Rischi nell'ambiente di lavoro

Spazi confinati: accento sulle misure di prevenzione

Andrea Rotella - RSPP, consulente per la sicurezza e formatore

L'incidente, la normativa e le conoscenze

Il tragico incidente sul lavoro accaduto il 29 novembre scorso sulla nave "Sansovino", nel quale hanno perso la vita tre marittimi, è l'ennesima, ulteriore, dimostrazione dell'estrema pericolosità degli spazi confinati e delle conseguenze del verificarsi di un incidente al loro interno. Alla data di redazione del presente contributo non sono state ancora rese note ufficialmente le cause della tragedia, ma l'ambiente nel quale essa si è verificata (una sentina) e l'elevato numero di vittime (tre decessi ed altri tre ricoverati), lasciano ritenere probabile la presenza di un inquinante nell'aria (presumibilmente idrogeno solforato).

Va da sé come anche altri elementi, quali l'incapacità delle vittime di reagire, la difficoltà di uscire immediatamente dall'ambiente a rischio (le sentine sono ubicate sul fondo della nave e vi si accede, tipicamente, mediante scale a pioli), il fatto stesso che uno dei soccorritori abbia, egli stesso, riportato alcune conseguenze, per fortuna non gravi, rientrano, purtroppo, nella tristissima, tipica cronaca degli incidenti che interessano gli spazi confinati.

Dall'emanazione del D.P.R. n. 177/2011, norma che detta le regole per la qualificazione di coloro i quali possono operare negli spazi confinati, certamente oggi la conoscenza di questo argomento è maggiormente diffusa che in passato e, con essa, la consapevolezza, in particolare, tra le aziende ed i loro lavoratori, della necessità di tutelarsi quando si svolgono attività lavorative in questi ambienti.

Non di meno, evidentemente, siamo ancora lontani dall'aver raggiunto il termine di questo processo di corretta percezione dei rischi se a distanza di 5 anni dall'entrata in vigore della norma è ancora possibile che vi siano state 6 vittime in uno spazio confinato "paradigmatico" come la sentina di una nave, al di là di eventuali responsabilità da accertare.

Insistere sulla diffusione della conoscenza dei rischi legati agli spazi confinati è, a parere di chi scrive, un elemento essenziale per prevenire tragedie future. Difatti, l'analisi degli eventi accaduti nel passato dimostra come, purtroppo, nella maggioranza dei casi, le vittime siano state letteralmente "colte di sorpresa", pur dovendosi distinguere tra:

— casi in cui le vittime non avevano la minima conoscenza dei rischi di uno spazio confinato;

— casi in cui le vittime erano talmente abituate ad operare in spazi confinati, da non prestare più la dovuta attenzione alle cautele necessarie.

Allontanandosi dagli operatori *front end*, in prima linea, e risalendo la linea gerarchica, purtroppo, le medesime carenze sarebbero facilmente riscontrabili anche tra i soggetti sovraordinati (preposti, dirigenti, datore di lavoro), i quali non solo forniscono le indicazioni ai lavoratori sulle attività da svolgere negli spazi confinati, ma non di rado rientrano anch'essi nel ruolo di vittime, o perché partecipano alle attività da svolgere o nel tentativo di prestare soccorso agli infortunati.

L'analisi (casi studio)

Senza entrare nel merito della violazione delle norme di legge commesse, nell'analizzare gli incidenti accaduti negli spazi confinati (casi studio), quasi sempre si riscontreranno una o più delle seguenti circostanze, alcune consequenziali tra loro:

— ignoranza di che cosa sia uno spazio confinato;

— mancata dotazione di attrezzature adeguate al lavoro in spazi confinati;

— mancata dotazione di formazione ed addestramento necessari;

— assenza di procedure di emergenza adeguate;

— assenza di una valutazione dei rischi;

— se in presenza di una valutazione dei rischi, assenza di comunicazione ai lavoratori dei suoi esiti;

— assenza di procedure per l'accesso negli spazi confinati.

Questa consapevolezza delle dinamiche che intervengono nell'analisi degli incidenti in spazi confinati evidenzia come non si possa prescindere dal fattore organizzativo se si vuole fare prevenzione. In altri

termini, è proprio il fattore organizzativo l'anello debole della catena prevenzionistica. Difatti, a differenza di tanti altri fattori di rischio, quelli che riguardano gli spazi confinati sono di:
— difficile percezione,
— complessa prevenzione,
— elevata magnitudo.
Un singolo lavoratore non sarebbe in grado di autotutelarsi senza essere messo nelle condizioni di farlo, a partire dalla conoscenza dei rischi dello specifico spazio confinato che devono essergli comunicati, necessariamente, da chi svolge la valutazione dei rischi avendone le competenze. Non si può prescindere dalla conoscenza tecnica di base e dalla corretta comunicazione dei rischi rilevati e delle misure di prevenzione e protezione da adottare, per quanto complessi possano apparire determinati argomenti a chi non possiede una cultura tecnica o scientifica ma si trova ad operare in uno spazio confinato. D'altro canto, è sufficiente il mancato rispetto di alcune procedure, anche per semplice sottovalutazione dei rischi, da parte anche solo di un soggetto dell'organizzazione per determinare un grave incidente.

