

I COV NEGLI AMBIENTI DI LAVORO

Di Alessandro Negrini – Ingegnere libero professionista, esperto di sicurezza

Per quanto costituiscano un problema estremamente diffuso, è spesso complicato distinguere tra i diversi inquinanti presenti nell'aria che respiriamo: in questo, i COV (Composti Organici Volatili) non fanno eccezione. Conoscerne le specificità, tuttavia, facilita il lavoro di chi studia il modo di migliorare la qualità della vita dei lavoratori nei diversi ambienti di vita.

COSA SONO I COV?

Col generico acronimo "COV" si è soliti riferirsi ad un'ampia categoria di sostanze dette "Composti Organici Volatili"[1] tra cui figurano molteplici sostanze chimiche caratterizzate da gruppi funzionali diversi tra loro e con comportamenti chimico-fisici difforni, ma tutte accomunate da un'elevata volatilità, ossia da una marcata attitudine – tipica, ad esempio, di certi solventi organici[2] – a passare allo stato di vapore a temperatura ambiente, miscelandosi facilmente con l'aria e, in certi casi, con l'acqua.

Tra i COV, figurano diverse varietà ordinarie di:

- idrocarburi alifatici (es. butano, propano ecc.), comunemente allo stato liquido e impiegati per l'estrazione dei grassi, ovvero per rimuovere macchie, smalti, pitture[3]. Sono piuttosto diffusi, ad esempio, nei profumi, nei propellenti, nei refrigeranti e/o negli insetticidi;
- idrocarburi aromatici (es. benzene, toluene, xilene ecc.) che rivestono, tra l'altro, un ruolo primario nel contesto dell'industria petrolchimica (carburanti) e della produzione dei polimeri;
- alogenoderivati (es. alcuni pesticidi e sgrassatori), alcoli e aldeidi, nonché un'articolata serie di composti di cloro e/o fluoro come i clorofluorocarburi (CFC) e gli idroclorofluorocarburi (HCFC)[4].

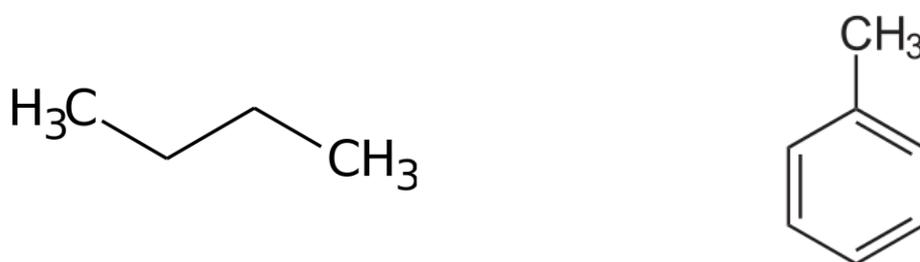


Figura 1 - Struttura del butano (a sinistra) e del toluene (a destra)

Con ciò, sin dal nostro primo approccio ad un argomento così vasto, appare evidente che l'esatta classificazione di una o più sostanze all'interno di questa macro-categoria imponga il ricorso a criteri rigorosi e in continuo aggiornamento, anche in riferimento alla ricerca scientifica e alla normativa internazionale.

Se, ad esempio, la Direttiva 2004/42/CE definisce i COV come "qualsiasi composto organico avente un punto di ebollizione iniziale pari o inferiore a 250 °C, misurato ad una pressione standard di 101.3 kPa" (Art. 2,

Comma 5) e ne riporta un inquadramento su base applicativa (Allegati I e II)[5], l'Organizzazione Mondiale per la Sanità (OMS) applica una differente classificazione, distinguendo tra composti organici:

- molto volatili (VVOC) con un punto di ebollizione da < 0 a 50-100 °C;
- volatili (VOC) con un punto di ebollizione da 50-100 a 240-260 °C;
- semivolatili (SVOC) con un punto di ebollizione da 240-260 a 380-400 °C;
- associati a materiale particolato (POM) con un punto di ebollizione superiore a 380 °C.

Un'ulteriore classificazione[6], ripartisce i composti organici volatili in:

- biogenici, se emessi in natura (es. terpeni);
- antropogenici, se emessi in conseguenza di attività umane (es. solventi derivati dal petrolio).

