



CASE STUDY

Spazi confinati

Il calcolo della portata di aria di ricircolo

Francesco Paolo Nigri

Tecnologo



L'entrata in vigore del D.P.R. N. 177/2011, regolamento che disciplina la qualificazione del personale idoneo a operare negli spazi confinati, ha recentemente contribuito a diffondere fra i lavoratori la consapevolezza del pericolo rappresentato dall'accesso in un ambiente confinato. Se però si esamina la dinamica degli incidenti accaduti negli spazi confinati negli ultimi anni, quasi sempre si riscontra, fra le cause scatenanti, una valutazione carente o inadeguata del rischio di accesso. Per operare in sicurezza in uno spazio confinato, non si può mai prescindere da una corretta valutazione del rischio di accesso. Infatti, le condizioni di un grave incidente in uno spazio confinato spesso insorgono come conseguenza di una sottovalutazione di tale rischio.

Per questo motivo, nonostante la tematica sia stata più volte affrontata negli ultimi anni, ho ritenuto utile sviluppare un "caso studio" nell'intento di illustrare un metodo di calcolo della portata di aria di ricircolo, e cioè della portata di aria fresca idonea a impedire il superamento del TLV-TWA (Threshold Limit Value - Time Weighted Average), nell'ipotesi che l'agente inquinante sia una sostanza nociva per inalazione. Il TLV-TWA esprime la concentrazione limite, calcolata come media ponderata nel tempo (8 ore/giorno; 40 ore settimanali), alla quale tutti i lavoratori possono essere esposti, giorno dopo giorno, senza effetti avversi per la salute, per tutta la vita lavorativa.

La ventilazione

Poiché molti incidenti negli spazi confinati sono causati dalla presenza di sostanze nocive per inalazione, si comprende subito l'importanza della ventilazione. Per ridurre efficacemente il rischio di accesso in uno spazio confinato, la ventilazione è una misura di prevenzione che si rivela indispensabile nei casi in cui vi siano incertezze riguardanti le misure ambientali eseguite prima dell'accesso oppure non si abbia piena contezza dell'inquinante presente.

È buona norma che la ventilazione venga eseguita prima dell'accesso nello spazio confinato, preferibilmente dopo aver eseguito una misura dei parametri dell'atmosfera interna. È opportuno che le misure ambientali siano ripetute subito dopo la ventilazione preventiva allo scopo di controllarne l'efficacia. È sconsigliato il ricorso alla ventilazione naturale, soprattutto in assenza di aperture contrapposte o in presenza di ostacoli al libero convogliamento di aria fresca verso lo spazio confinato. Se correttamente dimensionata, la ventilazione meccanica si rivela affidabile perché in grado di fornire grandi quantità di aria fresca in tempi ridotti rispetto a quelli generalmente richiesti dalla ventilazione naturale. La ventilazione meccanica può essere:

- a pressione positiva, che contribuisce a insufflare aria fresca all'interno dello spazio confinato;
- a pressione negativa, che si rivela utile per aspirare gli inquinanti dallo spazio confinato verso l'ambiente esterno.

La ventilazione meccanica a pressione positiva esplica essenzialmente un'azione di diluizione dell'inquinante in aria fresca, che viene prelevata dall'esterno e immessa nello spazio confinato tramite la mandata di un ventilatore. Essa viene impiegata nei casi in cui gli agenti inquinanti sono:

- presenti in tutto lo spazio confinato;
- caratterizzati da valori di TLV-TWA relativamente elevati, e cioè tali da far considerare gli inquinanti non particolarmente nocivi.



La ventilazione a pressione negativa viene principalmente impiegata nei casi in cui è possibile individuare una sorgente localizzata di agenti inquinanti. L'aspirazione evita che tali inquinanti si disperdano nello spazio confinato e raggiungano le vie aeree del lavoratore.

Lo scopo del presente lavoro non risiede nel fornire indicazioni specifiche riguardanti le modalità di ventilazione di uno spazio confinato. In altre parole, illustrare nei dettagli gli schemi tipici di ventilazione e le caratteristiche tecniche dei ventilatori in commercio non rientra nelle finalità di quest'articolo. Ho piuttosto inteso focalizzare la mia attenzione su un aspetto per il quale la letteratura tecnica non sempre fornisce indicazioni immediatamente utilizzabili: il numero dei ricambi d'aria dell'intero volume, per ogni ora di permanenza delle maestranze all'interno dello spazio confinato.

I dati della letteratura tecnica possono essere considerati un valido riferimento iniziale ma, in molti casi, è opportuno eseguire una valutazione accurata.

Caso studio

Si procede alla posa in opera di uno strato di primer bituminoso all'interno del vano tecnico seminterrato di una villetta di campagna. Il vano in esame ha lo scopo di separare il piano fondale della villetta dalla soletta del piano abitabile. Questa operazione preliminare consente successivamente di fissare membrane impermeabilizzanti alle pareti interne del locale, allo scopo di limitare gli inconvenienti derivanti dalla risalita dell'umidità. Il vano ha, nel complesso, sviluppo in pianta uguale a 25 metri quadrati e altezza pari a 3 metri.

