazione di odore, per ogni campione si effettuano tre prove consecutive con un minimo di quattro persone per un totale di 12 valori di soglia di riconoscimento, ma per aumentare la ripetibilità dei risultati si può utilizzare un numero di persone superiore (ad esempio 6 o 8).



L'ambiente all'interno della camera olfattometrica deve essere controllato per non correre il rischio che dei fattori esterni indesiderati possano interferire con la misura. Gli odori provenienti dall'attrezzatura e da altri materiali installati devono essere eliminati. La camera deve essere ventilata per mantenere l'ambiente inodore. Al fine di deodorizzare l'aria di ventilazione, essa viene fatta passare attraverso un filtro a carboni attivi prima di essere inviata nella camera olfattometrica. Oltre allo strumento e al locale dove vengono svolte le analisi, è molto importante poter fare affidamento sul panel. A questo scopo per la selezione di un *panelist* si effettua una prova con un solvente di riferimento (il n-butanolo). Tale prova consiste nella stima di almeno dieci stime della soglia individuale di percezione nei confronti del gas di riferimento. Il *panelist* deve verificare i seguenti criteri:

- la sensibilità nei confronti del n-butanolo deve essere compresa all'interno di un preciso intervallo;
- la deviazione standard rispetto al valore di riferimento non deve superare un determinato valore;
- il *panelist* non deve commettere errori sui bianchi.

Per garantire la costanza delle risposte e la ripetibilità dei risultati la prova di sensibilità nei confronti del gas di riferimento viene ripetuta periodicamente (ad esempio ogni 12 campioni analizzati).

Oltre ai risultati di questa prova, per la selezione dei *panelist* si tiene conto anche di altri fattori: generalmente la scelta ricade su persone di giovane età (tra i 20 e i 30 anni), che non soffrano di disturbi cronici che possano alterare le capacità percettive, quali ad esempio allergie o sinusiti. Inoltre, è importante che i *panelist* rispettino alcune regole di igiene e di alimentazione in modo tale da non rischiare di influenzare la misura olfattometrica. Per questi motivi viene sconsigliato l'uso di profumi, o il consumo di cibi forti o speziati (caffè, chewing-gum) nei minuti precedenti alla misura. Infine, si richiede ai *panelist* di presentarsi in camera olfattometrica qualche minuto prima dell'inizio della prova per abituarsi all'odore presente nella stanza.

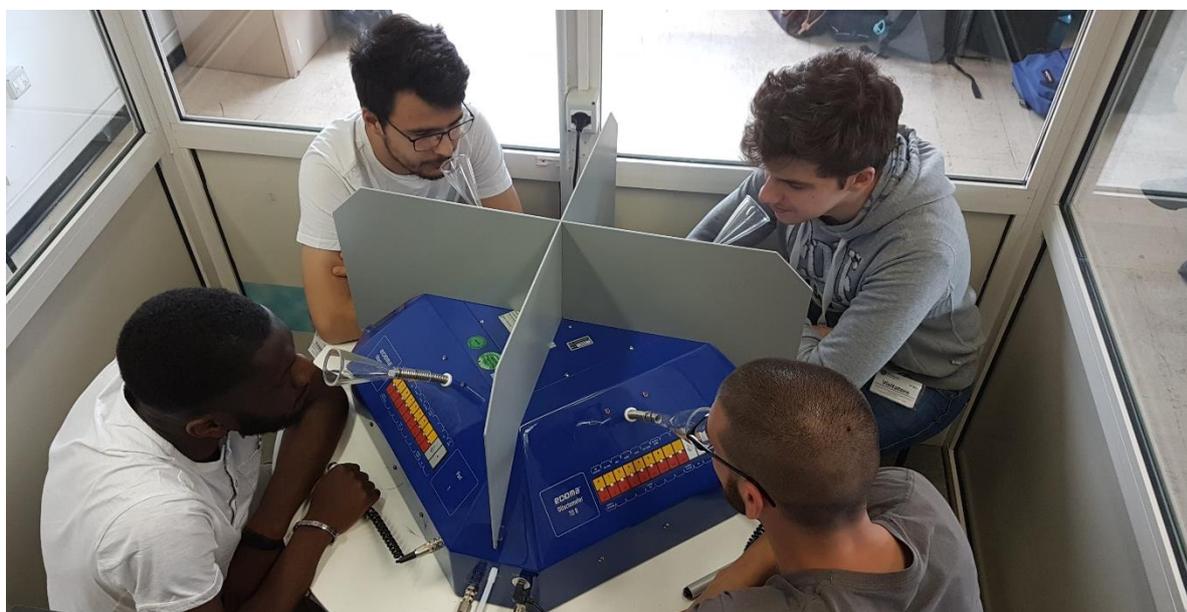


Figura 1. Camera olfattometrica.

Al termine di una sessione di prove, per ogni campione si ottengono come risultati un certo numero di valori di soglia, dei quali viene calcolata la media geometrica. Se uno dei valori ottenuti per ciascun



panelist si discosta troppo dal valore medio calcolato, l'intera prova del *panelist* viene cancellata, e la media viene ricalcolata sulla base dei valori rimanenti. La norma EN 13725 indica come deviazione standard ammissibile un valore compreso fra +5 e -5.

Il valore medio così calcolato esprime il numero di diluizioni necessarie per portare la concentrazione di odore al livello di soglia di percezione. Tale numero rappresenta il numero di unità odorimetriche al metro cubo del campione osmogeno analizzato.

Per garantire che i risultati ottenuti siano validi bisogna verificare che essi siano ripetibili, riproducibili e rappresentativi. Le definizioni di questi termini sono contenute nella norma EN 13725.

Attraverso un'analisi sensoriale, sarà possibile ottenere un monitoraggio delle emissioni provenienti dall'impianto in termini di concentrazione di odore e flussi emessi.

Tale metodo consente di impiegare i dati ottenuti, mediante valutazione sensoriale con panel test, per l'implementazione di un modello di dispersione matematica che preveda la concentrazione di odore che ricade al suolo (e quindi al cittadino) con una certa frequenza di accadimento. Si sottolinea che, ad oggi in Italia, la tendenza prescrittiva sia quella di imporre limiti o valori guida di concentrazione di odore al recettore da rispettare (cfr. linee guida e leggi regionali es: Regione Lombardia, Regione Piemonte, Provincia Trento, Regione Puglia).

3.1.2 Il naso elettronico per il monitoraggio in continuo degli odori

Il naso elettronico è uno strumento complesso il cui funzionamento emula la struttura del naso umano (Figura 2). Lo strumento è composto da una serie ("array") di sensori con specificità parziale e un appropriato sistema di riconoscimento, in grado di riconoscere odori semplici o complessi. Esso non esegue un'analisi chimica dell'odore analizzato, per cui non è in grado di identificarne la composizione chimica, ma l'array di sensori parzialmente selettivi produce una sorta di "impronta olfattiva", che può essere classificata sulla base di un database di riferimento acquisito dallo strumento in una preliminare fase di addestramento.

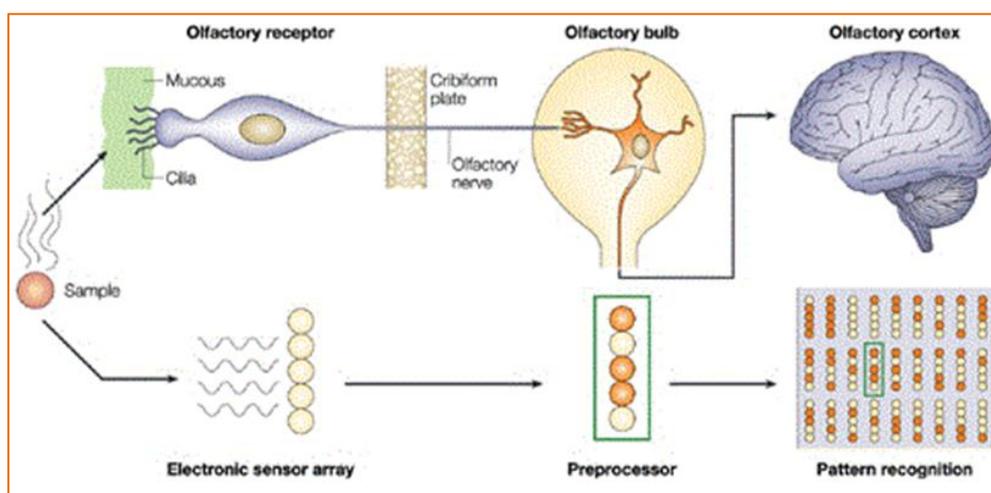


Figura 2. Analogia fra le strutture del naso elettronico e del naso umano

(Fonte: Turner, A.P.F., Magan, N. - 2004. *Electronic noses and disease diagnostics. Nat Rev Micro. 2, 161-166*)



Il naso elettronico è ad oggi l'unico metodo strumentale esistente specifico per la misurazione degli odori. Esso presenta il grande vantaggio di consentire la misurazione in continuo degli odori, permettendo di rilevarne la presenza e di riconoscerne la provenienza.

Per questo motivo il naso elettronico può essere impiegato per monitoraggi in continuo alle emissioni, al confine di impianto, o direttamente al ricettore.

Per quanto riguarda il monitoraggio di odore alle emissioni, questo può risultare efficace nel controllo di processo e per la valutazione in continuo dell'efficienza di presidi di abbattimento.

Al confine di impianto, il naso elettronico può essere impiegato con lo scopo di individuare delle condizioni critiche che portino alla rilevazione di picchi odorigeni, o eventualmente come strumento di verifica di segnalazioni di odore che avvengono presso i ricettori.

Infine, il naso elettronico può essere utilizzato per una valutazione diretta dell'impatto olfattivo e/o dell'esposizione a odori presso specifici ricettori.

Il monitoraggio in continuo mediante naso elettronico può essere adottato in maniera complementare all'approccio basato sull'applicazione di modelli di diffusione atmosferica, previsto dalla maggior parte delle linee guida e leggi regionali vigenti sul territorio italiano (ad es. D.G.R di Regione Lombardia n. IX/3018 del 15/02/2012 e DGR Regione Piemonte, n. 13-4554 del 9 gennaio 2017), al fine di verificare la rispondenza di quanto calcolato dal modello in uno specifico punto di interesse.

Vi sono inoltre casi in cui l'applicazione dell'approccio modellistico può risultare poco efficace; tali casi comprendono in particolare le situazioni in cui le emissioni sono difficilmente caratterizzabili in termini di quantità odore emesso per ogni ora del dominio di simulazioni. Alcuni esempi di casi in cui la modellazione è difficoltosa sono le sorgenti diffuse, quali capannoni non ventilati, serbatoi, cassoni, ecc., per cui la stima della portata di odore emessa è difficilmente valutabile.

Un altro caso critico è rappresentato dalle sorgenti emmissive variabili nel tempo, per cui è difficile associare una portata di odore ad ogni ora del dominio di simulazione. Nella fattispecie, queste sono le emissioni delle produzioni discontinue, quali ad esempio le lavorazioni "su commessa", tipiche delle aziende farmaceutiche o gli impianti di produzione di asfalti. In questi casi il fatto di "svincolarsi" dalla necessità di una caratterizzazione minuziosa e complessa della sorgente attraverso una determinazione diretta della presenza di odori al ricettore potrebbe rivelarsi la scelta più opportuna per la valutazione di impatto olfattivo.

É opportuno sottolineare che il naso elettronico è altresì l'unico metodo in grado di fornire una risposta correlata alla qualità dell'odore: lo strumento, una volta opportunamente addestrato, è in grado di riconoscere diverse tipologie di odori e quindi di identificarne la provenienza. Questa caratteristica può risultare particolarmente utile nei casi in cui sul territorio co-esistono più sorgenti di odore, e se ne voglia determinare il contributo relativo in termini di impatto.

Il monitoraggio degli odori mediante naso elettronico è sempre più diffuso in Italia, e trova applicazione nel monitoraggio degli odori di diverse tipologie di impianti, quali discariche, impianti petrolchimici, trattamento rifiuti, e fonderie.



L'utilizzo del naso elettronico per il monitoraggio ambientale degli odori è menzionato e previsto nelle più recenti linee guida specifiche in materia di odore presenti sul territorio Italiano (e.g. DGR Regione Piemonte, n. 13-4554 del 9 gennaio 2017 "L.R. 43/2000 - Linee guida per la caratterizzazione e il contenimento delle emissioni in atmosfera provenienti dalle attività ad impatto odorigeno"; Linea Guida ARPA Friuli Venezia Giulia LG 44.01/SCE "Valutazione dell'impatto odorigeno da attività produttive").

Inoltre, a ottobre 2019, è stata pubblicata la norma **UNI 11761:2019** "Emissioni e qualità dell'aria - Determinazione degli odori tramite IOMS (Instrumental Odour Monitoring Systems)", che per prima fissa dei criteri per la qualificazione di strumenti impiegabili per il monitoraggio degli odori.

Per la valutazione di impatto olfattivo mediante naso elettronico, lo strumento deve essere in grado di analizzare in continuo l'aria ambiente e, in tempo reale:

- rilevare la presenza/ assenza di odori;
- riconoscerne la provenienza, attribuendoli ad una specifica "classe" odorigena.

A questo scopo è necessaria una fase di addestramento del naso elettronico, che consiste nell'istruirlo a discriminare fra loro i diversi odori di interesse ad un livello di soglia prestabilito. Tale fase di addestramento è estremamente delicata ed è di cruciale importanza per il corretto funzionamento dello strumento, e deve essere condotta disponendo di un laboratorio olfattometrico che consenta di stabilire la concentrazione di odore dei campioni analizzati per l'istruzione del naso elettronico.

Una volta addestrato, il naso elettronico può essere utilizzato in campo (fase di monitoraggio) per la rilevazione in continuo della presenza di odori ed il riconoscimento degli stessi.

Con una successiva fase di elaborazione dati è possibile determinare l'impatto olfattivo presso ciascun luogo di installazione del naso elettronico, quantificato come frequenza temporale di rilevazione dei diversi odori (Figura 3).

Data	Ora	Presenza odore	Classe
28/05/2019	08:00	SI	Biogas
28/05/2019	08:10	SI	Biogas
28/05/2019	08:20	NO	Aria
28/05/2019	08:30	NO	Aria
28/05/2019	08:40	NO	Aria
28/05/2019	08:50	NO	Aria
28/05/2019	09:00	NO	Aria
28/05/2019	09:10	NO	Aria
28/05/2019	09:20	NO	Aria
28/05/2019	09:30	SI	Rifiuto fresco
28/05/2019	09:40	SI	Rifiuto fresco
28/05/2019	09:50	SI	Rifiuto fresco
28/05/2019	10:00	NO	Aria

Classe odore	N. rilevazioni	% Rilevazioni
Aria	2350	94
Rifiuto fresco	105	4.2
Biogas	30	1.2
Percolato	10	0.4
Off-gas cogenerazione	5	0.2

Figura 3. Schema esemplificativo di output del naso elettronico applicato per il monitoraggio degli odori di una discarica

In questo modo, il naso elettronico, oltre a quantificare l'impatto olfattivo, può diventare un utile strumento gestionale, consentendo di individuare la principale sorgente odorigena che causa la



presenza di odori presso il ricettore monitorato, e permettendo di conseguenza di programmare eventuali interventi migliorativi, ottimizzando il rapporto costi-benefici.

A tal fine è importante che lo schema “classico” di applicazione del naso elettronico per la valutazione di impatto olfattivo, che prevede le suddette fasi di: i) addestramento, ii) monitoraggio e iii) elaborazione dati, venga arricchito di una fase ulteriore di verifica di performance dello strumento, da eseguirsi a valle dell’addestramento, durante la sua installazione in campo.

Tale fase, se condotta opportunamente, consente di verificare le effettive capacità dello strumento di riconoscere correttamente gli odori alle concentrazioni di interesse, garantendo quindi al gestore dell’impianto l’affidabilità dei risultati ottenuti (Figura 4).

Capacità di classificazione dell'odore		Output SACMI EOS 507			
		Biogas	Rifiuto fresco	Percolato	Aria
Classe di odore	Biogas	6	0	0	0
	Rifiuto fresco	1	5	0	0
	Percolato	0	0	6	0
	Aria	0	0	0	18



Figura 4. Esempio di prove di classificazione qualitativa degli odori eseguite sul naso elettronico Sacmi EOS 507

3.2 Simulazione della dispersione di emissioni di odore in atmosfera

Quando si parla di “molestia olfattiva”, ci si riferisce ad un fenomeno che è inevitabilmente legato alla percezione umana. Pertanto, non è possibile valutare l’impatto olfattivo di una qualunque fonte emissiva (e.g., attività industriale o agricola, impianto di trattamento rifiuti/reflui, fonderia) senza tenere conto dell’effetto sulla popolazione residente nei dintorni della fonte stessa.

Per questo motivo, le tecniche di misurazione e caratterizzazione degli odori – da sole – non sono sufficienti a fornire informazioni riguardo all’impatto olfattivo di una sorgente odorigena sul territorio circostante. Ragionando per assurdo, si pensi ad un impianto realizzato in mezzo al deserto, a decine di km dal ricettore più vicino: per quanto elevate possano risultare le emissioni di un simile impianto, proprio perché non ci sarà nessuno ad accusare fenomeni di molestia, questo risulterà avere un impatto olfattivo nullo.

Al fine di ottenere un’analisi quantitativa dell’esposizione ad un odore presso dei ricettori di interesse, lo strumento esiste, ed è costituito dai modelli di dispersione atmosferica. Questi strumenti di calcolo sono in grado di considerare un insieme complesso di dati di input per fornire una quantificazione della potenziale molestia olfattiva che impatta sul territorio tramite la simulazione della ricaduta al suolo delle emissioni.

Figura 5 è riportato lo schema logico-procedurale da seguire per l’effettuazione di una valutazione di impatto olfattivo tramite l’applicazione di un modello di dispersione atmosferica.

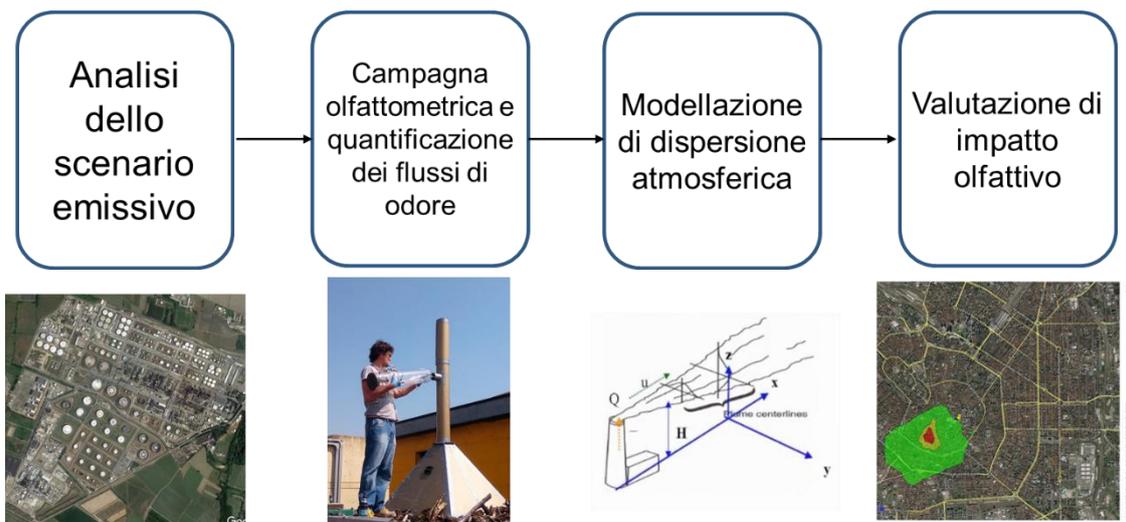


Figura 5. Schema logico-procedurale per la valutazione di impatto olfattivo

Per l'utilizzo di questi modelli matematici sono necessari una serie di dati di input: anzitutto i dati meteorologici e orografici dell'area di interesse, in quanto essi controllano "dove e come" una determinata emissione si disperde nell'atmosfera.

Inoltre, questi strumenti necessitano in input anche delle informazioni specifiche relative all'emissione: oltre alla quantità di odore emessa – espressa come portata di odore, in unità odorimetriche al secondo [ouE/s] devono essere specificate anche le caratteristiche geometriche, fisiche e fluidodinamiche che caratterizzano l'emissione.