Per quanto concerne specificamente le emissioni atmosferiche antropogeniche, la Direttiva UE 2016/2284 ha introdotto la categoria dei COVNM (Composti Organici Volatili Non Metanici) da intendersi come "tutti i composti organici, diversi dal metano, che possono produrre ossidanti fotochimici per reazione con gli ossidi di azoto in presenza di radiazioni solari" (Articolo 3, Comma 7) e ponendo l'accento sul fatto che i COV, mediante reazioni fotocatalitiche, possano produrre "smog fotochimico" che va ad aggiungersi al novero dei numerosi inquinanti già comunemente presenti nell'aria.

Classification of Inorganic Organic Pollutants (adapted from WHO)

Description	Abbreviation	Boiling Point Range (°C)	Example Compounds
Very volatile (gaseous) organic compounds	WVOC	<0 to 50-100	Propane, butane, methyl chloride
Volatile organic compounds	VOC	50-100 to 240-260	Formaldehyde, d-Limonene, toluene, acetone, ethanol (ethyl alcohol) 2-propanol (isopropyl alcohol), hexanal
Semi volatile organic compounds	SVOC	240-260 to 380-400	Pesticides (DDT, chlordane, plasticizers (phthalates), fire retardants (PCBs, PBB))

Figura 2 - Classificazione dei COV secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS)

In modo più intuitivo, l'esperienza diretta ci mostra come la produzione di COV sia associabile ad una grande varietà di fonti, siano esse all'aperto (sorgenti outdoor) o al chiuso (sorgenti indoor), in rapporto agli effetti prodotti da:

- veicoli, macchinari, attrezzature e impianti (industriali, ma anche civili, es. i comuni impianti di riscaldamento domestico);
- materiali costruttivi (es. laminati trattati con formaldeide, tappezzerie, moquette ecc.), isolanti e/o di rivestimento (anche a scopo decorativo, funzionale e/o protettivo);
- sostanze e miscele (es. biocidi, colle, resine, deodoranti, vernici, pesticidi, cosmetici, smalti ecc.);
- abitudini quotidiane (es. la cottura dei cibi, il fumo di tabacco e sigarette ecc.).

QUANTO SONO PERICOLOSI I COV?

Dando per assunto che i COV sono estremamente comuni e che, in parte, derivano da fenomeni naturali (es. come nel caso dei terpeni provenienti dagli oli essenziali di origine vegetale), l'attenzione si concentra necessariamente su quella varietà di composti che possono rappresentare un rischio per la salute umana: non a caso, negli ultimi trent'anni si è accresciuto in modo via via più rilevante l'interesse nei confronti dell'inquinamento atmosferico in genere così come dello studio dei danni correlati a singole sostanze di pericolosità conclamata (es. classificate dalla IARC come cancerogene e/o mutagene).

In quest'ottica, al netto di una crescente tendenza rivolta all'attività sistematica di ricerca e sostituzione sul mercato delle sostanze giudicate più nocive (es. CFC, cloruro di metilene, MTBE ecc.), resta la consapevolezza che – trovandoci nell'impossibilità di creare e mantenere ambienti di vita ad "emissioni zero" – diventa cruciale valutare fattori ulteriori, quali:

- il tasso di evaporazione e la concentrazione dei COV stessi;
- la compresenza di altri inquinanti (es. particolato atmosferico, radon[7] ecc.)
- i criteri di ventilazione degli ambienti al chiuso;
- il tipo di attività svolte negli ambienti in analisi e il relativo impegno aerobico (più o meno intenso);
- il tempo di esposizione di ogni soggetto in funzione del suo metabolismo e di altri parametri specifici legati al suo profilo (es. genere, età, patologie pregresse ecc.) nonché alla capacità polmonare individuale (che può variare da 0.4 a 0.7 m³/h negli adulti in salute, riducendosi ad es. nei fumatori e nei bambini);
- dall'esistenza di particolari ambiti nei quali la limitata disponibilità di spazio (es. mezzi di trasporto collettivi) e/o la presenza di vincoli strutturali (es. edifici storici) vincola fortemente le possibilità di adottare le migliori soluzioni tecniche teoricamente esistenti.