Caso 1 - Il gas "inerte"

Chi scrive si trovò a dover insistere con un lavoratore sulla necessità di indossare l'autorespiratore durante l'attività. Lui insisteva sull'inutilità dell'adozione di tale misura perché: "Al più potrebbe esserci azoto, lì dentro". Si era creato un cortocircuito comunicativo poiché, in effetti, al lavoratore in questione era stato detto che l'azoto era un gas inerte, senza tuttavia spiegare quale fosse il significato tecnico dell'aggettivo "inerte" che, in tal modo, egli aveva finito col considerare sinonimo di "innocuo, privo di rischi, …".

Caso 2 - Gli esplosimetri

In moltissimi casi (la quasi totalità) nell'esperienza di chi scrive si è riscontrato come da parte dei lavoratori vi sia un uso sostanzialmente inconsapevole degli esplosimetri. In effetti, molti si limitano a leggere i valori di concentrazione riportati dallo strumento dopo la misura, senza tuttavia comprenderne il significato e limitandosi a verificare se lo strumento suona (in quel caso sanno come comportarsi). Dall'esperienza hanno imparato che valori al di sotto di una certa soglia indicano una condizione di sicurezza. Ma dal punto di vista fenomenologico questi lavoratori non sono in grado di valutare il significato del valore di lettura rispetto al limite inferiore di infiammabilità e, di conseguenza, comprendere le situazioni in cui operano. Non è infrequente che vengano modificati i valori delle soglie di allarme dello strumento, se l'accesso alla funzione non è protetto da password, perché: "altrimenti suona sempre".

La "sovraprotezione"

Se dunque, la conoscenza, l'esperienza e la percezione dei rischi degli spazi confinati sono un fattore fondamentale di prevenzione, occorre prestare attenzione anche all'eccesso opposto. Spesso, infatti, in particolare tra coloro i quali sono particolarmente sensibili ai rischi elevati, si finisce nel cadere nella "sovraprotezione" (*overprotection*).
In questo specifico ambito, il risultato (riscontrato da chi scrive in diverse aziende, in particolare quelle più grandi nelle quali la questione della gestione organizzativa dei rischi è rilevante) è la realizzazione di procedure per lo svolgimento in sicurezza dei lavori in spazi confinati che raggiungono livelli di complessità eccessivi e ridondanti, con il risultato di essere:
— applicate in modo esclusivamente burocratico (compilazione e firma di moduli, permessi di lavoro, richiesta di documenti senza una reale verifica dell'idoneità tecnico-professionale, ecc.);
— disapplicate, di nascosto, in particolare da singole unità locali (es. squadre di manutenzione, reparti produttivi, ecc.), quando i tempi, i costi o gli obiettivi lo giustificano.
La quantità di documenti prodotti, a formale dimostrazione dell'avvenuta applicazione delle procedure e la ridondanza delle misure da esse previste creano, in particolare nel management che deve gestire i processi nella loro complessità, la percezione che tutto vada per il meglio e che il rischio sia sotto controllo. Al contrario, localmente, si creano standard applicativi deviati che, tuttavia, non generano immediate conseguenze, fin quando, prima o poi, non si creano le condizioni per l'incidente.

I principi chiave della prevenzione negli spazi confinati

In ragione di queste considerazioni, nonostante l'argomento sia stato abbondantemente trattato in anni recenti, anche su questa *Rivista* (1), chi scrive

(1) V. P. Rausei, "Il sistema di qualificazione delle imprese operanti negli spazi confinati", in questa *Rivista*, 2012, 1, pag. 5. M. Marigo, "Analisi dei fattori di rischio all'interno degli spazi confinati", ibid., 13. A. Rotella, "Gestione delle emergenze negli spazi confinati", ibid., 23. U. Fonzar, "Lavori in spazi confinati e ambienti a sospetto di inquinamento: gestione operativa", ibid., 31.

ritiene che valga la pena riportare l'attenzione su alcuni dei principi cardine della prevenzione dei rischi per la sicurezza e la salute nelle attività negli spazi confinati, con questo permettendo a chi non ha conoscenza di questo specifico argomento di ricevere alcune informazioni essenziali e, nel contempo, anche a chi vive la complessità di una grande organizzazione di focalizzarsi sui concetti più rilevanti.