Queste informazioni consentono al modello di considerare i diversi meccanismi di interazione atmosferica che regolano l'emissione, e valutarne gli effetti sulla dispersione. Ad esempio, a parità di quantità di odore emesso, l'emissione da un camino alto decine di metri avrà un impatto di molto inferiore rispetto all'emissione ad una vasca posta al suolo. Infatti, l'effetto di diluizione che subisce un gas emesso ad alta quota e ad alta velocità è significativamente superiore alla diluizione che subisce un'emissione che avviene per sola diffusione ed in prossimità del suolo. Uno schema logico dei dati di input e output legati all'utilizzo di un modello di dispersione atmosferica è riportato in figura 6.

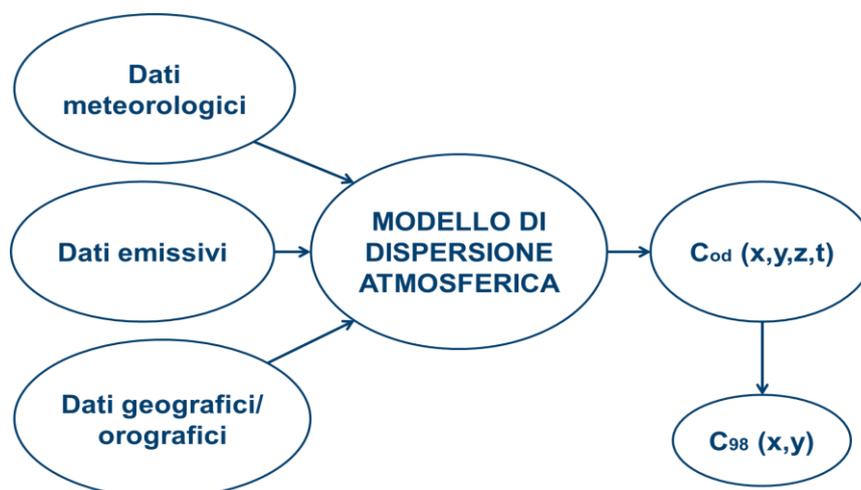


Figura 6. Input e output di un modello di dispersione atmosferica.



Proprio per questo motivo, la cosiddetta “definizione del termine sorgente”, ossia la caratterizzazione minuziosa delle proprietà della sorgente che ne influenzano la capacità dispersiva, risultano di fondamentale importanza per una corretta valutazione di impatto mediante l’applicazione di modelli di dispersione. Questo è particolarmente vero per l’odore che, in molti casi, è emesso da sorgenti diverse da camini (emissioni diffuse).

Nonostante l’apparente semplicità applicativa, questi strumenti infatti sono in grado di fornire risultati accurati soltanto se i dati di input utilizzati sono di buona qualità: è di fondamentale importanza quindi, oltre alla gestione corretta del software di calcolo, anche che lo svolgimento della campagna olfattometrica e della quantificazione dei flussi odorigeni sia effettuato da personale qualificato ed esperto.

Una volta definiti tutti i dati di input, il modello consente di effettuare una simulazione su un dominio temporale sufficientemente ampio (solitamente 1 anno) da tenere in considerazione tutte le possibili condizioni meteorologiche che possono essere presenti nell’area di interesse. Una volta ultimata la simulazione, ciò che si ottiene è una matrice di dati che, per ogni punto dello spazio considerato e per ogni ora di simulazione, restituiscono il valore di concentrazione di odore ottenuto dalla diffusione atmosferica.

Questa mole di numeri è troppo complessa per essere utilizzata in maniera diretta. Pertanto, come raccomandato dalle linee guida presenti sul territorio nazionale, viene effettuato un post-processamento dei dati, calcolando, per ogni punto del dominio, il valore di concentrazione di odore di picco, valutato al 98° percentile.

In questa maniera è possibile tracciare una mappa degli impatti, in cui vengono riportate delle linee di isoconcentrazione al 98° percentile, che rappresentano il valore di concentrazione di odore che viene superato per il 2% delle ore in un anno. Si tenga presente che a:

- 1 ouE/m³ il 50% della popolazione percepisce l’odore;
- 3 ouE/m³ l’85% della popolazione percepisce l’odore;
- 5 ouE/m³ il 90-95% della popolazione percepisce l’odore.

Anche la tipologia di modello di dispersione ha una particolare importanza all’interno di queste valutazioni. I “classici” modelli di dispersione gaussiani (e.g. AERMOD), non sono in grado di fornire risposte utili nel caso di valutazioni di impatto olfattivo: questi modelli infatti, oltre a non consentire una rappresentazione tridimensionale del campo di vento, non sono in grado di trattare le calme di vento, molto frequenti in territori come la pianura padana e particolarmente critici per la dispersione atmosferica.

Sono adatti invece allo scopo altre tipologie di modelli: in particolare, gli strumenti utilizzati più efficacemente sono modelli di dispersione non stazionari con un approccio lagrangiano a puff (e.g. CALPUFF) o a particelle (e.g. SPRAY, LAPMOD), oppure modelli più complessi come quelli euleriani (e.g. CALGRID, FARM). Questi software hanno la caratteristica di essere in grado di trattare anche situazioni orografiche complesse, come aree collinari, montuose, o aree costiere, e situazioni di ventosità bassa o assente (calma di vento), molto diffuse sul nostro territorio.

Uno degli aspetti più interessanti dei modelli di dispersione è che essi possono avere carattere non soltanto descrittivo, ma anche predittivo. Essi possono essere utilizzati al fine di analizzare lo stato attuale di un impianto esistente, per valutarne l’impatto sul territorio, ma possono essere impiegati



anche per stime previsionali di impianti nuovi in progetto (in fase di VIA/SIA), oppure per valutare l'effetto di riduzione dell'impatto ottenuto in funzione di diverse condizioni operative e/o dell'installazione di opportuni sistemi di abbattimento, diventando quindi uno strumento di scelta strategica per le aziende.

Un esempio è riportato in Figura 7: in uno studio effettuato per un'azienda alimentare, si è misurata l'efficacia nella riduzione dell'impatto olfattivo tramite l'innalzamento del camino di emissione. Come visibile dalle mappe di impatto, la soluzione è risultata efficace, per cui è stato possibile sostituire il postcombustore precedentemente installato, ottenendo un risparmio in termini economici e di emissione di gas serra, e, al contempo, una riduzione significativa dell'impatto associato alle emissioni odorigene.

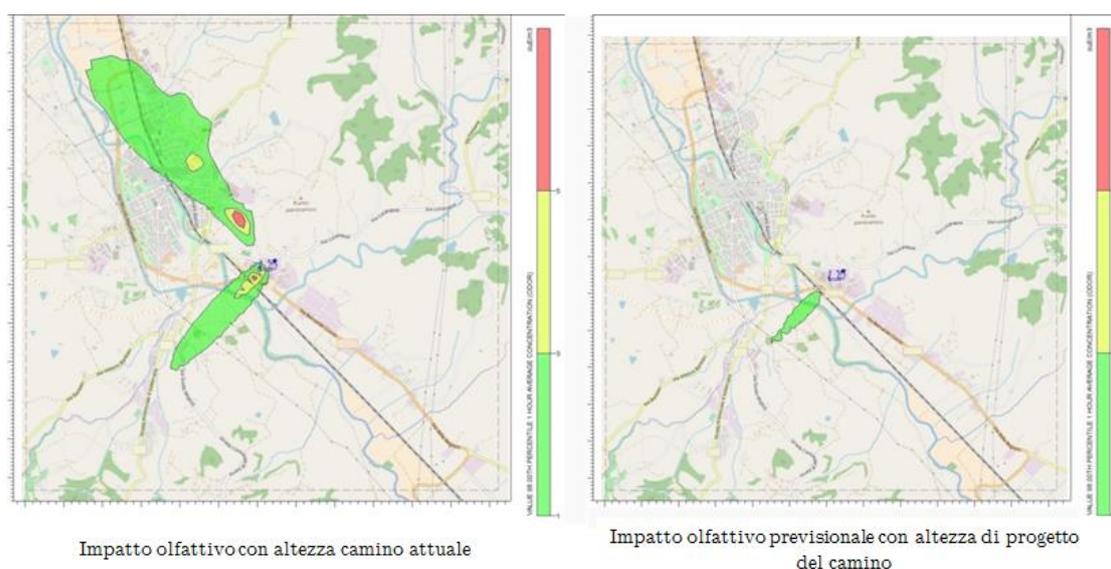


Figura 7. Esempio di utilizzo di modellazione della dispersione atmosferica per valutazione previsionale di impatto olfattivo, a fronte dell'innalzamento del camino di emissione, da 27 a 60 metri di quota.

4. IL PROCESSO DI FONDERIA

Per meglio comprendere i temi affrontati in relazione alla specificità del Settore della fonderia, è opportuno effettuare una rapida panoramica sulla tecnologia di Fonderia e sui processi realizzati dalle imprese del Settore per realizzare i propri prodotti, descrivendo seppure a grandi linee il ciclo produttivo tipico di fonderia.

Mediante il processo attuato nella Fonderia è possibile realizzare una serie di prodotti metallici, ferrosi e non ferrosi, finiti (le fusioni), con caratteristiche fisiche, metallurgiche e dimensionali ben definite, colando direttamente il metallo allo stato fuso in una opportuna forma, lasciandovelo poi solidificare e raffreddare (Figura 8).

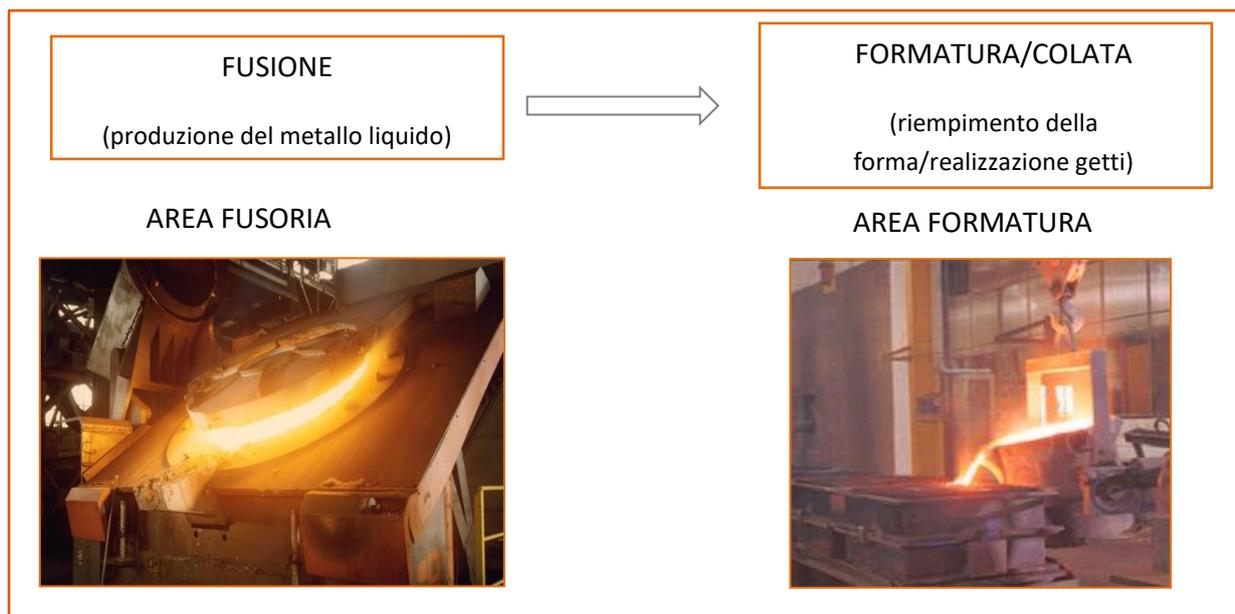


Figura 8. Principali fasi produttive processo di fonderia

Le fasi produttive realizzate in Fonderia per ottenere un pezzo, sono numerose e tra di loro correlate secondo una successione sequenziale; tali fasi possono essere tuttavia, ricondotte, in estrema sintesi, a due principali aree: una AREA FUSORIA nella quale vengono effettuate le attività di preparazione della lega metallica fusa (fase di fusione) e ad una AREA FORMATURA nella quale vengono svolte le attività di realizzazione dei getti (compresa la fase di colata del metallo nella forma).

Tipicamente le fonderie sono classificate da un lato rispetto al tipo di lega metallica elaborata (ferrosa o non ferrosa) e dall'altro rispetto al tipo di formatura utilizzato (formatura con forma "a perdere" o formatura in "forma permanente").

In particolare, è il sistema di realizzazione della forma che differenzia in modo significativo le fasi del ciclo produttivo di Fonderia.

Il ciclo produttivo nelle fonderie con forme a perdere

Nel sistema di formatura di tipo "a perdere", in sabbia, (utilizzato nella maggior parte delle fonderie di metalli ferrosi, e anche nelle fonderie di metalli non ferrosi "in sabbia"), ciascuna forma viene utilizzata una sola volta e distrutta al momento della estrazione del getto; la forma è realizzata con sabbie silicee (o con altre sabbie quali: cromite, mullite, olivina), opportunamente miscelate con leganti e/o additivi che conferiscono loro le proprietà necessarie per consentire le operazioni di formatura.

Durante la fase di formatura, viene predisposta l'impronta che riproduce, in negativo, la geometria esterna del pezzo da realizzare; tale impronta si ottiene costipando la terra di formatura, contro un modello che ha la forma del pezzo da ottenere.

Per potere consentire l'estrazione del modello dall'impronta, la forma è predisposta divisa in due parti, successivamente accoppiate.



Qualora il pezzo da ottenere presenti delle cavità interne, si ricorre all'impiego delle anime, di altre parti di forma, cioè, preparate in apposite fasi produttive impiegando materiali analoghi a quelli utilizzati per le forme (sabbie e leganti); le anime riproducono in negativo la geometria interna del getto.

Le anime, prima dell'accoppiamento delle due semi forme, vengono posizionate all'interno dell'impronta in una delle due mezze forme.

La forma così completata è pronta per ricevere il metallo liquido nella fase di colata che avviene per gravità; attraverso le canalizzazioni appositamente realizzate nella forma, esso andrà a riempire gli interspazi esistenti tra l'impronta e le anime in modo che, come scrisse cinque secoli or sono il Biringuccio nel suo volume *De la Pirotechnia*: " ... nella forma ogni vacuo rende il pieno et ogni pieno rende il vacuo, secondo l'esser del modello".

Trascorso il tempo necessario per la solidificazione ed il raffreddamento del getto ottenuto, la forma viene distrutta nell'operazione di distaffatura, ed il pezzo separato dalla terra (fase di sterratura).

Nelle fasi di finitura, il getto viene separato dalle parti metalliche costituenti il sistema di colata (canali e attacchi di colata) e di alimentazione (materozze), nelle operazioni di smaterozzatura, e successivamente viene sottoposto alle operazioni di granigliatura, effettuate per eliminare i residui di sabbia rimasti attaccati al getto, e di sbavatura per l'asportazione di eventuali bave metalliche.

I controlli di qualità concludono il ciclo produttivo di un getto.

Le fasi del processo produttivo in Fonderia con formatura "a perdere"

In una fonderia con sistema di formatura "a perdere" le fasi attraverso le quali si realizza il processo produttivo sono le seguenti:

1. fusione ed elaborazioni del metallo;
2. fabbricazione delle anime;
3. realizzazione della forma;
4. colata (riempimento forma);
5. distaffatura/sterratura;
6. recupero terre e sabbie;
7. smaterozzatura (taglio attacchi di colata e materozze);
8. granigliatura
9. scricatura e saldatura (N.B. solo per getti di acciaio);
10. molatura e sbavatura;
11. trattamenti termici (eventuali);
12. controlli di qualità.

Il ciclo produttivo si completa con alcune attività sussidiarie quali quelle connesse con la gestione delle attrezzature di produzione (modelli e casse d'anima), e le attività di manutenzione di macchine ed impianti.



Il ciclo produttivo nelle Fonderie con formatura in forme permanenti

La forma permanente è sostanzialmente costituita da uno stampo metallico mediante il quale possono essere realizzati numerosi pezzi (da qualche centinaia a milioni di pezzi); in queste Fonderie le tecnologie ed i relativi impianti, si differenziano sulla base del sistema utilizzato per la colata del metallo nella forma: per gravità in conchiglia statica o in conchiglia posta in rotazione (centrifugazione) utilizzabile per leghe ferrose e non ferrose, a bassa pressione o ad alta pressione (pressocolata), utilizzate prevalentemente per produzione di getti in leghe non ferrose.

Anche nella colata in forma permanente, in alcuni casi per realizzare cavità all'interno del getto, possono essere utilizzate anime in sabbia.

Queste le fasi attraverso le quali si realizza un getto mediante sistema di formatura in forma permanente:

1. fusione ed elaborazioni del metallo;
2. colata (riempimento forma);
3. estrazione del getto;
4. taglio/tranciatura attacchi di colata;
5. molatura e lucidatura;
6. trattamenti termici (eventuali);
7. controlli di qualità.

5. LE EMISSIONI DI SOSTANZE ODORIGENE

Come tutti i processi industriali, anche le attività di fonderia sono caratterizzate da un *impatto ambientale* all'interno ed all'esterno della fabbrica, legato alle varie fasi produttive ed attività svolte lungo il ciclo di produzione.

Le fasi del ciclo produttivo di fonderia che hanno una maggiore rilevanza in relazione agli aspetti ambientali che coinvolgono, sono sostanzialmente le seguenti:

- fusione e trattamento del metallo;
- formatura di forme ed anime (*forma a perdere*);
- colata e raffreddamento;
- distaffatura/sterratura (*forma a perdere*);
- apertura stampo/estrazione getto (*forma permanente*);
- finitura (granigliatura, sbavatura/tranciatura).

Nel presente lavoro prenderemo in esame unicamente gli impatti di tipo chimico, legati alle emissioni in atmosfera, originate dalle fasi produttive citate (Tabella 1).



FASI PRODUTTIVE	EMISSIONI PRODOTTE	NOTE
Fusione e trattamento del metallo	Polveri (+ metalli)	Di natura e quantità variabile in relazione a: <ul style="list-style-type: none"> • Tipo di lega elaborata; • Tipo di forno fusorio impiegato (elettrico o a combustibile); • Materiali di carica utilizzati.
	Silice Libera cristallina	
	Monossido di Carbonio	
	Ossidi di zolfo	
	Ossidi di azoto	
	Composti organici volatili	
	Composti inorganici volatili	
	Microinquinanti organici	
Formatura di forme ed anime (<i>processi con forma a perdere</i>)	Polveri	Di natura e quantità variabile in relazione a: <ul style="list-style-type: none"> • Tipo di processo (vedi tab. 2); • Tipo di legante (inorganico, organico) (Vedi tab. 2); • Tipo di catalizzatore (vedi tab. 2).
	Composti organici volatili	
	Composti inorganici volatili	
Colata e raffreddamento	Monossido di carbonio	Di natura e quantità variabile in relazione a: <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura colata; • Tipo di legante (inorganico, organico); • Tipo di catalizzatore.
	Prodotti di pirolisi di forme ed anime (in forma a perdere): <ul style="list-style-type: none"> • Composti organici volatili; • Composti inorganici volatili. 	
	Prodotti di pirolisi del distaccante e di eventuali anime (colata in forma permanente): <ul style="list-style-type: none"> • Composti organici volatili; • Composti inorganici volatili. 	Di natura e quantità variabile in relazione a: <ul style="list-style-type: none"> • Formulazione del distaccante.
Distaffatura e sterratura (<i>processi con forma a perdere</i>)	Polveri	Di natura e quantità variabile in relazione a: <ul style="list-style-type: none"> • Tipo di processo; • Tipo di legante, catalizzatori, additivi, di forme ed anime; • Temperatura del getto al momento della distaffatura.
	Composti organici volatili	
	Composti inorganici volatili	
Apertura stampo/estrazione getto (<i>forma permanente</i>)	Composti organici volatili	Di natura e quantità variabile in relazione al tipo di distaccante utilizzato.
	Composti inorganici volatili	
Finitura (Taglio materozze, Granigliatura, sbavatura/tranciatura, scriccatura, saldatura)	Polveri	Di natura e quantità variabile in relazione a: <ul style="list-style-type: none"> • Tipo di lega del getto; • Tipo di processo.
	Metalli	
	Fumi di saldatura	

Tabella 1 – Individuazione delle principali emissioni connesse con le fasi di produzione di getti.



Analizzando le fasi produttive riportate in tabella 1, si può notare come tutte diano luogo ad emissioni di sostanze e composti chimici che, secondo le definizioni delle norme in tema di qualità dell'aria, producono **inquinamento atmosferico**.