Innanzitutto, faccio osservare che il vano rientra nel novero degli spazi spazio confinati perché ha le seguenti peculiarità:

- è caratterizzato da vie di accesso e di uscita di dimensioni limitate (le c.d. "gattaiole", il cui scopo è facilitare l'aerazione della struttura);
- non è progettato per essere un ambiente di lavoro in condizioni ordinarie;
- ha dimensioni tali da ospitare, al suo interno, almeno un lavoratore.

In secondo luogo, è innegabile che lo sviluppo di una sostanza inquinante nello spazio confinato sia determinato dalla lavorazione in corso. La scheda tecnica del primer evidenzia, infatti, quanto segue.

- Il primer è un prodotto infiammabile, irritante, nocivo e pericoloso per l'ambiente, secondo il Regolamento CE N. 1272/2008 (CLP), che ha allineato il sistema di classificazione europeo di classificazione, etichettatura e imballaggio delle sostanze chimiche e delle loro miscele al sistema mondiale armonizzato di classificazione ed etichettatura delle sostanze chimiche;

- la composizione del primer evidenzia, tra l'altro, una concentrazione di p-xilene pari al 5% dell'intera massa del primer:

$$\square \left[C_{p-xilene} \right] = \frac{m_{p-xilene}}{m_{primer}} = 5\%$$



Fatte queste precisazioni, noto il consumo orario di primer in kg/h, procedo al calcolo dell'apporto orario di aria fresca che è necessario garantire durante la lavorazione per effettuare in sicurezza la posa in opera del primer.

I dati che seguono si ricavano dalla scheda di sicurezza del p-xilene:

- numero CAS: 106-42-3;
- nome CAS: 1,4-dimetil-benzene;
- classificazione secondo il Regolamento CLP:
 - H226 liquido e vapori infiammabili,
 - H312 nocivo per contatto con la pelle,
 - H332 nocivo se inalato,
 - H315 provoca irritazione cutanea;

- $\rho_{p-xilene} \cong 0,86 \frac{g}{cm^3}$ (densità);

- $TLV - TWA_{(SORE)} = 100 ppm$

- $1 ppm = 4,34 \frac{mg}{m^3}$

Consumo orario di primer (ipotesi di lavoro):

- $\dot{m}_{primer} = 1,0 \frac{kg}{h}$

Portata massica di p-xilene che si sprigiona dal primer durante la posa in opera:

- $\dot{m}_{p-xilene} = [C_{p-xilene}] \times \dot{m}_{primer}$

- $\dot{m}_{p-xilene} = 0,05 \times 1000 \frac{g}{h} = 50 \frac{g}{h}$

Portata volumetrica di p-xilene:



$$\dot{Q}_{p-xilene} = \frac{\dot{m}_{p-xilene}}{\rho_{p-xilene}} = \frac{50 \frac{g}{h}}{0,86 \frac{g}{cm^3}}$$

$$\dot{Q}_{p-xilene} = 58 \frac{cm^3}{h}$$

$$\dot{Q}_{p-xilene} = 5,8 \times 10^{-5} \frac{m^3}{h}$$

Devo dimostrare che l'apporto orario di aria fresca è in grado di diluire il p-xilene in misura tale da non eccedere mai il TLV-TWA. In termini analitici:

$$\frac{\dot{Q}_{p-xilene}}{\dot{Q}_{ricircolo}} \leq [TLV - TWA_{(8ORE)}]^I \quad (1)$$

Non resta che esprimere TLV-TWA in termini adimensionali.

$$TLV - TWA_{(8ORE)} = 100 ppm = 434 \frac{mg}{m^3}$$

$$TLV - TWA_{(8ORE)} = 4,34 \times 10^{-7} \frac{g}{cm^3}$$

$$\frac{TLV - TWA_{(8ORE)}}{\rho_{p-xilene}} = \frac{4,34 \times 10^{-7} \frac{g}{cm^3}}{0,86 \frac{g}{cm^3}}$$

$$[TLV - TWA_{(8ORE)}]^I = 5,05 \times 10^{-7} \quad (\text{adimensionale})$$

Dalla (1), ricavo la seguente relazione:



$$\frac{\dot{Q}_{p-xilene}}{[TLV - TWA_{8ORE}]^f} \leq \dot{Q}_{ricircolo}$$
$$\dot{Q}_{ricircolo} \geq \frac{5,8 \times 10^{-5} \frac{m^3}{h}}{5,05 \times 10^{-7}}$$
$$\dot{Q}_{ricircolo} \geq 114,9 \frac{m^3}{h} \cong 115 \frac{m^3}{h}$$

Se, infine, tengo conto del volume dello spazio confinato:

$$V_{locale} = A_{superficie} \times H_{soffitto}$$

$$V_{locale} = 25 \times 3 = 75 m^3,$$

posso calcolare il numero dei ricambi orari di aria necessari per l'effettuazione in sicurezza della lavorazione:

$$\frac{\dot{Q}_{ricircolo}}{V_{locale}} \geq \frac{115}{75} \frac{N_{ricambi}}{h} \cong 1,5 \frac{N_{ricambi}}{h}$$

Ringraziamenti

Per il prezioso supporto offerto e le costruttive osservazioni evidenziate, intendo esprimere la mia più sincera gratitudine al collega Raffaele Bertucci, in forza alla ConTARP della Direzione Regionale INAIL della Puglia.

Bibliografia

Andrea Rotella, "Spazi confinati: accento sulle misure di prevenzione", Igiene & Sicurezza del Lavoro, gennaio 2017