Riconoscimento dello spazio confinato

Saper riconoscere come tale uno spazio confinato è un passaggio essenziale per valutarne i rischi. Ancor prima, in particolare per i soggetti meno esperti ma, comunque, formati, sapere cos'è uno spazio confinato e riconoscerlo come tale, permette di sapere che ad esso sono associati dei rischi potenzialmente mortali, permette di porsi in uno stato mentale di diffidenza e sospetto nei confronti di un ingresso azzardato al suo interno.
Un esempio evidente potrebbe essere quello di una vasca di sedimentazione di fanghi biologici in un impianto di depurazione, svuotata ma in presenza di un residuo non pompabile di fanghi al suo interno. Essa è senz'altro uno spazio confinato con presenza di gravi rischi derivanti dall'accumulo di gas pesanti di natura biologica, asfissianti e tossici, tali da compromettere la sopravvivenza di chiunque dovesse accedervi senza le necessarie cautele, indotto dall'errata percezione che non possano esservi rischi, trattandosi di una vasca a cielo libero e, dunque, non di uno spazio chiuso - nel 2008 a Mineo (CT), morirono 6 operai in uno spazio confinato di questo tipo.
Il punto di partenza, pertanto, non può che essere la definizione di che cosa sia uno spazio confinato.
Purtroppo, a tal fine, la normativa vigente in Italia non viene molto in aiuto. Con una scelta alquanto discutibile, infatti, il nostro legislatore ha preferito non fornire una definizione di spazio confinato all'interno del D.P.R. n. 177/2011, riferendo piuttosto il campo di applicazione della norma a tre riferimenti contenuti nel D.Lgs. n. 81/2008, precisamente gli artt. 66 e 121 e l'Allegato IV, punto 3.
Senza ribadire in questa sede le incongruenze e l'inadeguatezza di una simile scelta (2), certamente essa pecca di semplicità non fornendo una definizione univoca di cosa sia uno spazio confinato e costringendo l'interprete a desumerla dall'insieme dei contenuti di ben tre riferimenti normativi.
Ad onor del vero, anche nella letteratura legislativa e tecnica di altri paesi non è presente un'unica definizione, essendosi preferito in alcuni casi (in particolare i regolamenti OSHA negli Stati Uniti) differenziarla per ambiti di attività (cantieristica navale, costruzioni, agricoltura, industria), senza considerare le definizioni specifiche contenute nei vari standard ANSI, API, NFPA, ecc.
Anche se potrà sembrare discutibile al lettore, chi scrive preferisce prendere a riferimento, per la maggioranza delle applicazioni, la definizione di spazio confinato, ben nota, contenuta nel regolamento OSHA 29 CFR 1910, che considera tale un ambiente che possiede tutte le seguenti caratteristiche:
1) vie di accesso ed uscita di dimensioni limitate;
2) non progettato per essere utilizzato come ambiente di lavoro ordinario;
3) di dimensioni tali da poter accogliere al suo interno almeno una persona.
Il motivo di questa personale preferenza è presto detto. La suddetta definizione contiene, certamente, gli ambienti sospetti di inquinamento e gli spazi confinati del D.P.R. n. 177/2011, ma è più semplice e non eccede la *ratio* della norma (come, purtroppo, si ritiene faccia in alcuni casi il D.P.R. n. 177/2011 (3)).
È opportuno fare una precisazione. L'uso di una definizione anziché un'altra deve servire al valutatore come traccia, linea guida, regola generale per attivare il processo che, partendo dal riconoscimento dello spazio confinato in quanto tale, passando attraverso all'individuazione dei suoi pericoli e valutazione dei rischi, permetterà di adottare tutte le conseguenti misure per tutelare i lavoratori.
Questo, tuttavia non deve significare ottusa aderenza alle terminologie impiegate (per quanto si debba sempre mantenere un approccio oggettivo nell'applicazione delle definizioni).
Vale la pena segnalare alcuni esempi di ambienti sospetti di inquinamento (art. 66, D.Lgs. n. 81/2008) che pertanto rientrano nel campo di applicazione del D.P.R. n. 177/2011:
— locale CED protetto contro gli incendi da impianto di spegnimento automatico a gas;
— cella in atmosfera inerte per rallentare la maturazione della frutta;
— magazzino di stoccaggio di solventi;
— camera iperbarica;
— cella frigorifera che permette l'ingresso delle persone.

(2) Si rimanda per approfondimenti a A. Rotella, "Pubblicato il decreto sugli 'spazi confinati'", in questa *Rivista*, 2011, 12, pag. 809.

(3) A. Rotella, cit. (v. nota 2).

Essi, tuttavia, non sono spazi confinati, secondo la definizione del regolamento OSHA 29 CFR 1910 (sono progettati per prevedere la presenza di persone e possiedono porte per l'accesso e l'uscita del personale).
Ancor prima di decidere se qualificare gli addetti come previsto dal D.P.R. n. 177/2011, occorre riflettere sul fatto che se la norma si applica va applicata *in toto*, ovvero, ad esempio, garantendo che i lavoratori che operano nei citati ambienti siano (art. 66): «legati con cintura di sicurezza, vigilati per tutta la durata dei lavori…».
Ovviamente, vale anche l'analisi opposta: il fatto che determinati ambienti sospetti di inquinamento non siano classificati (legittimamente, a parere di chi scrive) come spazi confinati, non deve fare dimenticare la necessità di adottare le necessarie, specifiche cautele quando vi si opera.
Gli spazi confinati, una volta identificati, devono essere contrassegnati con apposita segnaletica posizionata in corrispondenza di tutte le aperture di accesso, in modo tale da rendere evidente la presenza del rischio anche ai meno esperti. Va comunque ribadita, prioritariamente, l'importanza di informare tutte le persone esposte sulla necessità di riconoscere uno spazio confinato, prescindendo dalla presenza della segnaletica di pericolo.