Il decreto legislativo 152/06 in tema ambientale, definisce inquinamento atmosferico: *“ogni modificazione dell'aria atmosferica, dovuta all'introduzione nella stessa di una o 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”*. La stessa norma definisce cosa debba intendersi per emissione in atmosfera, ovvero: *“qualsiasi sostanza solida, liquida o gassosa introdotta nell'atmosfera che possa causare inquinamento atmosferico e, per le attività di cui all'art. 275, qualsiasi scarico, diretto o indiretto, di COV nell'ambiente”*.

Per le emissioni inquinanti, la normativa ambientale definisce obblighi di controllo e riduzione, in riferimento a specifici limiti per le sostanze inquinanti, definiti in via generale e/o emessi da specifici impianti (entrambi riportati nell'Allegato I alla Parte Quinta del D. Lgs. 152/06 e s.m.i.); con la previsione dell'art. 272-bis, sarà ora possibile per le regioni o per le varie autorità competenti al rilascio dei titoli autorizzativi previsti dalla normativa ambientale, definire specifici valori limiti di emissione per le sostanze odorigene, espressi in unità odorimetriche (ouE/m³ o uoE/s).

Anche per le sostanze odorigene le imprese saranno chiamate ad applicare le migliori tecniche disponibili (le cosiddette BAT – Best Available Techniques) per minimizzare gli impatti dovuti alle fonti di emissione odorigene dello stabilimento.

Ciò detto, esaminiamo le problematiche di emissioni di inquinanti odorigeni, che originano dalle citate fasi del processo di fonderia, provenienti da singoli impianti ben individuati e convogliate in uno o più punti precisi (emissioni da camini), sia di tipo “diffuso” in ambiente.

Fusione e trattamento del metallo

Le emissioni originate dalla fase di fusione, sono nella totalità dei casi, presidiate da una specifica aspirazione che, dopo trattamenti di depurazione di vario genere e natura (utilizzo di sostanze reagenti e/o adsorbenti, depolverazione ad umido o a secco, post-combustione), immette in aria l'aeriforme attraverso un camino.

I problemi di emissione di sostanze odorigene, nella fase di fusione, normalmente, si riscontrano nei forni a combustibile, in particolare nei cubilotti, in relazione alla combustione del coke, o in generale per tutte le tipologie di forni (sia impiegati per fusioni di leghe ferrose che non ferrose) in relazione alla qualità del rottame utilizzato, che può essere “inquinato” da oli, grassi, o dalla presenza di materiali estranei.

COV e CIV rappresentano le principali fonti di odore, questi ultimi composti, dovuti principalmente al tenore di zolfo del coke, che in fase di combustione origina una serie di composti solforati a bassa soglia olfattiva; anche i COV e i microinquinanti organici sono imputabili principalmente ai prodotti di combustione del coke o alla presenza di “inquinanti” della carica metallica.

Le fasi di “trattamento” del metallo, in forno o in siviera, possono creare problemi di odori, in relazione alle formulazioni dei vari prodotti impiegati (additivi, flussanti, affinanti, scorificanti, ecc.).



Formatura di forme ed anime (processi con forma a perdere)

L'impiego nei processi di formatura di forme ed anime, di leganti, catalizzatori ed additivi di varia natura e formulazione chimica, sono alla base di problemi di emissione di composti odoriferi, sia nelle fasi di formatura che, in particolare, di colata e raffreddamento dei getti.

Nonostante i continui progressi della chimica organica ed inorganica applicati alla tecnologia di fonderia, abbiano portato allo sviluppo di nuovi prodotti e processi sempre più rispettosi dell'ambiente interno ed esterno della fonderia, restano spesso irrisolti problemi legati alla emissione di sostanze a bassa soglia olfattiva che, in presenza di concentrazione molto basse, creano problemi di percezione di odore, oggi rilevanti alla luce della normativa antinquinamento.

L'impiego di processi di formatura che utilizzano leganti, catalizzatori ed additivi chimici di varia natura (Tabella 2), ha comportato la necessità di affrontare problemi di carattere ambientale e/o sanitario in relazione alle emissioni gassose prodotte nella fase di formatura di forme ed anime e, in particolare, nella fase di colata e raffreddamento del metallo nelle forme.

	PROCESSI	AGGLOMERANTI /ADDITIVI	CATALIZZATORE	IMPIEGO	
				Forme	Anime
INORGANICI	Autoindurenti: <ul style="list-style-type: none"> Silicato di sodio/SiO₂ Silicato di sodio/esteri Cemento 	Silicato di sodio Silicato di sodio Cemento	SiO ₂ in polvere Esteri organici Acqua	limitato limitato scarso	limitato limitato --
	Con gasaggio <ul style="list-style-type: none"> Silicato di sodio/CO₂ 	Silicato di sodio	Anidride carbonica	limitato	diffuso
ORGANICI	Autoindurenti: <ul style="list-style-type: none"> Sistemi no-bake furanici 	Resine furaniche	Acido (H ₂ PO ₄ – PTS - ecc.)	diffuso	diffuso
	<ul style="list-style-type: none"> Sistemi no-bake fenolici 	Resine fenoliche	Acido (PTS – Benzensolfonico)	diffuso	diffuso
	<ul style="list-style-type: none"> Sistemi no-bake fenol-uretanici 	A due componenti: 1- resina fenolica – 2 Isocianato	Amminoderivati liquidi	diffuso	diffuso
	<ul style="list-style-type: none"> Sistema Alphaset 	Resina fenolica - alcalina	Esteri organici	diffuso	diffuso
	<ul style="list-style-type: none"> Sistemi a base di oli 	Resine alchidiche, oli vari, diisocianati	Ammine (liquide)	diffuso	diffuso
ORGANICI	Con gasaggio (Cold Box) <ul style="list-style-type: none"> Sistema Ashland 	A due componenti: 1- resina fenolica – 2 Isocianato	Ammine (DMA-DMIPA-DMEA)	n.u.	diffuso
	<ul style="list-style-type: none"> Sistema Ardox/SO₂ 	Resina furanica + perossidi	Anidride solforosa	n.u.	limitato
	<ul style="list-style-type: none"> Sistema Isoaset 	Resina bisfenolica – resina acrilica	Anidride soforosa	n.u.	limitato
	<ul style="list-style-type: none"> Sistema Betaset 	Resina fenolica - alcalina	Formiato di metile	n.u.	diffuso
ORGANICI	Termoindurenti <ul style="list-style-type: none"> Croning (Shell Moulding) 	Resina fenolica (tipo novolacca)	Calore	Limitato	diffuso
	<ul style="list-style-type: none"> Sistemi Hot Box furanici 	Resine furaniche		n.u.	diffuso
	<ul style="list-style-type: none"> Sistemi Hot Box fenolici 	Resine fenoliche (tipo resoli)		n.u.	diffuso
	<ul style="list-style-type: none"> Sistemi Termoshock 	Resine fenoliche o fenol-furaniche		n.u.	limitato

Tabella 2 - Sintesi dei principali processi a presa chimica utilizzati in fonderia



Colata e raffreddamento

La fase di colata e raffreddamento dei getti rappresenta la principale fonte di emissioni di composti organici e inorganici che possono determinare problemi di molestie olfattive in ambiente di lavoro e nell'intorno degli insediamenti produttivi interessati dalle "ricadute" delle emissioni in atmosfera.

Il problema è legato al fatto che in molti casi le aspirazioni sulle fasi di colata e raffreddamento, non sono presidiate in relazione alle ridotte concentrazioni di inquinanti, normalmente inferiori ai limiti definiti dalle norme antinquinamento.

Per altro, come avremo modo di approfondire nei paragrafi dedicati alle tecnologie di mitigazione, alcune delle tecniche attualmente diffuse fra le Fonderie per l'abbattimento degli inquinanti gassosi nelle fasi di produzione di forme ed anime, non garantiscono una efficacia di abbattimento tale da consentire il raggiungimento di livelli di emissioni residue tali da escludere problemi di percezione olfattiva nelle aree di ricaduta degli inquinanti.

I processi di polimerizzazione in fase di formatura con utilizzo di prodotti chimici, e successivamente di pirolisi del sistema sabbia-legante conseguente alla fase di colata delle forme ed al successivo progressivo raffreddamento, portano allo sviluppo di sostanze inquinanti di vario tipo e concentrazione.

La tipologia delle emissioni prodotte in fase di colata e raffreddamento dei getti (e delle forme), varia in relazione alla natura dei leganti e dei catalizzatori utilizzati nei processi di formatura di forme ed anime, dal rapporto volume/superficie del getto e, naturalmente dal rapporto fra il peso della sabbia (principalmente quello delle anime) ed il peso del metallo colato.

Il tema della caratterizzazione, da un punto di vista qualitativo e quantitativo, delle emissioni che si originano dalla decomposizione termica dei vari sistemi leganti di forme ed anime, è stato oggetto di numerosi studi.

In letteratura sono disponibili interessanti contributi di vari autori, che hanno studiato sperimentalmente il fenomeno, in particolare ai fini igienico-sanitari di tutela dei lavoratori, delle emissioni gassose prodotte nelle fasi di colata e raffreddamento delle forme, realizzate sia con il sistema di formatura "a verde" (che impiega un legante inorganico e un additivo costituito da nero minerale), sia nel caso di formature realizzate con sistemi ad indurimento chimico, che utilizzano sia leganti organici (resine), sia leganti inorganici (silicati).

Nelle citate fasi di colata e di raffreddamento del metallo (fase quest'ultima che si protrae per tempi molto variabili, in relazione alla massa dei getti all'interno della forma), le emissioni sono costituite in gran parte da idrogeno, che rappresenta circa il 50% in volume, da ossido di carbonio, oltre che da anidride carbonica, metano ed alcuni idrocarburi semplici.

Fra i principali composti di pirolisi riconducibili ai vari leganti, vi sono composti organici quali: fenolo, benzolo, formaldeide ed aldeidi, alcol furfurilico, solfuro di carbonio, ammine, oltre a composti inorganici quali: acido solfidrico, acido cianidrico, anidride solforosa e ammoniaca (cft. Tabella 6).

Anche la pirolisi dei prodotti carboniosi (nero minerale ed altre resine sintetiche che generano "carbonio brillante"), utilizzati nel sistema di formatura "a verde", produce emissioni di composti organici fra i quali, principalmente: idrocarburi a nuclei semplici quali benzolo, toluolo e xilolo, oltre a modeste quantità di composti organici policiclici (IPA).



Distaffatura / sterratura

Nei sistemi di formatura in terra a perdere, anche le fasi di apertura delle forme e/o di distaffatura, possono dare luogo, oltre allo sviluppo di polveri, anche ad emissioni di fumi e vapori contenenti i medesimi composti elencati nel precedente paragrafo; il fenomeno è tanto più rilevante quanto maggiore è la temperatura del getto al momento della apertura delle forme.

Approfondimenti di situazioni di molestie olfattive segnalate, hanno messo in evidenza il problema legato proprio a fasi di distaffatura di getti di media dimensione e massa, realizzati con sistemi di formatura “a verde” con elevati quantitativi di anime realizzate con sistemi di formatura Cold box in sabbia e resina.

Apertura stampo / estrazione getto

Anche i processi di formatura dei getti realizzati in conchiglia o stampi metallici, possono essere causa di emissioni di composti odorigeni, legati all'utilizzo di prodotti distaccanti, applicati ad ogni ciclo di formatura.

Nelle fonderie che utilizzano processi di colata a pressione (bassa pressione o pressocolata), l'utilizzo di prodotti distaccanti emulsionati che vengono applicati a spruzzo ad ogni ciclo anche con funzione di “raffreddare” lo stampo oltre che favorirne il “distacco” in fase di apertura dopo l'iniezione del metallo, comporta l'emissione di fumi che possono causare ricadute di composti a bassa soglia olfattiva.

Finitura

Le fasi di finitura dei getti, anche se quantitativamente molto meno rilevante, possono essere a loro volta causa di molestie olfattive, in particolare in tutti i casi in cui le lavorazioni comportano sviluppi di elevate temperature quali i processi di taglio di materozze a mezzo di canello da taglio o dischi abrasivi, operazioni di sbavatura e/o molatura con mole abrasive, oppure scricatura a mezzo arc-air.

5.1 Valutazione del livello delle emissioni di composti chimici e di odore nei processi di fonderia

Analizzando le fasi del processo produttivo di fonderia, sarà possibile notare, nelle tabelle successive, come molte di queste diano luogo allo sviluppo di emissioni di sostanze che possono contribuire a modificazioni a livello atmosferico e avere un elevato impatto odorigeno sulla popolazione situata nelle vicinanze di un impianto di fonderia.

Oltre alle polveri ed ai prodotti derivanti dai processi di combustione nei forni fusori, che nel settore delle fonderie hanno storicamente rappresentato i problemi quantitativamente più rilevanti, vengono oggi segnalate le sostanze emesse durante le operazioni di formatura e colata dato l'utilizzo di leganti e additivi di natura organica applicato alla tecnologia di fonderia.

Nelle successive pagine vengono riportate tabelle riferite alle diverse fasi del ciclo di produzione effettuate nell'ambito di un processo di fonderia in cui vengono evidenziate le sostanze chimiche emesse, i valori di emissione e, ove disponibili, alcuni valori in termini di concentrazione di odore, ottenuti da misure olfattometriche associate alle emissioni prodotte dalla rispettiva fase/unità.



In particolare, vengono presentate le seguenti tabelle:

- tabella 3 relativa alla fusione dei metalli ferrosi;
- tabella 4 relativa alla fusione dei metalli non ferrosi;
- tabella 5 relativa alle fasi di colata e distaffatura;
- tabella 6 relativa ai prodotti di decomposizione termica di forme prodotte con vari sistemi di formatura in sabbia.

Le fonti dei dati numerici riportate, vengono indicati in calce di ciascuna tabella. I valori di concentrazione di odore, riportati nella colonna di destra, sono espressi in unità olfattometriche per metro cubo di aria.

Tali valori rilevati strumentalmente mediante tecniche di olfattometria dinamica, presso alcune fonderie italiane che hanno messo a disposizione i dati in loro possesso, sono da considerare indicativi per i corrispondenti impianti e/o fasi di produzione.

Area impianto	Operazioni	Tipo di Forno	Sostanze chimiche emesse	Livelli di emissione (mg/Nm ³)	Valori Limite ⁽¹⁾ (mg/Nm ³)	Concentrazione Odore (ouE/m ³)
Area fusoria	Fusione (metalli ferrosi)	Cubilotto ⁽²⁾	Polveri totali CO SO ₂ NO _x PCCD/PCDF	5-20 20-1000 20-100 10-200 < 0,1 ng TEQ / Nm ³	25 - 50 1000 (HBC) 500 (SO _x) 500 0,01/0,5	--
		Cubilotto ⁽³⁾	Polveri totali Zinco Metalli Pesanti* COV CO NO _x SO _x PCCD/PCDF	< 0,4 0,129 <0,0008 (somma) 1,5 9-9,8 8,5-9,5 20-23 0,0003 (TEQ/Nm ³)	15 0,2 0,2(ogni metallo) 5 250 50 25 0,03(TEQ/Nm ³)	2200 3400 - 13000 18000 – 2200 - 2400 - 23000
		Rotativo ⁽²⁾	Polveri totali CO NO _x SO ₂	5 – 20 20 – 30 50 – 250 70 - 130	10 30 250 130	--
		Rotativo ⁽³⁾	Polveri Fe SO _x NO _x CO Metalli ⁽⁴⁾ Zn SOV IPA PCCD/PCDF	10 5 100 150 30 0,5 (sommatoria) 0,5 20 (Σ Classi I÷V) 0,01 < 0,1 ng TEQ / Nm ³	n.d.	170 - 1900
		Induzione a crogiolo	Polveri	< 20	< 20	--

Note: ⁽¹⁾ Limiti definiti dal D. Lgs 152/06 e s.m.i. e/o dall'Autorità competente in sede di AIA
⁽²⁾ Fonte: BREF Fonderie
⁽³⁾ Fonte: Dati reali di emissione/AIA fonderie metalli ferrosi
⁽⁴⁾ Cromo, Arsenico, Nichel, Cadmio, Piombo, Cromo, Rame

Tabella 3 - Emissioni da fusione di metalli ferrosi.



Area impianto	Operazioni	Tipo di Forno	Sostanze chimiche emesse	Livelli di emissione (mg/Nm ³) ⁽²⁾	Valori Limite ⁽¹⁾ (mg/Nm ³)	Concentrazione Odore (ouE/m ³)
Area fusoria	Fusione (metalli non ferrosi)	Induzione a crogiolo	Polveri Cl	< 20 --	< 20 3	--
		A Tino (Shaft)	Polveri Cl (fusione AL) SO _x NO _x CO COV	1 - 20 3 30 - 50 120 150 100 - 150	20 (Al) - 10 (Cu) 3 500 500 -- 5 (Cl. I) ÷ 500 (Cl V)	290
		A crogiolo	Polveri Cl (fusione AL) CO NO _x SO ₂	1 - 20 3 5 50 15	20 3 -- 500 500	--
		A riverbero (A suola)	Polveri Cl (fusione AL) SO ₂ NO _x CO COV	1 - 20 3 15 50 5 5 (TOC)	20 (Al) - 10 (Cu) 3 500 500 -- 20 (Σ Classi I÷V)	
Note: ⁽¹⁾ Limiti definiti dal D. Lgs 152/06 e s.m.i. e/o dall'Autorità competente in sede di AIA ⁽²⁾ Fonte: BREF Fonderie						

Tabella 4 – Emissioni da fusione di metalli non ferrosi

Area impianto	Operazioni	Tipo di processo	Sostanze chimiche emesse	Livelli di emissione (mg/Nm ³) ⁽²⁾	Valori Limite ⁽¹⁾ (mg/Nm ³)	Concentrazione Odore (ouE/m ³)
Area colata	Colata in forme in sabbia	Vedi tab. 6	Vedi tab. 6	Polveri 5 - 20 Ammine 5 SO ₂ 120 NO _x 150	---	--
	Colata in forme permanenti	Colata a gravità	Polveri Nebbie oleose (misurate come C totale) COV	5 - 20	20 (Al-Cu)- 10(Pb) 5 (Cl. I) ÷ 600 (Cl V)	290
		Centrifugazione		5 - 10		
Bassa pressione		--				
	Alta pressione (pressocolata)	--				
Area distaffatura	Distaffatura /estrazione getti	--	Polveri COV Aldeidi Fenoli Ammine	5 - 20 -- -- -- 5	20 - 40 5 (Cl. I) ÷ 600 (Cl V) 20 20 20	260; 430; 96; 810
Note: ⁽¹⁾ Limiti definiti dal D. Lgs 152/06 e s.m.i. e/o dall'Autorità competente in sede di AIA ⁽²⁾ Fonte: BREF Fonderie						

Tabella 5 – Emissioni da fase di colata



La tabella 6, più specifica, riporta diversi sistemi sabbia-legante che determinano lo sviluppo di sostanze inquinanti di vario tipo e concentrazione. La tipologia di emissioni prodotte varia principalmente in relazione alla natura dei leganti e/o degli additivi impiegati per realizzare le forme, al rapporto esistente fra il peso della sabbia ed il peso del getto, oltre al rapporto volume/superficie del pezzo e alla quantità di anime presenti all'interno della forma stessa.