Il ragionamento che ne deriva prende dunque le mosse da un assunto di base, ovvero dalla constatazione che il nostro stile di vita ci porta, mediamente, a trascorrere al chiuso circa il 90% del nostro tempo e che, di conseguenza, la concentrazione di COV negli ambienti indoor – specie in presenza di fonti emissive continue e di un ridotto ricircolo dell'aria – risulta dalle 2 alle 5 volte maggiore rispetto a quelli rilevati all'aperto[8] generando effetti sulla salute riconducibili ad un duplice profilo di tossicità:

- di tipo acuto (a breve termine), dovuta ad una limitata (o intermittente) esposizione nell'arco di una giornata e legata ad effetti moderati (es. mal di testa, nausea, irritazioni a occhi, gola e naso, dispnea, vertigini, asma ecc.);
- tossicità di tipo cronico (a lungo termine), imputabile ad un'esposizione continuata nel tempo e in grado di originare danni più gravi che vanno solitamente ad interessare il sistema nervoso centrale, i reni e/o il fegato dando origine a patologie il cui decorso può manifestarsi anche dopo anni, rendendone difficile la diagnosi e la cura tempestiva.

I COV NEGLI AMBIENTI DI LAVORO

Se le considerazioni sin ora poste appaiono interessanti in sé per quel che concerne le attività quotidiane, a prescindere dal loro contesto e finalità, ecco che guadagnano un'importanza particolare nel momento in cui ci concentriamo sugli ambienti lavorativi anche e soprattutto alla luce delle ulteriori complessità legate al difficile equilibrio tra le legittime aspettative in fatto di qualità dell'aria da parte di tutti i soggetti coinvolti e le responsabilità di chi, come il Datore di Lavoro, è chiamato a garantire elevati standard di sicurezza, igiene e salubrità dei luoghi di lavoro nel loro complesso.

In quest'ottica, l'obiettivo delle "emissioni zero" rappresenta – per lo più – un traguardo utopistico perché:

- il monitoraggio e la gestione in continuo della qualità dell'aria sono processi normalmente soggetti ad un margine di errore residuale, anche in relazione alle soglie di rilevamento poste dalla normativa;
- la problematica è trasversale a pressoché tutti i settori applicativi ed è complicata dalla concomitanza con altre priorità di pari (o superiore) importanza (es. ambienti ATEX);
- alcune tipologie di comparti (specie nell'ambito dell'industria di processo e/o petrolchimica) non possono eliminare né sostituire a priori le sostanze a fondamento delle particolari attività di trasformazione, stoccaggio e distribuzione cui sono deputate.

Resta inoltre l'incognita rappresentata dall'evoluzione dei processi d'avanguardia che, inevitabilmente, introduce un fattore d'incertezza per quel che concerne l'evenienza legata al rilascio imprevisto di COV nel corso di attività non tradizionali (è il caso delle problematiche allo studio negli ultimi anni per quel che riguarda la stampa 3D[9]), il che ci riporta ad una delle sfide più difficili che si pongono a quanti si occupano professionalmente di sicurezza sul lavoro, ossia comprendere quali eventuali risvolti nocivi caratterizzino le nuove tecnologie ai loro esordi.

COME RILEVARE I COV?

La stima della concentrazione di COV presenti nell'aria può essere effettuata immediatamente con dei rilevatori portatili oppure, con maggior precisione, utilizzando fiale campionatrici contenenti materiali adsorbenti (es. carbone attivo) differenti a seconda della sostanza ricercata: questa attività di campionamento segue norme specifiche (es. la ISO 16200) e si articola, a sua volta, secondo dinamiche differenti (es. campionamento attivo in flusso oppure passivo / diffusivo).

La capacità adsorbente delle fiale campionatrici permette di identificare un ampio novero di sostanze organiche (es. idrocarburi, composti clorurati ecc.), ma richiede la successiva analisi da parte di laboratori specializzati e non fornisce, perciò, risultati istantanei.

Tra le strumentazioni a misurazione diretta, ricordiamo i fotoionizzatori PID (Photo Ionization Detector) portatili che permettono di valutare la concentrazione totale di COV nell'ambito di una prima indagine preliminare, cui far seguire campionamenti mirati: l'installazione di PID fissi, specie per il monitoraggio degli impianti di condizionamento, rientra comunque tra le opzioni che richiedono analisi in laboratorio per ottenere un dato tracciabile. Esistono in commercio, tuttavia, anche dispositivi che permettono di svolgere attività di monitoraggio autonome, con risultati qualitativi fruibili nell'arco di un lasso di tempo variabile che va dai pochi minuti a qualche settimana, in funzione della soglia di attendibilità desiderata e della sostanza ricercata.

Table 3 Most substantial emission substances from 3D printing with PLA, ABS or nylon.