Gerarchia delle misure generali di tutela

È talmente ovvio da non essere tenuto in adeguata considerazione: un infortunio o una malattia professionale sono causate dall'esposizione ad un fattore di rischio. Non ci sono eccezioni a questa affermazione: evitando l'esposizione, si evitano le conseguenze che ne possono derivare. Pertanto, la misura più efficace consiste nel non entrare nello spazio confinato.
Se questo non fosse possibile o sufficiente (per esempio, potrebbero verificarsi accessi accidentali agli spazi confinati), il secondo livello di intervento consiste nell'affidarsi a misure di controllo del rischio di tipo "ingegneristico", quanto più possibile passive, che funzionino solo per il fatto di esserci e che siano difficili da rimuovere o rendere inefficaci.
Ovviamente, già a questo livello non si può escludere che qualcosa non vada per il verso giusto e, pertanto, scendendo di un ulteriore gradino lungo la scala delle gerarchie degli interventi, sarà necessario ricorrere a sistemi di segnalazione ed allarme in grado di avvertire di un'anomalia.
Sembra chiaro a questo punto che, nonostante si sia fatto il possibile per ridurre al minimo il fattore umano, non si possa procrastinare oltre, pertanto a questo livello dovremo ricorrere a formazione, informazione, addestramento, procedure.
Solo in ultimo, si farà ricorso ai dispositivi di protezione individuale per eliminare o ridurre al minimo i rischi residui che dovessero permanere nonostante l'applicazione delle misure generali suddette.
Riassumendo la gerarchia delle misure:
1) Eliminazione o sostituzione
2) Misure tecnico-ingegneristiche
3) Allarmi, segnalazioni
4) Informazione, formazione, addestramento, procedure
5) Dispositivi di protezione individuale
Di seguito si riportano alcuni esempi (elenchi non esaurienti) per ogni categoria di misura.
1) Eliminazione o sostituzione
Esempi
— Evitare di generare spazi confinati, intervenendo in fase di progettazione.
— Eliminazione degli spazi confinati, attraverso la riprogettazione di vani tecnici, impianti, processi esistenti.
— Modifiche alla conformazione dello spazio confinato, in modo da non rendere più necessario l'accesso al suo interno.
— Impiego di tecniche e metodi di lavoro che evitino l'ingresso negli spazi confinati (ispezioni, campionamento, pulizie svolte dall'esterno dello spazio confinato usando apposite attrezzature; impiego di robot con telecamera o installazione di telecamere controllabili in remoto per lo svolgimento di ispezioni interne a serbatoi, canalizzazioni, ecc.; uso di materiali che richiedano una inferiore manutenzione o pulizia).
2) Misure tecnico-ingegneristiche
Esempi
— Realizzazione di aperture di ventilazione permanenti dimensionate opportunamente in funzione della valutazione del rischio (es. per eliminare il rischio di formazione di ATEX, per impedire il superamento dei TLV).
— Modifiche alle dimensioni delle aperture di ingresso/uscita, per rendere più agevole e sicura la fuga in caso di emergenza, o l'accesso dei soccorsi, tenendo conto anche delle dimensioni dei DPI.
— Installazione di sistemi di accesso fissi sicuri (es. scale a pioli fisse, scale a gradini).
— Chiusura a chiave delle aperture di ingresso/uscita per impedire accessi accidentali.
— Installazione di valvole di intercettazione, interblocchi, valvole di sfogo, valvole di spurgo

manovrabili dall'esterno, al fine di bonificare l'ambiente prima di un accesso.
— Recinzioni fisse e barriere.
— Impianti di ventilazione meccanica.
3) Allarmi, segnalazioni
Esempi
— Rilevatori fissi dei principali parametri (concentrazione ossigeno, limite inferiore di infiammabilità, concentrazione inquinanti, pressione, ecc.).
— Odorizzazione dei gas.
— Rilevatori portatili, da indossare durante l'accesso.
— Sistemi di allarme.
— Segnaletica, etichette, ecc.
4) Informazione, formazione, addestramento, procedure
Esempi
— Informazioni sugli spazi confinati, rivolta anche ai non addetti.
— Formazione agli addetti ai lavori e alle squadre di emergenza.
— Addestramento agli addetti ai lavori e alle squadre di emergenza.
— Permesso di lavoro per le attività da svolgersi in spazi confinati.
— Controlli periodici delle attrezzature e dispositivi di sicurezza.
— Procedure di *lockout/tagout*.
— Procedure di segnalazione ed allarme.
— Procedure di soccorso.
5) Dispositivi di protezione individuale
Esempi
— Autorespiratori, maschere filtranti.
— Guanti.
— Otoprotettori.
— Tute.

Di seguito si entrerà nel merito di tre specifiche misure di tutela, tra quelle su elencate, che, a parere di chi scrive, costituiscono le principali barriere al verificarsi degli incidenti statisticamente più frequenti negli spazi confinati: ventilazione, monitoraggio dell'aria, permesso di lavoro (in ordine di importanza decrescente).

Nello spazio di questo contributo, non si entrerà nel merito della valutazione dei rischi da condurre per determinare se l'atmosfera nello spazio confinato possa essere o meno soggetta ad inquinamento o ad altri eventuali rischi presenti. In molti casi, purtroppo, gli incidenti sono stati determinati da errata, carente o assente valutazione dei rischi, cui sono seguite errate, carenti o assenti misure di prevenzione e protezione, seguiti da comportamenti rischiosi e inconsapevoli delle conseguenze. Senza voler ridurre la rilevanza della valutazione dei rischi ai fini della sicurezza complessiva dei processi, si vuole condurre nel seguito l'attenzione sul fatto che, in tante di queste situazioni, ricostruendo a ritroso la catena incidentale, si sarebbe visto che l'adozione di una di queste tre misure avrebbe impedito il verificarsi dell'evento, nonostante gli errori, le carenze e le omissioni commesse in precedenza.

Non è possibile sapere quale di queste misure potrebbe rilevarsi efficace nel singolo caso. Proprio per questo motivo la loro adozione dovrebbe essere considerata imprescindibile, in particolare in quelle situazioni dove possano esservi dubbi derivanti, per esempio, dall'impossibilità di avere un quadro sufficientemente chiaro. Al contrario, un'accurata e corretta valutazione dei rischi potrebbe tranquillamente dimostrare come non sia necessario ricorrere ad una o più di esse.