EFFLUENTI ⁽¹⁾	SISTEMI DI FORMATURA (Tipo di legante, catalizzatore)									
	Sabbia a verde	Silicato di sodio	Alchidico - isocianico	Fenolico - uretanico	Fenolica no-bake	Furanica a basso N ₂	Furanica medio N ₂ PTS ⁽³⁾	Furanica hot-box	Fenolica hot-box	Shell moulding
(fattore di diluizione)	(32,0)	(28,4)	(21,8)	(14,0)	(19,0)	(42,0)	(20,2)	(30,2)	(28,8)	(58,4)
Monossido di carbonio * (30 min)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Biossido di carbonio * (30 min)	100	40	150	130	50	35	145	80	85	75
Idrocarburi totali (30 min)	27	13	68	58	20	7	32	10	9	5
Solfuro di carbonio (30 min)	--	<0,01	0,14	0,33	0,14	0,02	0,42	0,23	0,06	0,01
Acido solfidrico (30 min)	--	0,07	0,08	0,01	0,95	0,19	1,04	0,04	0,01	0,01
Anidride solforosa	0,38	0,09	0,05	0,10	16,32	0,36	5,94	0,09	0,04	0,51
Acido solfidrico	1,23	0,07	0,01	0,09	1,58	0,24	0,59	0,06	0,01	0,01
Fenolo	0,19	0,10	0,14	6,39	1,05	0,01	0,12	0,02	0,23	0,36
Benzolo	0,91	0,53	6,70	8,71	12,11	0,38	5,54	0,56	1,15	0,98
Toluolo	0,09	0,11	1,93	1,36	0,68	0,07	10,79	0,03	0,21	0,41
Meta-xilolo	0,01	0,04	3,16	0,71	0,10	1,31	0,30	0,03	0,14	0,08
Orto-xilolo	0,01	0,03	4,82	0,21	0,04	0,43	0,05	0,01	0,03	0,01
Naftalene	0,02	0,01	0,05	0,01	0,02	0,02	0,05	0,02	0,02	0,01
Formaldeide	0,01	0,06	0,13	0,04	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01
Acroleina	0,01	0,01	0,11	0,05	0,01	0,16	0,18	0,01	0,01	0,01
Aldeidi totali	0,01	0,49	2,71	0,20	3,32	0,14	20,79	0,13	0,31	0,06
Ossidi di azoto	0,83	0,01	0,44	0,07	0,03	0,01	0,38	0,43	0,73	0,15
Acido cianidrico	0,18	0,07	0,22	1,71	0,03	0,22	0,74	3,64	1,35	1,54
Ammoniaca	0,10	0,01	0,05	0,14	0,04	0,02	0,25	20,53	12,50	0,56
Ammine aromatiche totali	0,01	0,02	0,03	0,57	0,02	0,05	0,45	3,18	1,46	0,34

(1) Concentrazioni espresse in mg/m³ ad eccezione di quelle indicate con * che sono espresse in ml/m³
 (2) Acido fosforico (catalizzatore)
 (3) Acido Toluensolfonico (catalizzatore)

Tabella 6 – Concentrazione dei prodotti di decomposizione termica di forme, normalizzate ad un livello di 50 ml/m³ di CO (W.D. Scott e altri).



5.2 L'impatto ambientale dei composti a bassa soglia olfattiva

Nelle situazioni che più comunemente si riscontrano nelle imprese del Settore, le concentrazioni degli inquinanti gassosi presenti nelle emissioni, risultano accettabili se valutate con riferimento ai limiti¹ definiti dalle norme sull'inquinamento atmosferico.

La necessità di ridurre, per quanto tecnicamente fattibile, le emissioni “diffuse” e di mantenere anche le concentrazioni di sostanze/agenti chimici inquinanti presenti negli ambienti di lavoro (dovute alle citate emissioni “diffuse”) entro le concentrazioni limite definite dai VLP (valori limite di esposizione professionale) riportati dalla normativa in tema di tutela della salute dei lavoratori², e/o da indicazioni tecniche comunemente utilizzate per la valutazione della conformità degli ambienti di lavoro quali, ad esempio, i TLV definiti dalla Associazione americana degli Igienisti industriali (ACGIH), ha portato gli impiantisti a progettare sistemi di aspirazione dimensionati (spesso “sovradimensionati” rispetto alle reali esigenze) per garantire adeguati ricambi d'aria; ciò determina l'emissione in atmosfera di grossi volumi di aeriforme, con presenza di inquinanti a concentrazione relativamente basse.

L'evoluzione della normativa da un lato e l'aumentata “sensibilità” della società civile ai temi ambientali, ha determinato la necessità di affrontare i problemi dovuti alla emissione di sostanze rilevanti in relazione al loro impatto olfattivo, emesse dagli impianti industriali.

Le richieste di maggiore “qualità” dell'ambiente hanno portato ad una maggiore attenzione ai vari temi ambientali con conseguente maggiore intolleranza, da parte di tutti, nei confronti delle situazioni ambientali che creano disagio e preoccupazione, legata al fatto che spesso non si dispone di una adeguata conoscenza del fenomeno, in particolare in riferimento alle eventuali possibili conseguenze per la salute.

In questa chiave di lettura devono essere inquadrati i fenomeni di “molestia” (che oggi, in virtù della evoluzione normativa in precedenza descritta, dobbiamo chiamare di “inquinamento”), legati alla emissione delle citate sostanze/composti caratterizzate da bassi livelli di soglia olfattiva.

Anche nel Settore della Fonderia, l'attenzione delle Autorità preposte alla tutela ambientale, nei confronti del problema delle citate emissioni gassose prodotte dalle fasi lavorative del processo di fonderia in precedenza analizzate, è andata crescendo negli ultimi anni ed oggi trova nell'impianto normativo nazionale e regionale, definito in relazione all'introduzione dell'art. 272-*bis* del decreto legislativo 152/06, gli strumenti tecnico-giuridici per definire puntuali quadri di riferimento, vincolanti per le imprese.

La bassa soglia olfattiva di molti dei composti emessi nei citati processi, soglia che rappresenta la concentrazione alla quale il composto stesso viene rilevata soggettivamente all'olfatto, fa sì che l'immissione nell'ambiente esterno di tali composti, anche se a bassa o bassissima concentrazione, venga avvertita dalla popolazione presente nelle aree circostanti l'impresa, suscitando allarmi e proteste.

Come si può rilevare dalla Tabella 7, molti dei composti presenti nelle emissioni di cui trattiamo, presentano soglie di percezione olfattiva (*Odor Threshold Concentration- OTC-*) basse, di gran lunga inferiori ai limiti oltre ai quali diverrebbero pericolose per l'ambiente di lavoro (VLP/TLV), o agli attuali limiti di emissione in aria definiti dalle norme antinquinamento.

¹ Limiti di emissione di cui agli allegati alla parte quinta del D. Lgs. 152/06 e s.m.i.

² Allegati XXXVIII, XLII e XLIII del D. Lgs 81/2008 e s.m.i.



Composto	N. CAS	Soglia olfattiva (OT) (p.p.m.) ⁽¹⁾	VLP/TLV (p.p.m.)		Limite di emissione	
			8ore (TWA)	breve termine (STEL)	mg/Nm ³	p.p.m. ⁽²⁾
Solforati						
Anidride solforosa	7446-09-5	0,87	--	0,25	500	190
Idrogeno solforato	7783-06-4	0,00041	1	5	5	36
Metilmercaptano	74-93-1	0,00007	0,5	--	--	
Etilmercaptano	75-08-1	0,0000087	0,5	--	5	1,95
Dimetilsolfuro	75-18-3	0,003	10	--	--	
Solfuro di carbonio	75-15-0	0,21	1	--	150	48,26
Dimetildisolfuro	624-92-0	0,0022	0,5	--	--	
Azotati						
Ammoniaca	7664-41-7	1,5	25	35	250	352,5
Metilammina	74-89-5	0,035	5	15	20	15,6
Etilammina	75-04-7	0,046	5	--	20	10,6
Dimetilammina	124-40-3	0,033	2	--	20	10,8
Dietilammina	109-89-7	0,048	5	10	20	6,7
Isopropilammina	75-31-0	0,025	10	--	20	8,3
Trietilammina	121-44-8	0,0054	2	3	20	4,8
Trimetilammina	75-50-3	0,000032	5	15	20	8,27
Piridina	110-86-1	0,063	1	--	20	6,2
Biossido di azoto	10102-44-0	0,12	0,2	--	600	312
Acidi						
Acido acetico	64-19-7	0,006	10	15	150	60
Acido solforico	7664-93-9	0,001-0,005 ^(*)	--	0,2 mg/m ³	--	--
Acido fosforico	7664-38-2	0,02 – 2,7 ^(*)	1 mg/m ³	3 mg/m ³	--	--
Aldeidi e Chetoni						
Formaldeide	50-00-0	0,5	--	0,3 (C) ⁽³⁾	20	16,3
Acetaldeide	75-07-0	0,0015	--	25 (C) ⁽³⁾	20	11,1
Acroleina	107-02-8	0,0036	--	0,1 (C) ⁽³⁾	20	8,6
Aromatici						
Benzene	71-43-2	2,7	1	--	5	1,55
toluene	108-88-3	0,33	50	--	150	39,8
stirene	100-42-5	0,035	20	40	150	34,5
xilene	1330-20-7	0,041-0,058 ^(*)	50	100	300	69,2
Fenolo	108-95-2	0,056	2	--	20	5,2
Alcoli						
Alcol metilico	67-56-1	600-1000 ^(*)	200	250	150	114,6
Alcol isopropilico	67-63-0	35 ^(*)	200	400	300	122
Alcol isobutilico	78-83-11	2-40 ^(*)	50	--	150	49,5
Alcol furfurilico	98-00-0	7 ^(*)	10	15	20	4,99
<p>⁽¹⁾ Valori ripresi da DGR Lombardia 15 febbraio 2012 n. IX/3018, allegato 4, Tab. 2.</p> <p>⁽²⁾ I limiti di emissione sono espressi in mg/Nm³; la conversione in p.p.m. è stata effettuata dagli autori utilizzando il peso molecolare della sostanza.</p> <p>⁽³⁾ (C) = limite "ceiling" che non deve essere superato durante qualsiasi momento dell'esposizione</p> <p>^(*) Valori ripresi da: Berton "Limites olfactives et concentrations maximales admissibles" – Cahiers de notes documentaires – 1978</p>						

Tabella 7 – Confronto fra soglia olfattiva (OT), limiti di esposizione professionale e limiti di emissione di alcuni composti presenti nelle emissioni di fonderia



6. LE TECNOLOGIE DI MITIGAZIONE DELLE EMISSIONI ODORIGENE

Da quanto fin qui detto, risulta evidente che una risposta ai problemi legati alla emissione di sostanze/composti odorigeni necessita di approfondimenti, per individuare la soluzione più adeguata dal punto di vista tecnico, che sia nel contempo economicamente sostenibile per il Settore.

Le tecnologie ed il know-out sviluppatosi nel settore dell'impiantistica ambientale finalizzata al controllo ed alla riduzione dell'inquinamento, non sempre è stato in grado di supportare la domanda delle imprese del nostro Settore per individuare soluzioni idonee da applicare ai vari casi di specie, nelle fasi in cui si possono produrre emissioni critiche dal punto di vista olfattivo.

In generale il problema nel nostro settore è legato alla "filosofia" che per molti anni ha guidato i progettisti di impianti di fonderia, che vedevano la tendenza, per garantire il raggiungimento di elevati standard igienico ambientali riducendo sensibilmente la presenza di inquinanti negli ambienti di lavoro, di privilegiare sistemi di aspirazione ad elevati volumi di aeriforme, che hanno reso più problematico l'abbattimento degli odori dovuti alla presenza di composti a bassa concentrazione, dovuta alla elevata diluizione degli inquinanti presenti, emessi nelle varie fasi di processo.

In queste condizioni operative, intervenire sugli impianti esistenti per abbattere gli inquinanti alla base dei fenomeni di molestia olfattiva, utilizzando le tecnologie disponibili e già in uso nel nostro Settore, quali l'utilizzo di Scrubber di lavaggio con neutralizzazione chimica, l'adsorbimento in impianti a carboni attivi o la post-combustione, risulta essere, in molti casi, improponibile.

L'impraticabilità delle citate soluzioni, applicate tout court alle situazioni impiantistiche esistenti, deriva da considerazioni sia di tipo tecnico, in relazione ai limiti tecnologici di talune tecnologie o alla complessità degli impianti che in molte realtà non trovano neppure lo spazio fisico per essere collocati, sia in termini di costi di investimento e gestionali, che sono insostenibili nell'attuale quadro economico in cui operano le imprese di fonderia italiane.

Fra le varie fasi che potenzialmente possono creare emissioni di composti odorigeni, le fasi di colata e di raffreddamento sono quelle più critiche ed emblematiche della complessità del tema esposto.

In relazione alle caratteristiche delle imprese del Settore delle Fonderie, il cui assetto tecnico-produttivo è dettato dalle tipologie di getti richiesti dai mercati in cui le imprese operano, esistono, sostanzialmente, due differenti modi di effettuare le operazioni di colata delle forme: il primo riconducibile a situazioni impiantistiche in cui le posizioni di colata sono ben individuate (normalmente realizzate "in linea" con gli impianti di formatura, meccanizzati o automatizzati nel caso di produzioni con colata per gravità, su singole macchine dove la produzione di getti avviene per centrifugazione, o per colata a pressione), ed una seconda modalità nella quale la colata (ed il relativo raffreddamento) è realizzata "in campo" sull'intera superficie del reparto, cioè, su cui si estende il cantiere dove vengono poste le forme; posizione che, in molti casi di formature di grossi getti coincide con la posizione in cui i getti vengono formati.

Il primo modo di operare è tipico delle Fonderie che effettuano produzioni di getti in serie (media e grande) con impianti automatizzati o su isole di colata a pressione (bassa e alta pressione), mentre il secondo è diffuso nelle fonderie che realizzano produzioni di getti di media/grande dimensioni e massa, di pezzi singoli o in numero limitati, realizzati con sistemi di formatura "a mano".



Nelle aziende con sistemi di formatura “in campo”, numerosi sono i problemi tecnici da risolvere per effettuare un adeguato contenimento delle emissioni, da quello della captazione non potendo posizionare sistemi “localizzati” dei fumi/vapori in relazione al layout del reparto, alla necessità di movimentare con il carro ponte in condizioni di sicurezza per il personale di reparto, le forme, le staffe e le siviere contenenti il metallo fuso, utilizzate per le operazioni di colata.

La soluzione del problema del contenimento delle emissioni diffuse, per le suddetti tipologie di fonderie che realizzano colata “in campo” o comunque estesa a vaste aree del reparto destinate a parcheggio delle forme prodotte e colate in tempi successivi è sicuramente non semplice; spesso la sua risoluzione è subordinata a radicali cambiamenti del layout aziendale, di complessa e costosa realizzazione, che comportano la realizzazione di aspirazioni di importanti volumi di aria che, in ottica di contenimento dei composti odorigeni, comportano altrettanti problemi tecnici.

Problemi tecnici che, come abbiamo visto in precedenza, sono presenti anche nelle soluzioni impiantistiche che prevedono aspirazioni localizzate, in relazione ai grossi volumi di aria in gioco, che ha portato alla “diluizione” degli inquinanti, presenti negli aeriformi emessi in atmosfera a basse concentrazioni.

Come approcciare il problema

La riduzione delle emissioni odorigene può avvenire mediante due diverse modalità di intervento:

- ridurre le emissioni alla sorgente, ovvero individuando i processi emissivi che, se ottimizzati, permettono di ridurre sensibilmente l’impatto con l’ambiente secondo un’ottica di “clean technology”;
- ridurre la concentrazione dei contaminanti e/o dell’odore nelle emissioni (“end of pipe technologies”), identificando gli impianti e le tecniche ottimali, sia in termini gestionali che prestazionali.

L’odore rappresenta il primo segnale di un ambiente inquinato e il problema dell’oggettivazione dell’odore è da sempre un nodo cruciale per l’individuazione della reale molestia olfattiva e per lo sviluppo delle relative tecnologie di abbattimento in ambito industriale.

Per affrontare correttamente il problema e individuare le possibili soluzioni, è necessario, come prima fase, individuare e caratterizzare l’emissione procedendo con ad un’indagine olfattometrica, abbinata ad un’analisi chimica di dettaglio presso lo stabilimento, con lo scopo di:

- misurare la concentrazione di odore e, di conseguenza, il flusso di odore emesso dalle varie sezioni dell’impianto;
- valutare la presenza di eventuali composti chimici alle emissioni, al fine di correlare la concentrazione di odore presente ad uno o più composti potenzialmente responsabili dell’emissione odorigena.

Una volta individuata e caratterizzata l’emissione è possibile procedere con lo studio della soluzione più adeguata al problema.

Nelle pagine che seguono, saranno esaminate tutte le tecnologie ad oggi disponibili (le cosiddette BAT) a disposizione del Settore per il contenimento delle emissioni di composti odorigeni. Ciascuna di esse viene illustrata nel dettaglio, esaminandone l’applicabilità alle varie esigenze della Fonderia, evidenziandone i pro e i contro anche con riferimento ai costi di investimento e di gestione che ciascuna di esse comporta.



6.1 I sistemi di neutralizzazione chimico-fisici

6.1.1 Assorbimento e neutralizzazione

Scrubber

Gli “scrubbers” sono utilizzati per la rimozione di particolati e/o gas inquinanti da scarichi di impianti industriali.

Lo scrubber è un'apparecchiatura che consente di abbattere la concentrazione di sostanze inquinanti presenti in una corrente gassosa, solitamente polveri e microinquinanti chimici di natura basica o acida. Queste apparecchiature trovano ampia applicazione anche nel Settore della fonderia principalmente per la depurazione di aeriformi contenenti inquinanti gassosi.

Lo scrubber è un sistema di trattamento chimico ad umido degli inquinanti.

Due sono le tipologie di scrubber utilizzati nel settore della fonderia:

- scrubbers venturi;
- torri a piatti.

Principio di funzionamento di uno Scrubber

I sistemi “Wet scrubber” sono così indicati poiché essi fanno uso di liquidi (sostanzialmente acqua o soluzioni acquose a pH controllato) per la rimozione di inquinanti dalle correnti gassose attraverso molteplici meccanismi di interazione. La corrente di gas viene fatta interagire con il liquido sia atomizzando il liquido stesso nella corrente gassosa.

Gli inquinanti contenuti nell'aria aspirata dallo scrubber vengono assorbiti per reazione chimica tramite lavaggio con opportuno reagente di abbattimento.



Figura 9. Venturi scrubber in ACCIAIO INOX con cicloni di preabbattimento polveri a monte.



Definita la portata dell'aria da trattare e la natura dell'inquinante si determina di conseguenza il dimensionamento dell'impianto e la "natura chimica" del reagente di abbattimento; soluzione basica od acida in relazione alla natura chimica (acida o basica) dell'inquinante da abbattere. In alcuni casi la natura dell'inquinante richiede l'utilizzo di una soluzione "ossidante".

Gli scrubber più diffusi nel settore della fonderia, sono in esecuzione a doppio stadio (venturi + torre di lavaggio); un primo lavaggio turbolento nella gola venturi ed uno successivo in torre a bassa velocità e in controcorrente per assicurare una maggiore e costante efficienza di trattamento e garantire i livelli di emissione residua degli inquinanti conformi ai limiti definiti dalla normativa ambientale sempre più restrittivi (Figura 9).

I° Stadio (Venturi)

L'aria inquinata viene aspirata dallo scrubber attraverso una o più gole venturi (il numero di venturi è proporzionale alla portata di aeriforme che l'impianto deve trattare); nel Venturi viene spazzata tramite apposito ugello posto sopra la gola, la soluzione di lavaggio. L'aria entra dall'alto del Venturi all'interno del quale subisce un energico lavaggio grazie alla grande superficie dinamica di contatto aria-reagente, che si genera nella gola Venturi.

La velocità dell'aeriforme da trattare aumenta a causa della restrizione della sezione della gola del Venturi, strappano dalla corrente liquida (iniettata nella sezione di ingresso o poco prima della gola) formando una dispersione molto fine di gocce.

II° Stadio (Torre)

L'aeriforme inquinata passa dai Venturi alla Torre di lavaggio attraverso la vasca di ricircolo del reagente.

Nella torre, l'aria viene ulteriormente "lavata" in controcorrente, a bassa velocità, su un'ampia superficie di contatto.

Nella Torre sono inseriti opportuni *demister*, pacchi alveolari separatori di gocce per effettuare la separazione liquido-vapore, e favorire la separazione delle gocce di liquido, eliminando gli effetti di trascinamento.

Gli scrubber di ultima generazione sono dotati di dispositivi automatici di reintegro dell'acqua, di reintegro del reagente consumato e per il controllo dell'esaurimento dalla soluzione di lavaggio e scarico automatico raggiunta la densità predeterminata della soluzione di lavaggio; dispositivi che rendono il funzionamento dell'impianto completamente automatico.

TORRI A PIATTI

Una torre a piatti è costituita da un recipiente con uno o più piatti perforati orizzontali su cui viene fatto fluire il liquido. L'aeriforme da trattare entra nell'impianto dal basso e, passando attraverso i fori dei piatti passa da un piatto a quello sottostante attraverso opportune aperture, e in ogni piatto viene a contatto con il liquido che è versato dall'alto.