Ventilazione

Oltre la metà degli incidenti mortali negli spazi confinati sono stati determinati dalla presenza di atmosfere sotto-ossigenate (per consumo di ossigeno o per sua sostituzione con un gas inerte) e se vi aggiungiamo anche la percentuale di sciagure provocate dalla presenza di sostanze tossiche, nocive, ecc. (come sembrerebbe essere il caso ultimo dei tre marittimi sulla nave "Sansovino"), è ben comprensibile perché il fattore "sicurezza dell'aria nello spazio confinato" sia quello statisticamente più rilevante.

La ventilazione di uno spazio confinato, in particolare quella forzata, è sicuramente una misura necessaria in tutti i casi in cui il monitoraggio dell'atmosfera desse riscontri positivi relativamente alla presenza di inquinanti tossici, infiammabili, esplosivi, assenza o eccesso di ossigeno, ma soprattutto si pone come presidio fondamentale della sicurezza in quelle situazioni in cui vi potrebbero essere incertezze relativamente alle misure eseguite o non conoscenza esatta della tipologia di inquinante potenzialmente presente. Soprattutto essa potrebbe impedire il verificarsi di una tragedia in tutti quei casi in cui, nonostante l'attenzione posta in sede di valutazione, dovessero verificarsi imprevisti: improvvisa generazione di un'atmosfera pericolosa, fallimento di altre misure di prevenzione o di soccorso e, persino, in quei casi in cui fossero state commesse violazioni o omissioni di misure di prevenzione e protezione.

Come regola generale, la ventilazione deve essere eseguita sempre prima dell'accesso nello spazio confinato, preferibilmente dopo aver eseguito una misura dei principali parametri dell'atmosfera interna. In ogni caso, anche a valle della prima ventilazione, si dovrà eseguire una nuova misura per controllare se essa sia stata efficace.
Nella maggioranza delle situazioni, si dovrebbe evitare il ricorso alla ventilazione naturale, essenzialmente per due motivi:
— è molto meno efficace ed efficiente di quanto si possa pensare. Per esempio, in assenza di almeno due aperture contrapposte o in presenza di ostacoli al passaggio dell'aria, il ricorso ad essa è sconsigliato a priori;
— richiede generalmente un tempo maggiore rispetto alla ventilazione forzata per raggiungere i medesimi risultati ed inoltre non è escluso che, durante la sua esecuzione, vi possa essere l'ingresso dall'esterno di altri inquinanti.
Al contrario, la ventilazione forzata è affidabile ed efficace, non influenzata da fattori esterni come le condizioni meteorologiche (in particolare, la presenza di vento potrebbe rappresentare un problema nel caso della ventilazione naturale) e, soprattutto, con essa sono tendenzialmente noti e sotto controllo tutti i parametri necessari per progettare un intervento efficace.
La ventilazione forzata (meccanica) può essere essenzialmente di due tipi:
— a pressione positiva, in mandata d'aria;
— a pressione negativa, in aspirazione.
La prima viene impiegata quando si hanno inquinanti dispersi per tutto lo spazio confinato e quando la tossicità dell'inquinante è bassa (ovvero in presenza, anche solo potenziale, di sostanze pericolose con valori di TLV-TWA e, soprattutto, TLV-STEL "elevati"). Difatti, con la ventilazione a pressione positiva non è possibile garantire la totale assenza dell'inquinante nell'ambiente, poiché essenzialmente l'efficacia di questo sistema risiede nella diluizione dell'inquinante in aria pulita, non nella sua rimozione. Pertanto, in presenza di sostanze pericolose con valori limite da effetti acuti molto bassi, non si potrebbe escludere il rischio di un'esposizione pericolosa.
È la principale misura a cui ricorrere quando il rischio principale è quello derivante dall'anossia, ovvero dalla carenza di ossigeno nello spazio confinato, poiché, ovviamente in funzione delle caratteristiche della macchina utilizzata, è in grado di fornire grandi quantità di aria pulita in tempi ridotti.
Un'altra caratteristica della ventilazione a pressione positiva è quella di ridurre la temperatura all'interno dello spazio confinato, elemento generalmente da considerare con favore, trattandosi di spazi chiusi nei quali si è costretti ad operare con dispositivi di protezione individuale.
La ventilazione a pressione negativa, di converso, viene impiegata principalmente in quei casi in cui esiste una sorgente localizzata di gas pericolosi, evitando che essi si disperdano nello spazio confinato o che arrivino alle vie respiratorie del lavoratore intercettandoli preventivamente. La bonifica di un intero ambiente per sostituzione dell'aria inquinata con aria pulita richiede, con questo sistema, più tempo rispetto alla ventilazione meccanica in mandata d'aria (in generale, "spingere" l'aria è più facile che aspirarla). Pertanto in grandi ambienti confinati, specie con gas più pesanti dell'aria, la ventilazione a pressione negativa viene usata per aspirare l'inquinante dal fondo, mentre i lavaggi completi del volume vengono eseguiti con la ventilazione a pressione positiva.
Si potrebbero fornire molte altre indicazioni generali riguardanti la ventilazione (schemi tipici di aerazione dell'ambiente in funzione della conformazione dello spazio confinato, caratteristiche delle macchine di ventilazione, uso combinato di ventilazione a pressione positiva e negativa, errori da evitare, ecc.), tutte importanti. Su tutte, una delle principali è quella relativa al numero di ricambi d'aria che occorre garantire.
Anche su questo aspetto, la letteratura tecnica fornisce indicazioni non univoche. Se ne riportano alcune:
a) per bonificare lo spazio confinato da gas inerti, si va da 3 ricambi d'aria dell'intero volume per ogni ora, nel caso di gas leggeri, a 10 ricambi/ora nel caso di gas più pesanti dell'aria;
b) in assenza di specifiche fonti di inquinamento vengono suggeriti vari criteri (alternativi):
— 18 m^3/h per ogni m^2 di superficie dello spazio confinato;
— 80-90 m^3/h di aria pulita per ciascun lavoratore;
— 20 ricambi d'aria/ora.
Queste indicazioni devono essere prese come riferimento, ma rimane essenziale una valutazione quanto possibile accurata dei rischi legati all'atmosfera nello spazio confinato. Se, infatti, i valori suggeriti sono da considerare senz'altro in quasi tutte le situazioni in cui il rischio sia quello di asfissia, diversi sono i ragionamenti da fare quando si tratta di rischi