Questi sistemi sono molto efficienti nella rimozione di inquinanti gassosi in relazione della forte interazione con ampie aree di contatto che si realizza in corrispondenza delle aperture sui piatti. L'efficienza del sistema cresce al crescere del numero dei piatti e al crescere del rapporto liquido/gas e della caduta di pressione ad ogni piatto.



Le Torri a piatti sono poco adatte al trattamento di aeriformi contenenti elevate concentrazioni di particolati, in relazione ai problemi di occlusione che si creano sui fori di passaggio dei singoli piatti, che ne diminuendo l'efficienza di abbattimento; il loro impiego in fonderia è limitato a quelle fasi nelle quali la produzione di polveri è modesta (es: linea raffreddamento forme).

Le torri di lavaggio possono essere progettate a più stadi ove la miscela dell'aeriforme da trattare presentasse inquinanti di differente natura chimica.

Applicabilità

Nelle lavorazioni di Fonderia, le fasi produttive in cui gli scrubber trovano principali applicazioni sono:

- formatura anime, in particolare nei processi Cold Box, per l'abbattimento delle ammine (DMEA, TEA, etc), della anidride solforosa (SO₂) e nei processi Hot Box o Shell Moulding, per l'abbattimento di fenolo, formaldeide, etc.
- fusione, trattamento del metallo e scorifica del bagno, per il trattamento dei fumi acidi di risulta.

Vantaggi e svantaggi

Vantaggi	Svantaggi
Ridotto ingombro al suolo	Utilizzo di prodotti di consumo (reagenti)
Alta efficienza di abbattimento della concentrazione degli inquinanti (fino al 99 % in funzione del dimensionamento e delle concentrazioni in ingresso)	Generazione di sali esausti da smaltire
Efficienza di abbattimento costante nel tempo	
Possibilità di funzionamento in continuo 24/24	
Bassi costi di gestione (consumi energetici, manutenzioni ordinarie)	

6.1.2 Adsorbimento

La tecnologia di adsorbimento sfrutta il processo di trasferimento di massa tra una fase gassosa ed una fase solida; la fase gassosa viene catturata sulla fase solida mediante un meccanismo di adsorbimento chimico-fisico. Questo fenomeno è determinato dall'esistenza di legami di natura elettrostatica ed avviene a seguito del passaggio fisico della corrente gassosa nei letti filtranti presenti all'interno dell'impianto.

La maggior parte dei sistemi di adsorbimento per composti organici volatili utilizzano come fase solida i carboni attivi; possono tuttavia venir utilizzati altri materiali quali: gel di silice, terra diatomacea (tripolite), allumina, zeoliti e particolari polimeri. I carboni attivi risultano particolarmente indicati per l'adsorbimento di molecole ad alto peso molecolare e per sostanze chimiche non polari. I composti con peso molare minore di 40 g. non sono convenientemente adsorbiti, così come le sostanze con punto di ebollizione superiore ai 150 °C. Alti valori di umidità relativa possono interferire sull'efficienza di adsorbimento. I sistemi ad adsorbimento con carboni attivi sono essenzialmente di tre tipi: 1. impianto a letto fisso; 2. impianto a letto fluidizzato; 3. pannelli di filtri a carboni attivi.

Filtrazione con carboni attivi per l'abbattimento di COV e composti odorigeni

I sistemi di depurazione a carboni attivi sfruttano il principio dell'adsorbimento dell'inquinante da parte del carbone attivo, per rimuovere dall'aeriforme in ingresso all'impianto le molecole odorogene



ed i COV presenti. Le micro cavità del carbone attivo (carboni che hanno subito un trattamento di attivazione ottenendo elevata porosità - superficie interna da 500 a 1700 m²/g ed oltre - e, di conseguenza, un elevato potere adsorbente) “catturano” le molecole degli inquinanti e le ritengono al loro interno.

L'utilizzo di questa tecnologia permette in molti casi di risolvere con un unico prodotto il problema della riduzione dei COV inquinanti eliminando il problema dell'odore.

Nel caso di un impianto ad adsorbitore, i costi di esercizio sono principalmente dati dalla somma dei costi per il materiale adsorbente e dei costi energetici di aspirazione dell'aeriforme. La quantità di materiale adsorbente da utilizzare dipende dalla portata, dalle caratteristiche dell'effluente da trattare e dalle caratteristiche del materiale adsorbente (distribuzione dei pori e loro grandezza). All'aumentare della portata, aumentano le quantità del materiale costituente il substrato adsorbente; l'efficacia dell'adsorbimento è influenzata da molteplici fattori, tra i quali quelli principali sono:

- concentrazione dell'inquinante: maggiore è la concentrazione, maggiore è il consumo di carbone;
- velocità di attraversamento dell'aeriforme sul supporto (tempi di contatto);
- umidità relativa dell'aeriforme (per adsorbimento su carboni attivi, se l'umidità relativa supera il 60% sono possibili riduzioni della superficie efficace per l'adsorbimento dei COV, con conseguente riduzione dell'efficienza dell'impianto);
- temperatura dell'aeriforme (il processo di adsorbimento è esotermico);
- presenza di sostanze avvelenanti e impaccanti, che formano legami stabili con il mezzo adsorbente.
- superficie dei carboni attivi;
- peso molecolare, punto di ebollizione e concentrazione della sostanza da filtrare;
- natura dell'inquinante.

La natura dell'inquinante è la caratteristica che influenza maggiormente la capacità di adsorbimento del carbone attivo. Infatti, a seconda della natura dell'inquinante e delle loro caratteristiche chimiche, l'efficacia di adsorbimento, a parità di caratteristiche tecniche dell'impianto, variano; gli inquinanti possono essere molto adsorbibili (ad esempio: benzene, xilene, cloro), mediamente adsorbibili (es.: acido acetico, etilene, piridina) o poco adsorbibili (es.: alcol isopropilico, ammoniaca, ammine, formaldeide).

Capacità di adsorbimento di alcune sostanze odorigene da parte dei carboni attivi			
Elevata (20 - 50 %)	Buona (10 - 25 %)	Bassa (< 15 %)	Nulla
Acrilato di etile	Acetone	Gas acidi	Acetilene
Acrilato di metile	Acetato di metile	Aldeidi e derivati	Acido carbonico
Alcool etilico	Acido acetico	Ammoniaca	Diossido di zolfo
Alcool isopropilico	Alcool metilico - metanolo	Acido cloridrico	Etano
Benzene	Anidride solforica	Acroleina	Etilene
Composti solforati	Cloro	Ammine	Triossido di zolfo
Etilacetato	Dietilammina	Ammoniaca	
Etilbenzene	Formiati di metile	Anidride solforosa	
Fenolo	Idrogeno solforato	Dietilammina	
Furfurolo	Metilmercaptano	Dimetilammina	
Mercaptani	Metilcloruro	Etilammina	
Piridina	Piridina	Formaldeide	
Toluene	Solfuro di carbonio	Gas solforosi	
Xilene	Solventi vari	Solfuro di idrogeno	

Tabella 8 – Capacità di adsorbimento carboni attivi.



Gli impianti a carboni attivi si possono distinguere in due tipologie, basate sui criteri di gestione del supporto adsorbente: quelli che rigenerano il carbone attivo nell'impianto e quelli che non lo fanno. Se non è prevista la rigenerazione della sostanza adsorbente in sito, allora si utilizzano i carboni "a perdere"; raggiunta la saturazione, i carboni attivi vengono sostituiti ed inviati allo smaltimento o alla rigenerazione all'esterno dell'impianto di utilizzo.

Esistono varie configurazioni impiantistiche che si basano sulla tecnologia dell'adsorbimento; la scelta impiantistica è correlata principalmente alla applicabilità della soluzione in relazione alla economicità di gestione dell'impianto. Economicità di gestione correlata al flusso di massa degli inquinanti da trattare, definito in base alla combinazione tra portata e concentrazione di inquinati.

Gli impianto "rigenerativi" sono adatti ad alte portate e concentrazioni, mentre gli impianti non rigenerativi sono particolarmente indicati, vista la loro economicità, facilità di utilizzo e ingombro ridotto, per flussi di massa e concentrazioni ridotte ($100 \div 10.000 \text{ m}^3/\text{h} - 1 \div 1.000 \text{ mg}/\text{Nm}^3$) e quindi per trattare emissioni odorigene non particolarmente concentrate dal punto di vista chimico.

I sistemi a rigenerazione prevedono la riattivazione del carbone attivo direttamente all'interno dell'impianto. La rigenerazione consiste nel deadsorbimento degli inquinanti che può avvenire in modi diversi:

- facendo passare attraverso il letto di carboni un gas inerte;
- scaldando il letto;
- utilizzando un flusso di vapore d'acqua.

Descrizione del processo di trattamento con sistemi a letto fisso

Il trattamento delle immissioni in atmosfera nel caso dell'adsorbimento tramite masse attive con sistemi a letto fisso non rigenerabile segue generalmente il seguente schema (Figura 10):

- 1) Captazione e convogliamento delle emissioni;
- 2) Separazione della condensa;
- 3) Assorbimento fisico e chimico con neutralizzazione e ossidazione degli inquinanti presenti nell'emissione;
- 4) Aspirazione tramite ventilatore centrifugo;
- 5) Immissione in atmosfera dell'emissione mitigata tramite camino.

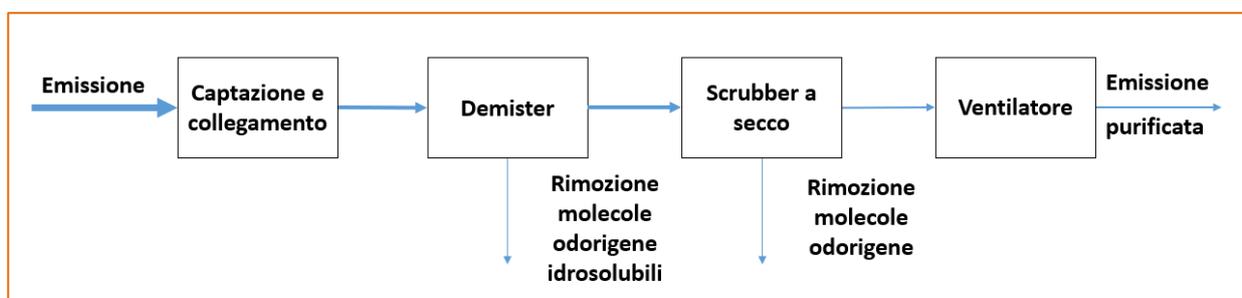


Figura 10. Diagramma a blocchi del processo di trattamento.



1. Captazione e convogliamento delle emissioni

Le emissioni sono captate da appositi sistemi o cappe e convogliate all'impianto di trattamento mediante idonee tubazioni di collegamento.

2. Separazione della condensa

La separazione della frazione in fase condensata (acqua, olio, solventi non volatili presenti per trascinalimento e trasporto) nel flusso aeriforme, può avvenire attraverso un filtro a coalescenza o dei pacchi di riempimento. La fase condensata, una volta separata dalla fase aeriforme, viene raccolta sul fondo dell'unità demister e scaricata per mezzo di una valvola d'intercettazione (nello scarico possono essere presenti sostanze idrofile, altamente solubili o miscibili in acqua). Questa prima unità protegge la massa attiva presente nel filtro che essendo estremamente igroscopica potrebbe essere disattivata velocemente dalla presenza di gocce d'acqua trascinate. In questo modo inoltre vengono eliminate tutte le sostanze inquinanti disciolte.

3. Assorbimento fisico e chimico con neutralizzazione e ossidazione degli inquinanti presenti nell'emissione

Il processo vero e proprio di mitigazione delle emissioni avviene all'interno dello scrubber a secco, dimensionato e progettato in funzione della portata dell'emissione da trattare e delle caratteristiche chimiche e fisiche delle molecole odorigene da eliminare. Il flusso entra nel filtro e viene distribuito in una camera di calma in modo da ridurre la velocità e renderla compatibile con le cinetiche di adsorbimento. L'emissione attraversa quindi i vari strati di materiali presenti nella camera filtrante purificandosi. Il sistema è infatti composto da molteplici strati adsorbenti e chimicamente reattivi che operano selettivamente e sinergicamente nei confronti delle diverse sostanze presenti nell'effluente aeriforme oggetto di trattamento. Ciascun componente del letto filtrante è specificatamente impregnato con dei reagenti acidi o basici in grado di adsorbire e neutralizzare molecole specifiche sia alcaline quali ad esempio l'ammoniaca, che gas acidi come il solfuro di idrogeno. L'ultimo strato è adibito all'ossidazione di molecole polari che generalmente non sono direttamente adsorbite dallo strato a carboni attivi. L'abbattimento dei gas contaminanti avviene secondo processi termodinamicamente irreversibili nelle condizioni standard d'esercizio in modo che non sia possibile il desorbimento con conseguente rilascio delle molecole precedentemente sequestrate.

4. Aspirazione tramite ventilatore centrifugo

Il ventilatore centrifugo permette di veicolare il volume di aeriforme attraverso le unità filtranti e le canalizzazioni di collegamento installate. Il motore del ventilatore può anche essere controllato da un variatore di frequenza in modo da minimizzare i consumi elettrici, riducendo la portata aspirata, in funzione delle varie fasi dell'impianto da cui vengono aspirate le emissioni.

5. Immissione in atmosfera dell'emissione mitigata tramite camino

Il camino di espulsione consente infine di proiettare in quota i fumi trattati e di disperderli in campo aperto.

Sistemi di iniezione di polverino di carbone attivo a monte del sistema filtrante (filtro a tessuto)

Allo scopo di ridurre le emissioni di inquinanti organici si può ricorrere a soluzioni impiantistiche che utilizzano sistemi di iniezione di agenti adsorbenti (carbone attivo in polvere) in combinazione con un successivo trattamento in filtro a maniche.



Tali soluzioni possono essere utili sia per la riduzione di composti odorigeni sia, se inseriti nella linea di depurazione delle emissioni prodotte dai forni fusori, per ridurre il rischio di emissione in aria di PCDD/F (policloro-dibenzo-p-diossine/furani) e PCB (policlorobifenili).

Tale soluzione impiantistica è indicata come BAT nel documento che stabilisce le “conclusioni sulle migliori tecniche disponibili (BAT)” applicabile al settore siderurgico (BAT n. 25).

Applicabilità

Nelle lavorazioni di Fonderia ferrosa e non ferrosa, le fasi produttive in cui i filtri a carboni attivi possono essere impiegati sono principalmente:

- fasi di raffreddamento delle forme (Cooling House);
- fasi di applicazioni di intonaci refrattari (in solvente alcolico);
- verniciatura dei getti (vernici contenenti COV).

Vantaggi e svantaggi

Vantaggi	Svantaggi
Alta efficacia di abbattimento sulla maggior parte delle specie organiche >90%	Ridotta efficacia di abbattimento su molecole alcaline
Ridotto ingombro dei sistemi filtranti	Necessità di pretrattamenti nel caso di presenza di umidità, alta temperatura e polveri
Facilità di utilizzo e manutenzione	Necessità di smaltimento periodico delle masse esauste
Bassi costi fissi di investimento iniziale	Elevati costi operativi se utilizzati per il trattamento di correnti con alta concentrazione di inquinanti
	Necessità di trattamento del desorbito dalle masse da rigenerare
	Progressiva perdita di efficienza nel tempo (fenomeno di “saturazione” dell’adsorbente)
	Costi legati alla rigenerazione/smaltimento dei carboni esausti

6.1.3 Combustione

Il modo più semplice per abbattere i composti organici volatili (COV) è quello di ossidarli termicamente; il processo consiste nel convogliare l’aria contenente i COV in un combustore che distrugge gli inquinanti organici producendo, principalmente, anidride carbonica e vapore acqueo.

Il processo di combustione produce, inoltre, come inquinante secondario ossidi di azoto (NOx); la formazione di ossidi di azoto dipende da fattori quali il contenuto di ossigeno, il tempo di permanenza e la temperatura di combustione.

La formazione di questi inquinanti e il consumo di combustibile ausiliario sono i due fattori che determinano l’impatto ambientale del processo di ossidazione termica.

L’ossidazione realizzata all’interno degli impianti può essere di tipo “termico” o di tipo “catalitico”.

I combustori utilizzati nell’industria per l’abbattimento dei composti organici volatili, sia di tipo termico che di tipo catalitico, si suddividono in due principali categorie impiantistiche:

- combustori del tipo “**recuperativo**”;
- combustori di tipo “**rigenerativo**”.



Un *combustore recuperativo* è essenzialmente costituito da una camera di combustione, all'ingresso della quale è posizionato un bruciatore che innesca e coadiuva il processo di ossidazione dei COV; da uno scambiatore di calore primario (preriscaldatore), il cui scopo è quello di recuperare parzialmente il calore prodotto dalla combustione e riutilizzarlo per il riscaldamento dell'effluente aeriforme; da un camino per lo scarico in atmosfera dell'effluente aeriforme trattato; da uno o più eventuali scambiatori di calore secondari (recuperatori di calore) per il recupero del calore in eccesso presente nei fumi.

Nel *combustore rigenerativo*, lo scambiatore di calore primario è sostituito da due (o più) letti di riempimento costituiti di materiale ad elevata capacità termica, posti a monte ed a valle della camera di combustione, che permettono un recupero più spinto del calore prodotto dalla combustione; la logica di funzionamento di tale impianto prevede che un letto di riempimento, posto a monte della camera di combustione, operi da preriscaldatore dell'effluente aeriforme mentre l'altro, posto a valle della camera di combustione, operi da recuperatore del calore prodotto dalla ossidazione dei COV; a tempi prestabiliti, le funzioni dei letti posti a monte ed a valle della camera di combustione vengono invertite, aumentando la resa termica dell'impianto.

Nei combustori di tipo rigenerativo, il recupero dell'energia termica avviene al proprio interno con la massima efficienza possibile. Rispetto ad altri sistemi di abbattimento, il combustore di tipo rigenerativo è idoneo alla combustione di qualsiasi tipo di sostanza organica volatile in forma gassosa anche a basse concentrazioni (solventi clorurati e non, composti infiammabili, idrocarburi, composti odorigeni) ed ha inoltre il vantaggio di minimizzare i costi di gestione ed i consumi di fonti primarie di energia.

I consumi energetici (elevati negli impianti di combustione tradizionali) sono per l'impianto di combustione rigenerativo estremamente contenuti, grazie al sistema di recupero termico che utilizza masse di materiale ceramico aventi funzione di "volano termico" in grado di ricevere dal gas, accumulare e restituire al gas stesso, calore con la massima efficienza.

Ossidazione termica

Negli impianti basati su questa tecnologia, l'effluente da trattare viene immesso in un bruciatore e riscaldato fino ad innescare l'ossidazione che trasforma i COV in acqua, anidride carbonica ed energia termica. In condizioni di funzionamento a regime, il calore prodotto dall'ossidazione termica può essere utilizzato per pre-riscaldare l'effluente (combustori recuperativi e rigenerativi), aumentando l'efficienza del processo e diminuendo il consumo di combustibile ausiliario. Questo combustibile, indispensabile nella fase di avviamento dell'impianto, è essenziale anche per il controllo della temperatura nel bruciatore, con il quale è possibile realizzare le efficienze di abbattimento desiderate. La quantità di combustibile consumato varia con la concentrazione di COV nell'effluente: per concentrazioni sufficientemente elevate, indicativamente dell'ordine di grandezza dei grammi per metro cubo di aeriforme, il processo di combustione è in grado di auto-sostenersi e il consumo di combustibile diventa minimo.

Un tipico impianto di ossidazione termica (postcombustore) opera ad elevate temperature (i vapori di COV vengono distrutti tra i 400 °C ed i 1100 °C) ed è essenzialmente costituito da un bruciatore, una zona di espansione (sufficiente a concedere un tempo di permanenza ad alta temperatura per realizzare la completa combustione degli inquinanti) e un dispositivo di aspirazione per il tiraggio indotto della miscela gassosa esausta. Una volta raggiunta la temperatura di esercizio, il bruciatore



continua ad utilizzare combustibile ausiliario se le concentrazioni di inquinanti in ingresso non risultano sufficienti per l'auto sostentamento della reazione di ossidazione.

I combustori sono utilizzati in modo efficiente per trattare correnti di COV con alto potere calorifico, e concentrazione di COV compresa tra 1 e 8 g/Nm³, condizioni che, come detto, consentono l'auto sostentamento della combustione.

È importante sottolineare che gli impianti che utilizzano la post-combustione termica rappresentano un'adeguata soluzione se:

- la concentrazione di COV è sufficientemente elevata: in questa circostanza il calore sviluppato dalla combustione permette al processo di autosostenersi dal punto di vista energetico, con conseguenze abbassamento dei costi di esercizio;
- gli inquinanti da abbattere sono costituiti prevalentemente da composti idrocarburici.