derivanti dalla presenza di inquinanti tossici o di atmosfere esplosive.
Evidentemente, in questo caso, gli obiettivi non possono che essere:
— riduzione della concentrazione dei gas tossici al di sotto dei TLV;
— riduzione della concentrazione delle atmosfere esplosive al di sotto del 10% del limite inferiore di infiammabilità.
Una valutazione quanto possibile corretta di questi parametri non può prescindere dalla conoscenza di alcuni parametri, su tutti:
— portata di emissione dell'inquinante;
— tipologia di inquinante.
Vale la pena precisare come, in molti casi, gas o vapori esplosivi sono anche tossici. Poiché le concentrazioni dei TLV sono, in genere, di ordini di grandezza minori dei limiti inferiori di infiammabilità (LEL), se si riesce a garantire il rispetto dei TLV, matematicamente verrà garantito il rispetto del LEL (attenzione, chiaramente, alla concentrazione delle ATEX in campo vicino, ovvero nel volume prossimo alla sorgente di emissione).
In alcuni casi, inoltre, potrebbe essere conseguibile l'obiettivo di rimuovere solo il rischio di formazione di un'atmosfera esplosiva, senza però eliminare il rischio di superamento dei TLV. In questi casi, a meno di ricorrere ad altre soluzioni di carattere organizzativo, non si potrà prescindere dall'uso dei DPI per le vie respiratorie.
In molti casi, la produzione dell'inquinante è determinata dalle lavorazioni che si stanno eseguendo nello spazio confinato. Un rapido calcolo del bilancio di massa (per esempio partendo dal consumo orario dell'elettrodo nel caso di una saldatura elettrica, piuttosto che dall'evaporazione del solvente nel caso di una verniciatura), permette di determinare la portata d'aria minima necessaria per garantire la sicurezza delle lavorazioni.

Esempio

Si supponga di stare eseguendo l'applicazione di un antiruggine sintetico all'interno di uno spazio confinato.
La scheda di sicurezza del prodotto, evidenzia (sezione 3) come la sua composizione sia caratterizzata, tra l'altro, da:
— una concentrazione variabile dal 10 al 20% di «Idrocarburi C9-C12, N-Alcani, Isoalcani ciclici, Aromatici», identificati con CAS 64742-82-1 (es. nafta, acquaragia, ecc.);
— una concentrazione variabile dal 1 al 5% di Xilene.
A causa di questa elevata concentrazione di solvente, con riferimento al solo rischio di esplosione, la vernice nel suo complesso presenta un'indicazione di pericolo H226 (liquido e vapori infiammabili) con un LEL di 0,6% in aria (sostanzialmente coincidente con quello dell'acquaragia che ne costituisce il componente principale).
Si vuole conoscere l'apporto minimo di aria necessario a diluire i vapori fino a condurne la concentrazione al di sotto del 10% del LEL.
Dall'analisi del processo, si ipotizza che si avrà un tasso di impiego (D) della vernice pari a 50 kg/h.
Tenuto conto che la massa molare (4) dei due componenti è (5):
$M_{Acqua\ ragia}$ = 0,138 kg/mol;
M_{Xilene} = 0,106 kg/mol,
allora la quantità di vapori di solvente prodotti a 20°C in un'ora, sarà pari a:

$$V = D \times \left(\frac{C_{Acqua\ ragia}}{M_{Acqua\ ragia}} + \frac{C_{Xilene}}{M_{Xilene}} \right) \times V_m$$

dove V_m è il volume molare che verrà considerato, con buona approssimazione, coincidente con quello di un gas ideale, che a pressione atmosferica e a 20°C è pari a: 24 l/mol.
Quindi:

$$V = 50 \times \left(\frac{0,2}{0,138} + \frac{0,05}{0,106} \right) \times 24 = 2305 \frac{l}{h} = 2,3 \frac{m^3}{h}$$

Se Q è la portata di ventilazione forzata, l'obiettivo è quello di garantire:

$$\frac{V}{Q} \leq 10\% LEL$$

ovvero:

$$\frac{2,3}{Q} \leq 0,1 \times 0,006 \Rightarrow Q \geq 3841 \frac{m^3}{h}$$

Questa sarà la portata che il nostro ventilatore dovrà garantire.

(4) In pratica, numericamente, il peso molecolare espresso in grammi.

(5) È sufficiente una rapida ricerca su internet per ottenere la formula chimica della molecola e, in alcuni casi, direttamente il peso molecolare.

Misure ambientali

Se la ventilazione è la misura più efficace per tutelare i lavoratori dai rischi derivanti da un'atmosfera inquinata o sotto-ossigenata, l'esecuzione di monitoraggi di alcuni parametri nell'aria dello spazio confinato sono il suo naturale complemento per verificare che la bonifica sia andata a buon fine e che le condizioni di sicurezza durante i lavori siano mantenute.
Le misure da eseguire sono le seguenti:
1) Concentrazione di ossigeno.
2) Presenza di atmosfere infiammabili o esplosive.
3) Presenza di sostanze tossiche o nocive.
Se lo strumento non esegue contemporaneamente la misura di tutti e tre questi parametri, essi devono essere rilevati nell'ordine suddetto: infatti, una bassa concentrazione di ossigeno nell'ambiente (inferiore, in genere, al 15%) può dare errori nella misura della concentrazione di atmosfere esplosive. Inoltre, come detto in precedenza, se l'inquinante è sia infiammabile che tossico, il superamento del LEL è quasi sempre garanzia del superamento del TLV (e dunque si può dare per scontata la tossicità dell'atmosfera) ma, a prescindere, il riscontro della presenza di un'atmosfera esplosiva pone immediati problemi di sicurezza, anche all'esterno dello spazio confinato (eventualità da non scartarsi, comunque, anche nel caso di sostanze pericolose).
Le misure devono essere eseguite prima dell'accesso nello spazio confinato e, rigorosamente, senza accedervi, misurando dall'esterno tutti i punti raggiungibili dell'ambiente, usando piccole aperture disponibili ed evitando di spalancare i portelli dei passi d'uomo, i tombini, ecc. Qualora non siano raggiungibili tutti i punti nello spazio confinato, il lavoratore addetto al monitoraggio dovrà entrare indossando i necessari DPI, avanzando e misurando per gradi dall'accesso fino al fondo.
Un fattore da tenere in considerazione e del quale devono essere informati i lavoratori è il cosiddetto "tempo di risposta" del sensore, dichiarato dal produttore. Si tratta del tempo necessario affinché lo strumento restituisca (in genere) il 90% del valore finale (T_{90}), per quanto vengano forniti spesso anche i valori del T_{50} (tempo per ottenere il 50% del valore finale): sostanzialmente è il tempo minimo in cui è necessario "pazientare" prima di concludere la lettura del parametro. Si tenga presente che il raggiungimento di un T_{90} può richiedere anche qualche decina di secondi a cui sommare il tempo necessario, qualora lo strumento sia dotato di prolunga con pompa, perché il gas da misurare raggiunga il sensore. Il monitoraggio deve essere eseguito in continuo durante le lavorazioni all'interno dello spazio confinato in tutte quelle situazioni in cui sono possibili modifiche delle condizioni ambientali nel tempo.
Altrettanto importanti sono i limiti di utilizzo degli strumenti, ovvero le condizioni ambientali dichiarate dal costruttore (presenza di specifici inquinanti, limiti di temperatura e umidità, ecc.) che potrebbero determinare gravi errori negli esiti della misura. Anche su questo aspetto è di fondamentale importanza l'informazione da fornire ai lavoratori, affinché abbiano la necessaria cura della strumentazione, non esponendola a situazioni che potrebbero danneggiarla, rendendola inefficace.
Un aspetto sul quale spesso si fa confusione è il cosiddetto *bump test*, una sorta di controllo interno eseguito dallo strumento dopo averlo collegato ad una fonte di gas di concentrazione nota, mediante il quale si verifica che i sensori corrispondenti e gli allarmi diano la risposta attesa. Tale prova deve essere eseguita periodicamente (anche quotidianamente se vi è il sospetto che lo strumento possa essere stato esposto a condizioni fuori dai limiti previsti dal costruttore). Questa prova, tuttavia, non costituisce in nessun caso una calibrazione dello strumento, operazione (prevista in automatico da alcuni costruttori con la stessa stazione di *bump test*, qualora questo desse esito negativo) che è invece necessaria per compensare la diminuzione della sensibilità dei sensori col passare del tempo.
Sempre a proposito di calibrazione, è di rilevante importanza la conoscenza del gas utilizzato per calibrare il sensore dell'esplosimetro. Senza entrare nel merito dei principi di funzionamento di questi analizzatori, la loro risposta dipende dal tipo di gas o vapore campione usato come riferimento. È solo rispetto a questo, infatti (metano, propano, pentano o loro miscele, in genere) che le concentrazioni che saranno visualizzate saranno corrette, mentre se il gas presente nello spazio confinato oggetto della misura è differente dal gas di calibrazione, si potranno avere anche errori di un fattore 2 o maggiore.
Per questo motivo, i produttori di questi strumenti, all'interno dei manuali d'istruzione ed uso, forniscono delle tabelle o delle curve di correzione che permettono di ricalcolare il valore di lettura qualora il gas di calibrazione fosse di natura diversa da quello misurato.
Ad ogni modo, se si considera che la letteratura tecnica prevede che le attività negli spazi confinati possano essere eseguite con concentrazioni di gas infiammabili non superiori al 5% o al 10% (in quest'ultimo caso monitorando in continuo) del limite