Vantaggi e Svantaggi

Vantaggi	Svantaggi
elevata efficienza di abbattimento ottenibile	elevati costi di investimento iniziale
	elevati consumo energetici
	significativi costi per interventi di manutenzione
	formazione ed emissione di ulteriori sostanze inquinanti nell'aria prodotti dalla combustione del combustibile ausiliario (in particolare: ossidi di azoto).

Ossidazione catalitica

La tecnica consiste nel far passare il flusso d'aria inquinata su un letto catalitico, che permette l'ossidazione dei COV a temperature più basse rispetto a quelle realizzate negli impianti ad ossidazione termica precedentemente descritti. Normalmente, un combustore catalitico, per ottenere la stessa efficienza di abbattimento di un analogo combustore termico, richiede una temperatura di processo più bassa di alcune centinaia di gradi centigradi. Anche l'impianto ad ossidazione catalitica prevede una fase di preriscaldamento della massa di aria da trattare (ad una temperatura molto inferiore rispetto a quella che deve essere realizzata nel combustore non catalitico), il gas preriscaldato viene quindi direttamente convogliato sul letto catalitico (nella camera di combustione), dove avviene la reazione di combustione. Il catalizzatore è generalmente costituito da metalli nobili quali il palladio o platino (a seconda dei casi sono anche utilizzati cromo, manganese, rame, cobalto e nichel), depositati su un supporto a base di allumina.

L'abbattimento di inquinanti utilizzando post-combustori termici, richiede il raggiungimento, nella camera di combustione, di temperature molto elevate. Il combustore catalitico invece, permette di ottenere la completa ossidazione degli inquinanti a temperature di molto inferiori (fino a 500 °C) rispetto ad un combustore termico. Inoltre, i combustori catalitici possono operare in auto sostentamento in presenza di concentrazioni di inquinanti organici già a partire dai 0,6 g/Nm³, riducendo sensibilmente la necessità di energia di supporto fornita da combustibili, con un conseguente risparmio energetico.



Lavorando a temperature più basse (mediamente intorno ai 350-450°C), il combustore catalitico riduce significativamente le emissioni di Ossidi di Azoto (NO_x) e Monossido di Carbonio (CO) che, come detto, sono spesso generate dai combustori di tipo termico.

Vantaggi e Svantaggi

Vantaggi	Svantaggi
Elevata efficienza di abbattimento ottenibile	Elevati costi di investimento iniziale (maggiori rispetto ad un combustore non catalitico)
Ridotti costi di esercizio (rispetto ad un combustore non catalitico)	Elevati consumo energetici
Bassa produzione di emissione di ossidi di azoto	Significativi costi per interventi di manutenzione
	Un significativo svantaggio è rappresentato dal fatto che esistono una serie di materiali con caratteristiche di "inibitori" per i catalizzatori quali: metalli pesanti (mercurio, piombo, ferro, ecc.), silicio, zolfo, composti alogeni, alcuni particolati inerti e materiali organici che possono risultare tossici per i letti catalitici; la presenza nell'aeriforme da trattare, di tali inquinanti riduce significativamente la resa del processo.

6.2 La biofiltrazione (ossidazione biochimica)

Il biofiltro è il sistema più naturale per depurare l'aria contaminata da inquinanti organici; le emissioni aeriformi contenenti i composti biodegradabili vengono convogliate su un materiale di supporto biologicamente attivo dove i microorganismi degradano le sostanze organiche ad acqua ed anidride carbonica.

Il biofiltro è un impianto di trattamento che sfrutta l'azione di alcuni ceppi di microorganismi contenuti in un materiale di supporto.

La biofiltrazione dell'aria è un trattamento di depurazione delle emissioni gassose, basato sul processo di ossidazione biochimica effettuata da parte di microorganismi aerobici; è un processo aerobico esotermico costituito da una serie di reazioni biologiche (ossidazione, riduzione, idrolisi, ecc.) che operano la scomposizione e la metabolizzazione dei composti organici da parte della popolazione microbica, in condizioni controllate di temperatura, umidità, pH ed altri parametri, sui composti organici inquinanti presenti nell'aeriforme, spesso causa di odori.

Al contrario degli altri trattamenti di deodorizzazione di natura chimica o fisica (prodotti adsorbenti quali il carbone attivo che una volta esaurito va rigenerato o smaltito come rifiuto speciale) la biofiltrazione ha il vantaggio di eliminare l'inquinamento dell'aeriforme senza "trasferirlo" in altre matrici ambientali.

Il sistema di biofiltrazione si adatta bene al trattamento di grandi portate di aeriforme con limitate concentrazioni di inquinanti da trattare, situazione questa che, in molti casi, pone limiti strutturali all'efficienza dei sistemi chimico fisici di abbattimento; in tali situazioni risultano particolarmente adeguato l'utilizzo del biofiltro per il trattamento delle emissioni che creano problemi di odore.



Nel biofiltro i composti/le sostanze inquinanti vengono degradate da una flora batterica aerobica, fissata su di uno speciale letto, e trasformate in composti non tossici quali ad esempio, anidride carbonica e acqua. Nei biofiltri il letto di supporto alla biomassa batterica è costituito da uno speciale riempimento vegetale biologicamente attivo, che conserva per lungo tempo la struttura porosa di supporto ai microrganismi. Tale struttura inoltre, lasciandosi attraversare dall'aria, facilita il contatto fra le sostanze inquinanti ed i batteri autori dell'abbattimento delle stesse.

Principio di funzionamento del biofiltro

L'aeriforme da trattare viene fatto filtrare attraverso del materiale organico poroso (detto anche letto filtrante) che serve da supporto, e in parte da nutrimento, per microrganismi aerobici.

Le sostanze inquinanti trasportate dal flusso entrano in contatto con i microrganismi i quali le metabolizzano e le trasformano in prodotti di reazione non più pericolosi né odorigeni; i prodotti di degradazione sono costituiti da vapore acqueo, anidride carbonica e biomassa generata dal metabolismo batterico.

Per poter garantire una idonea depurazione dell'aria è necessario garantire condizioni ambientali favorevoli alla vita dei microrganismi; la moltiplicazione batterica dipende dalle caratteristiche chimico-fisiche dell'aeriforme da trattare, ed in particolare dai seguenti fattori:

- contenuto di sostanze nutritive (per i batteri i composti organici inquinanti rappresentano il nutrimento);
- il tenore di ossigeno disciolto nel biofilm;
- la temperatura che agisce sui meccanismi metabolici; i microrganismi presenti nel biofilm sono organismi mesofili la cui temperatura ottimale di crescita è compresa tra 20 e 40 °C;
- il pH dell'ambiente che influenza in particolare il fenomeno riproduttivo, che deve essere compreso fra 7 ad 8;
- l'assenza di composti tossici per la flora batterica (sostanze acide, ammoniaca > 50 mg/m³, H₂S > 30 mg/m³);
- il grado di umidità.

Quest'ultimo fattore è molto importante perché i microrganismi sono in grado di assorbire sostanza alimentare solamente dalla fase acquosa; l'umidità forma un film liquido (biofilm) attraverso il quale avviene il contatto inquinante/flora batterica.

Un insufficiente contenuto di acqua nel letto filtrante è causa di essiccamento del letto e conseguente perdita di attività biologica. Anche un eccesso di acqua può essere dannoso, infatti una eccessiva percentuale di acqua occlude i vuoti del letto filtrante con il conseguente rischio di sviluppo di condizioni anaerobiche e conseguente formazione di sostanze odorigene.

Il flusso di aria in ingresso all'impianto attraversa dal basso verso l'alto il letto filtrante, costituito da particelle di materiale organico sulla cui superficie si forma un sottile strato acquoso, detto "biofilm". Nel biofilm risiedono i microrganismi, che metabolizzano gli inquinanti contenuti nell'aria in ingresso, tramite una reazione di ossidazione biologica, che utilizza l'ossigeno contenuto nell'aria. Il materiale di supporto inoltre fornisce alla biomassa altri elementi nutritivi essenziali.

Condizioni non ottimali o critiche per il biofiltro dell'aeriforme da trattare possono essere "corrette" con appositi accorgimenti gestionali quali il pretrattamento dell'aeriforme effettuato mediante



scrubber (per eliminare polveri e/o composti chimici tossici per i microorganismi); tutti sistemi gestiti in automatico dal software di controllo dell'impianto.

Gli elementi nutritivi, necessari al metabolismo della biomassa forniti direttamente dai composti organici presenti nell'aeriforme trattato, ove necessario ad integrare la dieta dei microorganismi nelle fasi in cui il flusso di aeriforme si interrompe (ore di fermo), sono forniti da un apporto esterno di soluzioni organiche.

La garanzia di un'adeguata aerazione del materiale di supporto in tutto il suo volume, per facilitare la diffusione dell'ossigeno nel biofilm essenziale alla vita dei microorganismi è fornita dall'utilizzo quale materiale di supporto ai batteri, di un materiale misto, ad esempio cippato di legno o altro, in grado di assicurare l'appropriata porosità del mezzo filtrante (Figura 11).



Figura 11. Schema impianto di biofiltrazione con Scrubber a monte.

La distribuzione dell'aria avviene tramite apposite tubazioni direttamente collegate al piano di supporto del biofiltro, e grazie all'utilizzo dei biomoduli si ottiene una distribuzione omogenea e puntuale dell'aria da trattare sull'intera superficie del biofiltro (Figure 12, 13).



Figure 12. - 13. Particolari del sistema di aerazione nel biofiltro.



Gli impianti di biofiltrazione possono essere in esecuzione “aperta” con l’intera superficie a contatto diretto con l’ambiente (protetto, in genere, da apposite tettoie per protezione dagli agenti atmosferici), o in esecuzione con la vasca del biofiltro “chiusa”, con un punto di emissione dell’aeriforme depurato in atmosfera attraverso un camino.

Dal punto di vista costruttivo, un biofiltro “chiuso” è costituito essenzialmente da: corpi filtranti contenenti il materiale di supporto e la popolazione microbica; un sistema di captazione e convogliamento delle emissioni provenienti dalle utenze; un dispositivo per il condizionamento dell’effluente aeriforme ed uno per la rimozione del particolato, entrambi posti a monte dei corpi filtranti; un sistema di convogliamento delle emissioni all’esterno del filtro; un sistema per la gestione del nutrimento e del percolato; un’apparecchiatura di comando e controllo del processo.

Il Biotrickling

Per contenere la dimensione della vasca del biofiltro, consentendone l’impiego dove non sono disponibili adeguate superfici libere, è possibile impiegare impianti di biofiltrazione “compatti”; il *Biotrickling* (Figura 14) è un impianto di biofiltrazione in esecuzione chiusa all’interno di una struttura “portante” in acciaio inox (all’interno della quale sono inseriti tutti i componenti necessari al funzionamento del filtro), che richiede minori spazi in pianta.



Figura 14. Biotrickling.

In relazione alla minore dimensione e volume del letto filtrante, il Biotrickling è una unità dimensionata per trattare portate di aeriforme massime di $6.000 \div 8.000 \text{ Nm}^3/\text{h}$; per portate maggiori è necessario utilizzare più unità filtranti poste in parallelo, con notevole incremento di costi di investimento rispetto ad un normale impianto di biofiltrazione.

Applicabilità

Nel ciclo produttivo di Fonderia, sono molte le fasi che sviluppano composti responsabili della diffusione di odori molesti, in particolare le fasi di colata e di raffreddamento delle forme, che



sviluppano composti organici volatili (fenolo, formaldeide, mercaptani, ed altri prodotti di decomposizione termica dei costituenti di forme ed anime) oltre alle ammine.

In relazione alle caratteristiche delle emissioni odorigene prodotte dalle citate fasi produttive, caratterizzate da relativamente basse concentrazioni di inquinanti veicolati da elevate portate di aeriforme, la biofiltrazione rappresenta una tecnologia potenzialmente in grado di fornire risposte adeguate.

Ad oggi, tuttavia, la biofiltrazione non trova grande diffusione nelle applicazioni di fonderia, rispetto alle altre tecnologie qui descritte.

Vantaggi e svantaggi

Vantaggi	Svantaggi
Alta efficienza di abbattimento degli inquinanti presenti anche a bassa concentrazione, con riduzione degli odori molesti fino al 99%.	Elevato ingombro al suolo
Bassi consumi energetici	Richiesta di costante quantità di inquinante in ingresso
Ridotti costi di esercizio	Necessità di pretrattamenti in caso di aeriformi contenenti inquinanti "tossici" per i batteri
Nessun utilizzo di reagenti chimici (se non previsto scrubber di pretrattamento)	Per <i>Biotrickling</i> : elevati costi di investimento
Per <i>Biotrickling</i> : ridotti spazi in pianta	Per <i>Biotrickling</i> : necessità di più unità per il trattamento di portate superiori a 6.000 – 8.000 m ³ /h
Per <i>Biotrickling</i> : ottimale per trattamento di ridotti volumi di aeriforme	

6.3 Le barriere osmogeniche

La riduzione dell'odore viene realizzata mediante la nebulizzazione di acqua additivata con appositi prodotti neutralizzanti.

Le barriere osmogeniche sono prodotti neutralizzanti non inquinanti che modificano la struttura chimica delle molecole costitutive della sostanza maleodorante.

Descrizione del processo

Il processo di trattamento denominato "barriera osmogenica" agisce utilizzando acqua di diluizione e prodotti specifici. Tali prodotti hanno al loro interno gruppi sufficientemente idrofobici costituiti da catene di idrocarburi piuttosto lunghe che, con le loro proprietà, sono in grado di formare grandi aggregati molecolari di vario tipo, detti micelle in fase aerosol.

Le barriere osmogeniche sono le uniche soluzioni in caso di emissioni diffuse dove non è possibile un convogliamento, ma funzionano molto efficacemente anche in presenza di emissioni convogliate con l'inserimento di barre corredate da ugelli nebulizzatori direttamente all'interno dei camini.

Sono inoltre soluzioni sinergiche alle attività che si basano sui metodi chimico fisici utilizzando torri di lavaggio (Scrubber), torri di adsorbimento, o su quelli biologici che funzionano con biofiltri.

Funzionano infatti efficacemente se inserite a monte o a valle dei presidi ambientali.

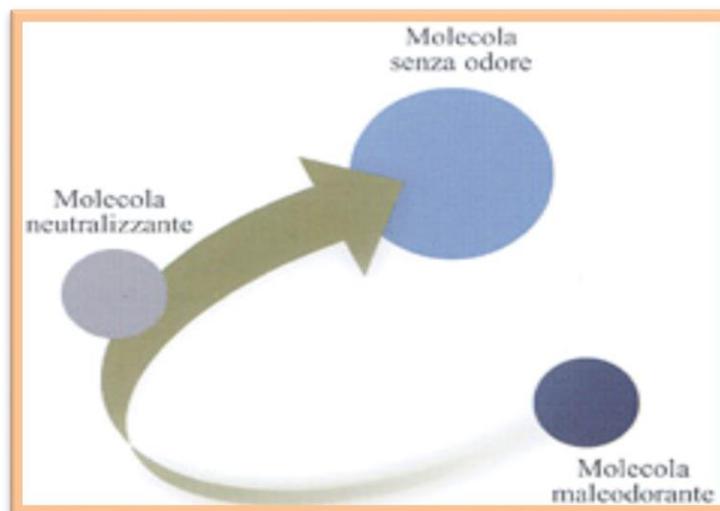


Figura 15. Meccanismo di azione delle barriere osmogeniche.

Per quanto riguarda il meccanismo di azione, come deve essere evidenziato nelle relative schede tecniche e di sicurezza, nel pool di miscela non devono comparire composti tradizionali e ormai, sotto molti aspetti, superati cosiddetti a reattività chimica diretta, ma composti che sfruttano i risultati della chimica supramolecolare per giungere ad una metodologia di deodorizzazione assolutamente innocua sotto il profilo del rischio chimico e biologico e ad impatto ambientale praticamente nullo (Figura 15).

Il meccanismo di eliminazione delle molecole ad effetto osmogenico dall'ambiente, non si basa su una reazione chimica tra la molecola che genera cattivo odore ed il componente attivo, ma su una vera e propria azione di detergenza, molto simile, sotto alcuni aspetti, alla più nota detergenza in fase acquosa. Le molecole osmogeniche, tipicamente presenti nelle emissioni maleodoranti, quali ammoniaca, ammine (tra cui le diammine alifatiche putrescina e cadaverina), idrogeno solforato, mercaptani, disolfuri, acidi grassi saturi e insaturi, aldeidi, ecc., vengono incapsulate all'interno di nanoaggregati di tipo micellare, utilizzando semplicemente forze di tipo idrofobico, o all'esterno di esse, attraverso la formazione di addotti basati su interazioni tra coppie ioniche a bassa energia, (interazioni di tipo Van der Waals e forze di London).

Tali forze intermolecolari, sono molto diffuse in natura e soprattutto nei sistemi biologici. Basti pensare che gran parte delle azioni biologiche delle proteine e la loro conformazione sono basate non su legami chimici veri e propri, ma su questi tipi d'interazione. Analogamente a quanto avviene nella detergenza in fase acquosa, ciò che si verifica in fase gassosa, porta al risultato che le molecole osmogeniche vengono sottratte definitivamente all'ambiente senza ricorrere ad una vera e propria trasformazione chimica, ma semplicemente per bloccaggio all'interno ed ancoraggio all'esterno, di nanostrutture dalle quali non possono più essere liberate. Non dovendo più ricorrere al bloccaggio per reazione chimica, ma alla tecnica della segregazione idrofobica, non s'incorre nel pericolo di un successivo ripristino della molecola maleodorante di origine.

La tecnologia prevede l'utilizzo di un sistema di nebulizzazione, costituito da una pompa ad alta pressione ed una linea di distribuzione ad alta pressione progettati per alimentare una rete di ugelli di idonea portata, in grado di distribuire le proprietà neutralizzanti di specifici prodotti.



Figure 16. -17. Utilizzo di sistemi di nebulizzazione di prodotti osmogenici in fonderia.

La strategia di intervento deve tener conto di diversi aspetti, quali la micronizzazione/vaporizzazione/evaporazione, la diffusione strategica, i tempi di attività e la temporizzazione. Queste caratteristiche possono variare in funzione alla sorgente, sia essa diffusa o convogliata.

Applicabilità

La tecnologia della barriera osmogenica può essere utilizzata sia per il trattamento delle emissioni *diffuse* che *convogliate*:

- nelle vie di uscita verso l'esterno (cupolini, finestrate e portoni);
- internamente a ridosso di alcune lavorazioni;
- nelle emissioni convogliate;
- nelle aree di stoccaggio materie prime.

Di seguito riportiamo alcuni esempi di applicabilità nel campo della fonderia di metalli ferrosi e non ferrosi:

- Fonderia ghisa: trattamento emissioni prodotte dalla fusione di ghisa al cubilotto.
- Fonderia ghisa: trattamento emissioni prodotte da fasi di distaffatura.
- Fonderie di ghisa: trattamento emissioni diffuse area colata forme
- Fonderia ottone.
- Fonderia alluminio.
- Fonderia rame.

La tecnologia di abbattimento delle emissioni diffuse mediante sistemi di nebulizzazione di acqua o di emulsioni con/senza additivi, viene indicata come BAT nei documenti sulle migliori tecniche disponibili (BAT Conclusion) nei Settori della metallurgia primaria ferrosa e non ferrosa.



Vantaggi e svantaggi

Vantaggi	Svantaggi
Elevata versatilità di applicazione e di possibilità di modifica per adattare a nuove esigenze di ampliamento	Non ha azione di abbattimento chimico ma solo olfattometrico.
Bassi costi di investimento (7.000 ÷ 15.000 euro)	Diminuzione dell'efficienza di abbattimento con temperatura dell'aria > 130 °C.
Bassi costi di gestione e manutenzione	Costi di gestione dei reagenti (diluiti al 0,2 – 0,5% in acqua)
Semplicità impiantistica	Significativi consumi di acqua
La tecnologia risulta molto efficace (Prove eseguite secondo UNI EN 13725 risultati in efficienza di abbattimento superiore al 50/60%).	
I prodotti utilizzati non si deteriorano velocemente in quanto non ossidabili all'aria, non sono fotoreattivi e non hanno problemi di umidità.	
I prodotti non contengono aldeidi, acidi organici, ammine e betaine, molecole che presentano problemi di ordine igienico sanitario e d'impatto ambientale e di eco-tossicità	
Non vengono utilizzate sostanze che, reagendo chimicamente, producono prodotti secondari spesso più pericolosi delle sostanze maleodoranti da cui provengono.	

7. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il problema della riduzione dei composti a bassa soglia olfattiva non è assolutamente banale.

La scelta di una soluzione tecnologica idonea per le specifiche applicazioni nelle varie fasi del processo produttivo di Fonderia richiede a monte, valutazioni sulle caratteristiche degli aeriformi da trattare, sia dal punto di vista qualitativo e quantitativo degli inquinanti, ma anche in relazione alla portata delle emissioni gassose da trattare.

Come già anticipato, l'esigenza di garantire ambienti di lavoro sede dei processi industriali, il più possibile esenti da inquinanti pregiudizievoli per la sicurezza e la salute dei lavoratori, in linea con le severe normative dettate dal D. Lgs 81/2008, in particolare dal Titolo IX in tema di protezione dei lavoratori dai rischi di esposizione a sostanze pericolose (agenti chimici, cancerogeni e mutageni), ha portato alla installazione sui sistemi di confinamento delle emissioni inquinanti, di sistemi di ventilazione/aspirazione di elevate portate, che sono direttamente correlati alla portata volumetrica delle emissioni in atmosfera dello stabilimento.

Le fasi del processo di fonderia che originano composti odorigeni, immettono nell'ambiente esterno elevati volumi di aeriforme che, spesso, presenta relativamente basse concentrazioni di inquinanti organici (o di composti odorigeni). Questo aspetto è molto importante ai fini della valutazione e scelta dalla tecnologia più idonea per il contenimento delle emissioni odorigene.

Non è da escludere la possibilità che la ricerca della soluzione più idonea per la bonifica degli ambienti di lavoro dagli inquinanti aerodispersi, possa tradursi nella realizzazione di sistemi di ventilazione forzata basata sulla condizione di equilibrio più conveniente tra la movimentazione di elevati volumi



d'aria per assicurare l'aspirazione degli inquinanti prodotti dal processo (necessaria per il mantenimento dei requisiti ambientali interni adeguati) e il trasporto delle quantità di composti organici con flussi gassosi di elevata portata per il conseguente trattamento prima dell'emissione in atmosfera.

Tali soluzioni possono portare alla riprogettazione dell'intero sistema di aspirazione localizzata mediante cappe, box aspirati e strutture specifiche, allo scopo di produrre flussi convogliati maggiormente concentrati per consentire di "semplificare" il conseguente trattamento prima dell'emissione in atmosfera. La scelta dell'idoneo sistema di ventilazione/aspirazione deve essere operata caso per caso in funzione delle specifiche caratteristiche dei singoli impianti produttivi, e peculiarità tecnologiche, del layout dei reparti che determinano la funzionalità della tecnica di bonifica dell'ambiente di lavoro.

Alcune soluzioni impiantistiche prevedono sistemi di ventilazione forzata che consentono il confinamento delle fonti di inquinamento senza l'ausilio di cappe, barriere o particolari strutture di separazione d'area; altre soluzioni prevedono la realizzazione di strutture specifiche per il confinamento delle sorgenti di inquinamento e cappe fisse e/o mobili alle quali allacciare l'aspirazione per il convogliamento delle sostanze nocive aerodisperse.

La tecnologia di trattamento dell'aria inquinata prima dell'emissione in atmosfera, deve essere valutata tenendo presente le esigenze di "qualità" dell'aria richiesta dalla recente normativa in tema di emissioni odorigene, che presuppone il controllo di tutte le emissioni gassose caratterizzate dalla presenza di composti organici (ed inorganici) che, nella generalità delle attuali situazioni, possono essere trasportati da flussi gassosi di portata volumetrica più o meno elevata e che, comunque, necessitano di trattamenti di depurazione prima della loro emissione in atmosfera.

Al di là della conformità legislativa, il problema del contenimento delle emissioni che possono creare molestie olfattive, deve essere affrontato e risolto in una ottica di sostenibilità delle attività di fonderia.

La "responsabilità sociale" di una impresa richiede sempre più attenzione alle tematiche ambientali, rispondendo alla domanda di **qualità di vita** proveniente dal territorio in cui opera; responsabilità che rende imprescindibile l'affrontare il tema dell'odore legato alle proprie attività produttive, mettendo in campo le conoscenze e le tecnologie oggi disponibili.



8. BIBLIOGRAFIA

- Eusebio, L., Capelli, L., Sironi, S. 2016. Electronic nose testing procedure for the definition of minimum performance requirements for environmental odor monitoring *Sensors (Switzerland)*, 16 (9), art. no. 1548
- Capelli, L., Sironi, S., Del Rosso, R. 2014 Electronic noses for environmental monitoring applications *Sensors (Switzerland)*, 14 (11), pp. 19979-20007.
- Capelli, L., Dentoni, L., Sironi, S., Del Rosso, R. 2014 The need for electronic noses for environmental odour exposure assessment *Water Science and Technology*, 69 (1), pp. 135-141.
- Dentoni, L., Capelli, L., Sironi, S., Guillot, J.-M., Rossi, A.N., 2013 Comparison of different approaches for odour impact assessment: Dispersion modelling (CALPUFF) vs field inspection (CEN/TC 264) *Water Science and Technology*, 68 (8), pp. 1731-1738.
- Capelli L., Sironi S., Del Rosso R., Guillot J.-M., 2013. Measuring odours in the environment vs. dispersion modeling: A review. *Atmospheric Environment* 79, 731-743.
- Sironi S., Capelli L., Dentoni L., Del Rosso R., 2013. Odour Regulation and Policies, pp. 175-186. In: *Odour Impact Assessment Handbook*. V. Belgiorno, V. Naddeo, T. Zarra (Eds.), Wiley, Chichester, UK (ISBN: 978-1-119-96928-0).
- Capelli L., Sironi S., Del Rosso R., 2013. Odor Sampling: Techniques and Strategies for the Estimation of Odor Emission Rates from Different Source Types. *Sensors* 13, 938-955.
- S. Sironi, L. Capelli, P. Céntola, R. Del Rosso, and M. Il Grande, "Continuous monitoring of odours from a composting plant using electronic noses," *Waste Management*, vol. 27, no. 3, pp. 389-397, 2007/01/01/ 2007.
- M. Falasconi, M. Pardo, G. Sberveglieri, I. Riccò, and A. Bresciani, "The novel EOS835 electronic nose and data analysis for evaluating coffee ripening," *Sensors & Actuators: B. Chemical*, vol. 110, no. 1, pp. 73-80, 2005.
- N. Yamazoe, G. Sakai, and K. Shimano, "Oxide Semiconductor Gas Sensors," *Catalysis Surveys from Asia*, journal article vol. 7, no. 1, pp. 63-75, April 01 2003.
- T. C. Pearce, "Computational parallels between the biological olfactory pathway and its analogue 'the electronic nose': Part II. Sensor-based machine olfaction," (in eng), *Biosystems*, vol. 41, no. 2, pp. 69-90, 1997.
- L. Capelli, S. Sironi, P. Céntola, R. Del Rosso, and M. Il Grande, "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*, vol. 131, no. 1, pp. 53-62, 2008/04/14/ 2008.
- M. Campolo, s. Rivilli, A. Soldati "ANALISI COSTO-EFFICIENZA DI IMPIANTI PER L'ABBATTIMENTO DI COV (COMPOSTI ORGANICI VOLATILI)" - *IA Ingegneria Ambientale* vol. XXXIII n. 5 maggio 2004



- Corelli G.- "La riduzione delle emissioni di sostanze a bassa soglia olfattiva nella esperienza delle Fonderie" - Atti convegno "Odori molesti: normativa, metodiche di determinazione e sistemi di abbattimento" - Torino 6.12.2000
- Culos B., Rivilli S., Snidar R., Capelli L., Sironi S., Trovarelli A., 2009. Valutazione dell'efficienza di un impianto per la neutralizzazione di odori in una discarica mediante applicazione di nasi elettronici. In: Proceedings of Sardinia 2009, R. Cossu, L.F. Diaz, R. Stegmann (Eds.), Twelfth International Waste Management and Landfill Symposium, 5-9 October 2009, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy, CISA Publisher (ISBN: 978-88-6265-007-6).
- Culos B., Rivilli S., Snidar R., Capelli L., Sironi S., 2008. Valutazione dell'efficienza di abbattimento di un impianto per la neutralizzazione degli odori mediante nasi elettronici: caso studio in una discarica, pp. 421-426. In: Europa del recupero: le ricerche, le tecnologie, gli strumenti e i casi studio per una cultura della responsabilità ambientale, Vol. 2., L. Morselli (Ed.), Maggioli Editore, Rimini, Italy. Atti dei seminari di Ecomondo 2008, 5-8 novembre 2008, Rimini, Italy (ISBN 978-88-387-4859-4).
- Capelli L., Sironi S., Snidar R., Rivilli S., Castellan A., Culos B., Trovarelli A., Soldati A., 2008. Identification of odour provenance in presence of multiple sources, pp.45-56. In: Chemical Engineering Transactions, Vol. 15, R. Del Rosso (Ed.), AIDIC Servizi S.r.l., Milano, Italy (ISBN: 978-88-95608-09-9).
- Sironi S., Centola P., Del Rosso R., Capelli L., Giorgi M., Snidar R., 2004. Valuation of the use of a biological product for the odour minimization in the rubbish skips. In: Proceedings ISWA World Congress 2004, 17-21 October, Rome, Italy.
- Sironi S., Il Grande M., Del Rosso R., Centola P., Snidar R., 2002. Riduzione della concentrazione di odore all'emissione mediante l'utilizzo di barriere osmogeniche, pp. 236-244. In: Ricicla 2002, Atti dei seminari, L. Morselli (Ed.), Eds. Maggioli SpA, Rimini, Italy.
- EN13725:2003: "Air quality - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry"
- UNI EN 13725:2004 "Qualità dell'aria-Determinazione della concentrazione di odore mediante olfattometria dinamica". Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Milano, Italia.
- UNI 10996-1:2002 Impianti di abbattimento dei composti organici volatili (COV) – Criteri e requisiti per l'ordinazione, la fornitura, il collaudo e la manutenzione – impianti di adsorbimento su carbone attivo.
- UNI 11716:2019 - Emissioni e qualità dell'aria - Determinazione degli odori tramite IOMS (Instrumental Odour Monitoring Systems)
- Reference Documenti on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector", 2003.
- IPPC H4 – Draft Horizontal Guidance for Odour part 2 – Assessment and control.
- How to comply with your environmental permit - Environment Agency UK - 2011



Delibera Giunta regionale 30 maggio 2012 - n. IX/3552 Caratteristiche tecniche minime degli impianti di abbattimento per la riduzione dell'inquinamento atmosferico derivante dagli impianti produttivi e di pubblica utilità, soggetti alle procedure autorizzative di cui al d.lgs. 152/06 e s.m.i. - Modifica e aggiornamento della d.g.r. 1 agosto 2003 – n. 7/13943. Regione Lombardia.

D. Lgs. 3 aprile 2006 n. 152, ss. mm. ii., recante "Norme in materia ambientale".

Deliberazione Giunta Regionale n. 243 del 08/05/2015 - Emissioni in atmosfera. Revisione e aggiornamento parziale delle disposizioni di cui alla D.G.R. 5 agosto 1992, n. 4102. Regione Campania

Deliberazione Giunta regionale 15 febbraio 2012 - n. IX/3018. Determinazioni generali in merito alla caratterizzazione delle emissioni gassose in atmosfera derivanti da attività a forte impatto odorigeno. Regione Lombardia.

Deliberazione di Giunta provinciale n. 1087 del 24/06/2016 – *Linee guida per la caratterizzazione, l'analisi e la definizione dei criteri tecnici e gestionali per la mitigazione delle emissioni delle attività a impatto odorigeno*. Provincia autonoma di Trento.

Deliberazione della Giunta Regionale 9 gennaio 2017, n. 13-4554. Linee guida per la caratterizzazione e il contenimento delle emissioni in atmosfera provenienti dalle attività ad impatto odorigeno. Regione Piemonte.

Decisione di esecuzione (UE) 2016/1032 della Commissione del 13 giugno 2016 che definisce le conclusioni sulle migliori tecniche disponibili (BAT) a norma della direttiva 2010/75/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, per le industrie di metalli non ferrosi - G.U dell'Unione Europea L 174/32 del 30.06.2016.

- - - -

<http://www.simbiosiindustriale.it/Simbiosi-Industriale/bref/impianti-di-forgiatura-e-fonderie>

https://appscercascientifica.inail.it/Profili_di_rischio/_Fonderie2/index.pdf

http://public.assofond.it/09%20Progetti/Area%20Tecnica/Assofond_Doc.%20Guida%20Valutazione%20Rischio%20e%20Sorveglianza%20Sanitaria_Ed%2009%202017.pdf

ALLEGATO

Il presente allegato riporta le Schede con le caratteristiche tecniche minime degli impianti di abbattimento per la riduzione dell'inquinamento atmosferico, considerate BAT (Best Available Techniques), allegata alla legislazione della regione Lombardia (DGR 30 maggio 2012 - n. IX/3552). Altre regioni hanno pubblicato analoghi provvedimenti che definiscono le caratteristiche tecniche minime (BAT) degli impianti di depurazione delle emissioni in atmosfera.

BIOFILTRI

SCHEDA BF.01 - IMPIANTO A BIOFILTRAZIONE	
Tipo di abbattitore	BIOFILTRO A TECNOLOGIA TRADIZIONALE
Impiego	Abbattimento odori, COV e CIV
Provenienza degli inquinanti	Industria chimica, petrolchimica e farmaceutica, industria del legno e della carta, processi di stampa, produzioni vernici, applicazione vernici su metallo, legno, ecc., industria delle materie plastiche, produzione estrusione, formatura, industrie di rendering, impianti trattamento acque, industrie agro-alimentari e casearie, ittiche, macelli e trattamento carni, allevamenti, concerie, trattamento di rifiuti urbani e operazioni e/o fasi che possano generare emissioni COV e CIV odorigeni e non.
INDICAZIONI IMPIANTISTICHE	
1. Temperatura	Tra 10 e 45 °C.
2. Tipo di BIOFILTRO	Vasca costruita con materiale strutturalmente idoneo e riempita con supporto di materiale inorganico/organico solido poroso adatto alla crescita di microrganismi. Vasca aperta o chiusa con flusso dell'aria dal basso verso l'alto*.
3. Compartimentazione	Almeno tre moduli funzionalmente separati, per volumi < di 30 mc non necessita la soluzione modulare. Suddivisione area sottostante al letto filtrante in zone da 20-25 m ² cadauna, onde garantire un corretto attraversamento dell'aria nel materiale filtrante, evitando la formazione di vie preferenziali.
4. Perdite di carico	Biofiltro nuovo: tra 30 e 50 mmH ₂ O Biofiltro usato: tra 150 e 200 mmH ₂ O
5. Altezza del letto misurata nel senso di direzione del flusso	≥1m e ≤2m
6. Carico specifico (Portata specifica per mc di riempimento)	≤ 100 m ³ /h di aria per m ³ di riempimento.
7. Umidità del letto	55 ÷ 85%
8. pH del letto	6,5 ÷ 7,5
9. Portata specifica per m3	Max. 100 m ³ /h per mc di materiale filtrante
10. Tipo di copertura	Consigliata contro le precipitazioni atmosferiche
11. Concentrazione massima in ingresso	H ₂ S: da 20 a 50 mg/m ³ NH ₃ : da 10 a 20 mg/m ³
12. Sistemi di controlli	Sonde per il controllo della temperatura e dell'umidità posizionate in modo opportuno all'interno del materiale filtrante ed apparecchio per il controllo del ΔP per il controllo del grado di intasamento del materiale di riempimento. N.B. Sconsigliato di uso di Ipoclorito a monte del biofiltro
13. Manutenzione	Controllo periodico (settimanale/mensile) del pH del percolato del biofiltro Verifica intasamento letto filtrante.
14. Informazioni aggiuntive	- Particolare attenzione alla qualità e quantità delle acque di percolazione (tenore di COD) nel caso di conferimento in pubblica fognatura - Attenzione a fenomeni di iper acidità del letto filtrante, dovuta ad eccesso di carico di composti potenzialmente acidificanti in ingresso - Attenzione ai sistemi di umidificazione impiegati che devono garantire la distribuzione dell'acqua sull'intero volume.

ABBATTITORI A CARBONI ATTIVI

SCHEDA AC.RI.01- ABBATTITORE A CARBONI ATTIVI	
Tipo di abbattitore	ADSORBITORE A CARBONI ATTIVI CON RIGENERAZIONE INTERNA
Impiego	Abbattimento COV
Provenienza degli inquinanti	<ul style="list-style-type: none"> ▪ operazioni di lavaggio a secco con COV (composti organici volatili) o COC (composti organici clorurati) ▪ operazioni di stampa, verniciatura, impregnazione, spalmatura, resinatura, adesivizzazione, accoppiatura, tampografia e litografia di substrati di vario tipo con prodotti a solvente ▪ operazioni di produzione vernici, collanti, adesivi, pitture e/o prodotti affini con solventi ▪ operazioni con emissioni di COV non espressamente riportate
INDICAZIONI IMPIANTISTICHE	
1. Temperatura	In funzione del processo, preferibilmente non superiore a 60°C e comunque tale da poter garantire pienamente la capacità operativa prevista al punto 9
2. Superficie specifica	Range suggerito: ≥ 1050 e ≤ 1150 m ² /g per concentrazioni in ingresso di COV compreso tra 1 e 4 g/m ³ > 1150 e ≤ 1350 m ² /g per concentrazioni in ingresso di COV > 4 g/m ³
3. Altezza del letto	$\geq 0,5$ m
4. Tipo di fluido rigenerante	Vapore o gas inerte in pressione o sotto vuoto.
5. Velocità di attraversamento	$\leq 0,4$ m/s per carboni da 4 mm di diametro; $\leq 0,3$ m/s per carboni da 3 mm di diametro;
6. Tempo di contatto	$\geq 1,5$ s
7. Umidità relativa	Preferibilmente inferiore al 60% e comunque tale da poter garantire pienamente la capacità operativa prevista al punto 9
8. Sistemi di controllo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contatore di funzionamento non azzerabile utilizzato a fini manutentivi ▪ per emissioni con flussi di massa (a valle dei sistemi di abbattimento) superiori a 10 kg/h: analizzatore per la misura e la registrazione in continuo del COT di tipo FID (conforme alla EN 12619 o alla EN 13526), o di altro tipo (nel caso di flussi monosolvente clorurati) purché conforme a quanto previsto al punto 3.2 dell'allegato VI alla Parte V del DLgs 152/2006; ▪ Deve essere registrata la periodicità della rigenerazione dei C.A., che è funzione della capacità operativa del carbone indicata al punto 9.
9. Capacità operativa carbone	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 5-15% nel caso di COV bassobollenti o miscele di COV ▪ 10-20% nel caso di COV altobollenti
10. Manutenzione	Controllo dei sistemi e della frequenza di rigenerazione del carbone, almeno secondo quanto indicato obbligatoriamente dal costruttore.
11. Informazioni aggiuntive	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Installazione a monte di un sistema di prefiltrazione per polveri e spray, le cui caratteristiche non sono obbligatoriamente riconducibili ad alcuno dei sistemi di abbattimento trattati nelle altre schede. ▪ Qualora necessario, è utile operare la deumidificazione dell'aria in ingresso ed il suo successivo riscaldamento al fine di ottenere valori di U.R. inferiori a quanto suggerito al punto 7 ▪ Il carbone deve essere scelto in funzione delle sostanze inquinanti da trattare (in particolar modo dovrà essere posta attenzione in caso di sostanze quali MEK, acetato di etile, trielina, tetraidrofurano).