inferiore di infiammabilità che, a sua volta, è una percentuale generalmente compresa tra 0,6% e 5% di gas in aria, si comprende come errori anche minimi nell'uso o interpretazione dei fattori di correzione, sommati a errori strumentali e di misura, possano condurre ad esiti nefasti, operando in atmosfere potenzialmente pericolose. Per questo motivo, laddove possibile, occorrerebbe sempre utilizzare esplosimetri calibrati con il medesimo gas che dovrà essere oggetto della misura. Evidentemente, anche questi aspetti devono essere oggetto di specifica informazione nei confronti dei lavoratori.
Per quanto riguarda, invece, i rilevatori di sostanze tossiche, l'aspetto più rilevante da tener presente è la conoscenza esatta del gas di cui si intende rilevare la concentrazione, poiché questo tipo di sensori sono sensibili esclusivamente ad un solo gas (frequentemente monossido di carbonio ed idrogeno solforato).
Infine, prima di eseguire una misura della concentrazione di ossigeno all'interno dello spazio confinato, è sempre opportuno eseguire una misura della concentrazione di ossigeno nell'aria al suo esterno (tipicamente l'esito sarà compreso tra 20,3 e 20,8%). Differenze della concentrazione di ossigeno tra interno ed esterno dello spazio confinato andrebbero sempre indagate. Questo perché, anche qualora la concentrazione di ossigeno all'interno dell'ambiente fosse superiore al 19,5% (quindi sufficiente per la respirazione), occorrerebbe chiedersi che cosa componga la differenza: moltissime sostanze tossiche sono pericolose anche a concentrazioni inferiori ad un punto percentuale in aria, corrispondente a 100 ppm, per esempio proprio l'idrogeno solforato.

Permesso di lavoro

È lo strumento organizzativo per eccellenza per lo svolgimento di lavori negli spazi confinati, attraverso il quale è possibile verificare che tutte le misure di tutela necessarie per consentire l'accesso sicuro dei lavoratori, siano state poste in essere prima che venga data l'autorizzazione definitiva all'ingresso nell'ambiente pericoloso.
Inoltre, attraverso il permesso di lavoro si assicura che sia avvenuto il necessario coordinamento tra colui il quale richiede l'esecuzione del lavoro e l'esecutore che, in molti casi, è un soggetto esterno all'organizzazione committente e, pertanto, privo di conoscenza dei rischi specifici che possono esserci nel singolo spazio confinato.
Evidentemente, per essere efficace, la sua applicazione non deve essere burocratica: al contrario, le valutazioni, le comunicazioni ed i controlli previsti sul permesso di lavoro dovranno essere effettivamente e scrupolosamente eseguite prima di apporre la propria firma sul documento.
Vale la pena riferirsi, per comprendere la struttura di un permesso di lavoro ed il corrispondente sistema di autorizzazioni, alla norma UNI 10449:2008 "Manutenzione - Criteri per la formulazione e gestione del permesso di lavoro" che suddivide il documento in 8 sezioni, ciascuna oggetto di compilazione e di firma da parte dei soggetti responsabili ai quali, in via esemplificativa, sono affidati i compiti descritti di seguito.

Supervisore dei lavori

È il soggetto gerarchicamente più sovraordinato tra quelli incaricati dei lavori in questione. Potrebbe essere lo stesso datore di lavoro o un dirigente, per esempio, dell'ufficio tecnico, manutenzione, *facility management*. Ha compiti di verifica e controllo di alto livello e garantisce il rispetto delle prescrizioni previste nel permesso di lavoro.

Responsabile di unità

Può essere considerato il responsabile del reparto (unità) presso il quale viene eseguito il lavoro. Egli pertanto avrà il compito di fornire, attraverso la compilazione dell'apposita sezione del permesso di lavoro:
— informazioni sui rischi specifici presenti nell'ambiente e sulle misure da adottare;
— prescrizioni per la messa in sicurezza dell'area;
— prescrizioni per impedire che durante i lavori mutino le condizioni ed i rischi a causa dell'operatività del reparto.

Responsabile operativo

In funzione della complessità della struttura aziendale, questa figura potrebbe anche coincidere col responsabile di unità o con un capoturno. Si tratta in sostanza del soggetto che seguirà materialmente i lavori per tutto il loro svolgimento. A lui spettano i compiti di:
— verifica, controllo e garanzia che tutte le prescrizioni siano state eseguite;
— autorizzazione all'inizio dei lavori;
— verifica e controllo dall'esterno che durante l'esecuzione dei lavori persistano le condizioni al contorno necessarie;
— comunicazione alla squadra che esegue i lavori di qualunque informazione inerente il mutamento delle condizioni di rischio.

Preposto

È il preposto della squadra che materialmente esegue i lavori, sia se si tratti di una squadra interna che di una ditta appaltatrice. Egli deve trasferire ai lavoratori della squadra tutte le informazioni sui rischi e sulle misure da adottare; applicare e fare applicare tutte le misure di tutela di propria competenza.

Non esistendo un modello unico di permesso di lavoro, ogni azienda dovrà riferirlo alla propria organizzazione e alle proprie peculiarità, a partire dalla tipologia di spazi confinati che sono stati censiti, dei rischi in essi presenti e delle misure di prevenzione e protezione che devono adottarsi per lo svolgimento in sicurezza del lavoro.

In genere la durata del permesso di lavoro non supera quella del turno lavorativo e, in tutti i casi di modifica in corso d'opera delle condizioni in esso indicate (es. insorgenza di nuovi rischi, impossibilità di continuare ad impiegare alcune misure di tutela, necessità di prendere pause, rilevazione di potenziali inquinanti durante i lavori, sostituzione del personale, ecc.), deve essere quanto meno sospeso (da qui la necessità della sezione "rinnovi" nello schema previsto dalla norma UNI 10449) e, prima che i lavori riprendano, dovranno essere ripetute tutte le verifiche precedentemente previste, eventualmente integrandole con le nuove informazioni. In molti casi potrebbe essere necessario revocare il permesso di lavoro e procedere col rilascio di una nuova autorizzazione.