SCHEDA AC.RE.01 - ABBATTITORE A CARBONI ATTIVI CON RIGENERAZIONE ESTERNA	
Tipo di abbattitore	ADSORBITORE A CARBONI ATTIVI CON RIGENERAZIONE ESTERNA
Impiego	Abbattimento COV e vapori di mercurio
Provenienza degli inquinanti	<ul style="list-style-type: none"> ▪ operazioni di lavaggio a secco con COV (composti organici volatili) o COC (composti organici clorurati) e/o idrofluoroclorocarburi ▪ operazioni di stampa, verniciatura, impregnazione, spalmatura, resinatura, adesivizzazione, accoppiatura, tampografia e litografia di substrati di vario tipo con prodotti a solvente ▪ operazioni di produzione vernici, collanti, adesivi, pitture e/o prodotti affini con solventi ▪ operazioni di manufatti in vetroresina, accessori in resina poliestere e in altre resine polimeriche ▪ operazioni con emissioni di COV non espressamente indicate
INDICAZIONI IMPIANTISTICHE	
1. Temperatura	In funzione del processo, preferibilmente non superiore a 60°C e comunque tale da poter garantire pienamente la capacità operativa prevista al punto 9
2. Superficie specifica	<p>Regola generale:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Per basse concentrazioni carboni a bassa attività: ≥ 800 m²/g per concentrazioni in ingresso di COV ≤ 600 mg/ m³ ▪ Per medie concentrazioni carboni a media attività: ≥ 1000 m²/g per concentrazioni in ingresso di COV comprese tra 600 e 3000 mg/m³ <p>N.B. Dato l'ampio utilizzo dell'indice di CTC o dell'indice di Benzene si precisa che:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 800 m²/g \equiv 25-27 Ind. Benzene/ 50-55 Ind. CTC (Tetra Cloruro di Carbonio) ▪ 1000 m²/g \equiv 30-35 Ind. Benzene/ 65-70 Ind. CTC
3. Altezza del letto	$> 0,4$ m
4. Tipo di fluido rigenerante	Non previsto
5. Velocità di attraversamento	$\leq 0,4$ m/s per carboni da 4 mm di diametro; $\leq 0,3$ m/s per carboni da 3 mm di diametro;
6. Tempo di contatto	≥ 1 s
7. Umidità relativa	Preferibilmente inferiore al 60% e comunque tale da poter garantire pienamente la capacità operativa prevista al punto 9
8. Sistemi di controllo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contatore di funzionamento non azzerabile utilizzato a fini manutentivi ▪ per emissioni con flussi di massa (a valle dei sistemi di abbattimento) superiori a 10 kg/h: analizzatore per la misura e la registrazione in continuo del COT di tipo FID (conforme alla EN 12619 o alla EN 13526), o di altro tipo (nel caso di flussi monosolvente clorurati) purché conforme a quanto previsto al punto 3.2 dell'allegato VI alla Parte V del DLgs 152/2006; ▪ Deve essere registrata la periodicità della rigenerazione dei C.A., che è funzione della capacità operativa del carbone indicata al punto 9.
9. Capacità operativa carbone	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 5-15% nel caso di COV bassobollenti o miscele di COV ▪ 10-20% nel caso di COV altobollenti
10. Manutenzione	Controllo dei sistemi e della frequenza di riattivazione del carbone almeno secondo quanto indicato obbligatoriamente dal costruttore.
11. Informazioni aggiuntive	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Installazione, a monte, di un sistema di abbattimento polveri e spray, le cui caratteristiche non sono obbligatoriamente riconducibili ad alcuno dei sistemi di abbattimento trattati nelle altre schede. ▪ Qualora necessario, è utile operare la deumidificazione dell'aria in ingresso ed il suo successivo riscaldamento al fine di ottenere valori di U.R. inferiori a quanto suggerito al punto 7 ▪ Il carbone dev essere scelto in funzione delle sostanze inquinanti da trattare (in particolar modo dovrà essere posta attenzione in caso di sostanze quali MEK, acetato di etile, trielina, tetraidrofurano). ▪ Il trasporto e lo smaltimento dei carboni esausti dovrà avvenire nel rispetto della normativa vigente

COMBUSTORI

SCHEDA PC.T.01 - COMBUSTIONE TERMICA	
Tipo di abbattitore	COMBUSTORE TERMICO RECUPERATIVO
Impiego	Abbattimento di COV (composti organici volatili) combustibili.
Provenienza degli inquinanti	Qualsiasi operazione o fase con impiego di Composti Organici Volatili
INDICAZIONI IMPIANTISTICHE	
1. Velocità di ingresso in camera di combustione	Variabile in funzione della geometria del combustore, fra 6 e 15 m/s
2. Tempo di permanenza in camera di combustione	In presenza di COV alogenati: $t > 1$ s In assenza di COV alogenati: $t > 0,6$ s
3. Temperatura minima di esercizio	$> 950^{\circ}\text{C}$ in presenza di COV alogenati $> 750^{\circ}\text{C}$ in assenza di COV alogenati
4. Perdita di carico	$1 \div 5$ kPa
5. Calore recuperato totale	$> 60\%$ nel caso non si raggiunga l'autosostentamento
6. Soglia di auto sostentamento	> 6 g/Nm ³ riferito ad una miscela con pci > 7000 Kcal/kg
7. Combustibile di supporto	Possibilmente gassoso
8. Tipo di bruciatore	Modulante
9. Coefficiente globale di scambio termico	///
10. Sistemi di controllo e regolazione	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contatore di funzionamento non azzerabile utilizzato a fini manutentivi ▪ Per miscele di COV con flusso di massa ≥ 10 kg/h, analizzatore in continuo tipo FID (conforme alla EN 12619 o alla EN 13526); ▪ misuratore LEL a monte del combustore, qualora necessario in base alla classificazione ATEX ▪ misuratore e registratore in continuo della temperatura posto alla fine della camera di combustione ▪ regolatore del flusso dell'inquinante e del rapporto aria - combustibile ▪ misuratore delle temperatura al camino ed allo scambiatore. ▪ controllo dell'apertura e chiusura by-pass.
11. Manutenzione	Controllo e pulizia dello scambiatore di calore, controllo e regolazione del materiale isolante, taratura della strumentazione di controllo e regolazione, nonché del FID.
12. Informazioni aggiuntive	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ciascun by-pass eventualmente presente dovrà essere corredato da strumenti che ne segnalino, registrino ed archivino l'anomalo funzionamento. ▪ L'isolamento interno dovrà essere tale da resistente a temperature di almeno 1000°C

SCHEDA PC.T.02 - COMBUSTIONE TERMICA	
Tipo di abbattitore	COMBUSTORE TERMICO RIGENERATIVO
Impiego	Abbattimento di COV (composti organici volatili) combustibili
Provenienza degli inquinanti	Qualsiasi operazione o fase con impiego di Composti Organici Volatili
INDICAZIONI IMPIANTISTICHE	
1. Velocità ingresso in camera di combustione	Variabile in funzione della geometria del combustore tra 0,3 e 1 m/s
2. Tempo di permanenza in camera di combustione	In presenza di COV alogenati: $t > 1$ s In assenza di COV alogenati: $t > 0,6$ s
3. Temperatura minima di esercizio	$> 950^{\circ}\text{C}$ in presenza di COV alogenati $> 750^{\circ}\text{C}$ in assenza di COV alogenati
4. Perdita di carico	$1 \div 5$ kPa
5. Calore recuperato totale	$> 90\%$ nel caso non si raggiunga l'autosostentamento
6. Soglia di autosostentamento	> 2 g/Nm ³ riferito ad una miscela con pci > 7000 Kcal/kg
7. Combustibile di supporto	Possibilmente gassoso
8. Tipo di bruciatore	Modulante in quantità minima di n°1 bruciatore ogni 3 torri
9. Tipo di scambiatore	Massa ceramica
10. Volume di ceramica	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Di tipo ordinato: $0,2 \div 0,4$ m³ per 1000 m³ di effluente per camera ▪ Di tipo alla rinfusa: $0,5 \div 1$ m³ per 1.000 m³ di effluente per camera
11. Altezza massa ceramica per ogni camera	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Almeno 1 m per letto di tipo ordinato ▪ Almeno 1,5 m per tipo alla rinfusa
12. Velocità di attraversamento dell'effluente gassoso nelle masse ceramiche riferita alla portata normalizzata	<ul style="list-style-type: none"> ▪ $1 \div 2$ Nm/s per riempimento ordinato ▪ $0,5 \div 1$ Nm/s per riempimento alla rinfusa
13. Sistemi di controllo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contatore di funzionamento non azzerabile utilizzato a fini manutentivi a) per emissioni con flussi di massa (a valle dei sistemi di abbattimento) superiori a 10 kg/h: analizzatore per la misura e la registrazione in continuo del COT di tipo FID (conforme alla EN 12619 o alla EN 13526), o di altro tipo (nel caso di flussi monosolvente clorurati) purchè conforme a quanto previsto al punto 3.2 dell'allegato VI alla Parte V del DLgs 152/2006; b) misuratori e registratori in continuo della temperatura posti nella camera di combustione per rilevamento temperatura media in camera c) misuratore della temperatura al camino d) controllo dell'apertura e chiusura by-pass
14. Manutenzione	Controllo della tenuta delle valvole di inversione, del livello della massa ceramica, regolazione della strumentazione dell'impianto e del bruciatore e taratura del FID
15. Informazioni aggiuntive	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ciascun by-pass eventualmente presente dovrà essere corredato da strumenti che ne segnalino, registrino ed archivino l'anomalo funzionamento. ▪ L'isolamento interno dovrà essere tale da resistente a temperature di almeno 1000°C

SCHEDA PC.C.01 - COMBUSTIONE CATALITICA	
Tipo di abbattitore	COMBUSTORE CATALITICO
Impiego	Abbattimento di COV (composti organici volatili) combustibili.
Provenienza degli inquinanti	Qualsiasi operazione o fase con impiego di Composti Organici Volatili purché privi di veleni per il catalizzatore.
INDICAZIONI IMPIANTISTICHE	
1. Velocità spaziale	Metalli preziosi a nido d'ape: 20000 ÷ 40000 h ⁻¹ Metalli preziosi su supporto sfuso: 8000 ÷ 15000 h ⁻¹ Ossidi metallici: 5000 ÷ 15000 h ⁻¹
2. Tempo di permanenza	-
3. Temperatura di ingresso sul letto catalitico	250÷600°C
4. Perdita di carico	< 5 kPa
5. Calore recuperato totale	> 50% nel caso non si raggiunga l'autosostentamento
6. Soglia di autosostentamento	> 3 g/Nm ³ riferito ad una miscela con pci > 7000 Kcal/kg
7. Combustibile di supporto	Possibilmente gassoso
8. Tipo di riscaldamento	A mezzo di bruciatore modulante, resistenze elettriche oppure riscaldamento indiretto (scambiatore)
9. Coefficiente globale di scambio termico	-
10. Volume di catalizzatore	-
11. Velocità di attraversamento dell'effluente gassoso	2 ÷ 10 m/s
12. Sistemi di controllo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contatore di funzionamento non azerabile utilizzato a fini manutentivi a) per emissioni con flussi di massa (a valle dei sistemi di abbattimento) superiori a 10 kg/h: analizzatore per la misura e la registrazione in continuo del COT di tipo FID (conforme alla EN 12619 o alla EN 13526), o di altro tipo (nel caso di flussi monosolvente clorurati) purché conforme a quanto previsto al punto 3.2 dell'allegato VI alla Parte V del DLgs 152/2006; b) misuratore e registratore in continuo della temperatura posto a monte del letto catalitico c) misuratore e registratore in continuo della temperatura a valle del letto catalitico d) misuratore della temperatura al camino ed allo scambiatore
14. Manutenzione	Regolazione della strumentazione dell'impianto, verifica _T catalizzatore, pulizia dello scambiatore e taratura del FID
15. Informazioni aggiuntive	<ul style="list-style-type: none"> ▪ L'effluente gassoso non deve contenere veleni per il catalizzatore. ▪ Ciascun by-pass eventualmente presente dovrà essere corredato da strumenti che ne segnalino, registrino ed archivino l'anomalo funzionamento. ▪ Isolamento esterno per temperature fino a 1000°C.

ABBATTITORI AD UMIDO

SCHEDA AU.SV.01 - ABBATTITORE AD UMIDO	
Tipo di abbattitore	SCRUBBER VENTURI O JET VENTURI
Impiego	Abbattimento polveri e nebbie > 1 micron, CIV e COV solubili nel fluido abbattente
Provenienza degli inquinanti	Da fasi o operazioni generiche per le quali è difficoltoso l'impiego di altri sistemi di abbattimento.
INDICAZIONI IMPIANTISTICHE	
1. Temperatura nella gola venturi	In funzione del processo
2. Velocità di attraversamento effluente gassoso nella gola	≥ 30 m/s
3. Perdite di carico nella gola venturi	≥ 1 kPa
4. Tipo di fluido abbattente	Acqua o soluzione specifica
5. Portata del fluido abbattente	> 1 m ³ /1000 m ³ di effluente
6. Tipo di nebulizzazione per la parte statica dello scrubber	Ugelli
7. Sistemi di controllo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contatore di funzionamento non azerabile utilizzato a fini manutentivi ▪ Indicatore di pressione, pressostato differenziale; eventualmente controllo PH e redox, in funzione delle sostanze da trattare
8. Componenti obbligatorie	Separatore di gocce Controllo di livello della soluzione di abbattimento
9. Manutenzione	<p>Deve essere data evidenza di:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ controllo degli organi in movimento, ▪ controllo e taratura degli strumenti installati, ▪ controllo delle perdite di carico, delle valvole di dosaggio di eventuali reagenti; ▪ scarico del fluido abbattente e allontanamento delle morchie; ▪ pulizia della gola con soluzioni detergenti, se necessario ▪ sostituzione della soluzione e/o sua rigenerazione
10. Informazioni aggiuntive	Evidenza del numero di sostituzioni/smaltimenti dell'eluato

SCHEMA AU.ST.02 - ABBATTITORE AD UMIDO SCRUBBER A TORRE	
Tipo di abbattitore	SCRUBBER A TORRE
Impiego	Abbattimento COV solubili nel fluido abbattente, CIV, polveri e nebbie solubili e/o bagnabili
Provenienza degli inquinanti	<ul style="list-style-type: none"> ▪ operazioni su materiale plastico flessibile e/o semirigido ▪ operazioni di spalmatura di poliuretani od altri prodotti in DMF ▪ operazioni di trattamento superficiale di natura chimica, elettrochimica e galvanica ▪ operazioni di finissaggio tessile come termofissaggio, gasatura, bruciapeltatura, candeggio, stampa su tessuti ▪ operazioni di espansione di materiali plastici ▪ operazioni di miscelazione, dissoluzione, reazioni di liquidi e liquidi/solidi eseguite nell'industria chimica, farmaceutica, vernici, collanti (impianto posto in linea con altri) ▪ operazioni generiche dove sono generate COV solubili e CIV in forma di gas e/o vapori solubili nel fluido abbattente ▪ lavorazioni di sintesi farmaceutica e chimiche con emissioni acido/base o COV solubili
INDICAZIONI IMPIANTISTICHE	
1. Temperatura del fluido	-
2. Velocità di attraversamento effluente gassoso	▪
3. Tempo di contatto	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 1 s per reazione acido/base ▪ > 2 s per reazioni di ossidazione o per trasporto di materia solubile nel fluido abbattente
4. Perdite di carico	
5. Portata minima del liquido di ricircolo	>1 mc di liquido x 1000 m ³ di effluente gassoso per riempimento non strutturato > 0.5 mc di liquido x 1000 m ³ di effluente per riempimenti strutturati.
6. Tipo di nebulizzazione e distribuzione del liquido ricircolato	Spruzzatori nebulizzatori da 10 µm con raggio di copertura minimo sovrapposto del 30% o distributori a stramazzo
7. Altezza di ogni stadio	≥ 1 m
8. Tipo di fluido abbattente	Acqua o soluzione specifica
9. Sistemi di controllo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contatore di funzionamento non azzerabile utilizzato a fini manutentivi ▪ Indicatore e interruttore di minimo livello, misuratore PH ed eventuale redox per processi di ossidazione)
10. Ulteriori apparati	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Separatore di gocce ▪ Scambiatore di calore sul fluido ricircolato se necessario.
11. Caratteristiche aggiuntive della colonna	<ul style="list-style-type: none"> a) almeno uno stadio di riempimento di altezza >1 m b) vasca di stoccaggio del fluido abbattente. c) materiale costruttivo idoneo alla corrosione ed alla temperatura d) dosaggio automatico dei reagenti e) reintegro automatico della soluzione fresca abbattente
12. Manutenzione	Eventuale asportazione delle morchie dalla soluzione abbattente e pulizia dei piatti o del riempimento e del separatore di gocce.
13. Informazioni aggiuntive	L'impiego di questa tecnologia di depurazione per l'abbattimento degli odori può fornire buoni risultati solo se sono previsti almeno due stadi di abbattimento, di cui uno acido/base ed uno basico-ossidativo. I tempi di contatto dovranno essere superiori a 1 s per lo stadio di lavaggio acido e superiori a 2 s per lo stadio basico-ossidativo. L'altezza minima di ciascuno stadio deve essere > 1 m. Dovranno essere eventualmente previsti anche sistemi di prefiltrazione del particolato ed un demister a valle degli stessi impianti. Evidenza del numero di sostituzioni/smaltimenti dell'eluato

SCHEMA AU.ST.03 - ABBATTITORE AD UMIDO SCRUBBER A TORRE (COLONNA A LETTI FLOTTANTI)	
Tipo di abbattitore	SCRUBBER A TORRE (COLONNA A LETTI FLOTTANTI)
impiego	Abbattimento COV solubili nel fluido abbattente, CIV, polveri e nebbie in bassa concentrazione e sostanze odorogene (composti di natura acida e/o basica)
Provenienza degli inquinanti	<ul style="list-style-type: none"> ▪ operazioni di cottura di materiali calcarei ▪ operazioni di fusione di materiali metallici e combustione di materiali solidi e liquidi ▪ operazioni su materiale plastico flessibile e/o semirigido ▪ operazioni di spalmatura di poliuretani od altri prodotti in DMF ▪ operazioni di trattamento superficiale di natura chimica elettrochimica e galvanica ▪ operazioni di finissaggio tessile come termofissaggio, gasatura, bruciapeltatura, candeggio, stampa su tessuti ▪ operazioni di espansione di materiali plastici ▪ operazioni di miscelazione, dissoluzione, reazioni di liquidi e liquidi/solidi eseguite nell'industria chimica, farmaceutica, vernici, collanti (impianto posto in linea con altri) ▪ operazioni generiche dove sono generate COV solubili e CIV in forma di gas e/o vapori solubili nel fluido abbattente ▪ lavorazioni di sintesi farmaceutica ▪ lavorazioni chimiche
INDICAZIONI IMPIANTISTICHE	
1. Temperatura	≤ 55°C.
2. Numero dei letti flottanti	Almeno 2 per reazione acido/base
3. Velocità di attraversamento nei letti flottanti	$3 \leq v \leq 5$ m/s
4. Altezza di ogni letto flottante in condizioni statiche	$0.2 \div 0.4$ m
5. Perdita di carico	≤ 2,0 kPa.
6. Portata minima del liquido ricircolato	1 mc di liquido x 1000 m ³ di effluente gassoso
7. Tipo di nebulizzazione	Spruzzatori nebulizzatori da 10 µm con raggio di copertura minimo sovrapposto del 30%
8. Tipo di fluido abbattente	Acqua o soluzione specifica
9. Sistemi di controllo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contatore di funzionamento non azzerabile utilizzato a fini manutentivi ▪ indicatore di livello ▪ manometro per la verifica dell'efficienza della pompa di ricircolo
10. Ulteriori apparati	Separatore di gocce
11. Caratteristiche aggiuntive della colonna	<ul style="list-style-type: none"> a) un misuratore di pH e di redox per le eventuali sostanze ossido-riducenti c) vasca di stoccaggio del fluido abbattente d) materiale costruttivo idoneo alla corrosione ed alla temperatura e) dosaggio automatico dei reagenti / reintegro automatico della soluzione di abbattimento
12. Manutenzione	Asportazione delle morchie dalla soluzione abbattente e pulizia dei piatti o del riempimento e separatore di gocce
13. Informazioni aggiuntive	Questa tipologia di può essere utilizzata a valle di sistemi meccanici o chimici atti ad abbattere polveri e/o nebbie di granulometria più grossa, CIV acide o basiche e COV solubili. Dovranno essere eventualmente previsti anche sistemi di prefiltrazione del particolato ed un demister a valle degli stessi impianti. Evidenza del numero di sostituzioni/smaltimenti dell'eluato

2^ Edizione - Finito di stampare: novembre 2019

ASSOFOND
ASSOCIAZIONE ITALIANA FONDERIE



ASSOFOND - Via N. Copernico 54 - 20090 Trezzano S/N (MI)

Tel +39 02 48400967 - Fax 0+39 02 48401282 - info@assofond.it - www.assofond.it - C.F. 03182480156