	TVOC emission	Volatiles (ref. no. in	Comments
Table 1)			
PLA	7-12 µg/min 7-12 µg/min 7-12 µg/min 770 µg/m ³ -not stated	Lactide, 50-75% of TVOC (3) 2,2-butoxyethanol, 25% of TVOC (3) Chloromethyl methyl sulphide 25% of TVOC (3) Methyl metacrylate 37% of TVOC (4) Aldehydes (2)	Plastic monomer Solvent/additive? Degradation product from additive? Monomer Degradation products?
ABS	25-160 µg/min 25-160 µg/min -not stated	Styrene 30-80% of TVOC (3) Propylene glycol 33% of TVOC (3) Aldehydes (2)	Plastic monomer Solvent? Degradation products?
Nylon	App. 180 µg/min	Caprolactam app. 90% of TVOC (3)	Plastic monomer

? indicates that it is our assumption and that specific knowledge is lacking.

The table also shows that 3D printing with ABS and 3D printing with nylon result in substantially higher TVOC emissions than 3D printing with PLA. The share of aldehyde emission of TVOC is unspecified, but the emission levels of aldehydes from ABS and PLA are comparable according to Kim et al. (2015).

Figura 3 - Stampa 3D e rilascio di COV (Ministry of Environment and Food of Denmark, 2017)

GESTIRE LA QUALITÀ DELL'ARIA

In base alle evidenze raccolte negli anni, emerge un nesso diretto tra la qualità dell'aria (negli ambienti chiusi, in particolare) e l'abbattimento efficace della percentuale di COV, prendendo atto che:

- i tradizionali criteri tecnico-sanitari per lo studio della salubrità dell'aria possono essere affinati e tramutati in una leva significativa nella gestione dei composti organici volatili;
- una maggiore attenzione ai parametri microclimatici e agli indici di comfort termico costituisce un passaggio cruciale per ottenere dei risultati sul breve-medio periodo;
- negli ambienti al chiuso, una corretta gestione degli impianti aeraulici (ventilazione, climatizzazione e condizionamento) ha ricadute significative nel miglioramento della salute occupazionale.

Nello specifico, è interessante rilevare come gli impianti aeraulici (HVAC) abbiano un ruolo preponderante nelle dinamiche di diffusione degli inquinanti aerodispersi così come sul contenimento degli agenti nocivi in genere (es. "sindrome da edificio malato"): questo impatto è trasversale e diffuso, comprendendo sia la sfera residenziale / domestica sia i diversi settori lavorativi, a partire dai contesti a maggior priorità (es. scuole, ospedali, case di cura, luoghi di aggregazione ecc.), ma senza tralasciare il caso specifico rappresentato dai mezzi di trasporto collettivi (es. autobus, metropolitane, aerei ecc.).

Con ciò, anche alla luce di quanto appreso nel corso della recente emergenza sanitaria, l'attenzione alla qualità dell'aria attuata mediante opportune soluzioni tecniche di ventilazione meccanica controllata (VMC) e di filtrazione costituisce indubbiamente una delle risorse strategiche di immediata efficacia (se non la più risolutiva) tra le varie tipologie di protezione collettiva a disposizione di chi voglia migliorare la qualità della vita dei lavoratori nei diversi ambienti di vita.

NOTE

[1] In inglese, "Volatile Organic Compounds" o "VOC".

[2] I solventi apolari (es. gli alcani, i cicloalcani, il benzene, il toluene ecc.) hanno una bassa costante dielettrica e non solubilizzano specie ioniche, benché agiscano eventualmente da basi di Lewis (es. etossietano).

[3] Gli idrocarburi alifatici sono in gran parte idrofobici e apolari poiché includono anche varietà nelle cui catene di carbonio sono presenti alogeni, ossigeno, azoto o zolfo.

[4] In passato, i CFC erano largamente impiegati come propellenti per gli aerosol, come refrigeranti e nella produzione di materie plastiche espanse (ossia, come agenti porofori). Essendo ritenuti all'origine della riduzione dello strato di ozono presente nella stratosfera, tuttavia, i legislatori internazionali ne hanno via via bandito la produzione e l'uso (a tal riguardo, si veda la Legge 16 giugno 1997 n. 179 per quel che concerne l'Italia), estendendo tali limitazioni anche agli HFC (idrofluorocarburi) e agli HCFC (seppure la loro azione sull'ozono sia inferiore a quella dei composti interamente alogenati).

[5] In ambito nazionale, si veda il D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152, Art. 268, Comma II, che definisce "composto organico volatile (COV): qualsiasi composto organico che abbia a 293,15 K una pressione di vapore di 0,01 kPa o superiore, oppure che abbia una volatilità corrispondente in condizioni particolari di uso".

[6] Il confine tra le due categorie è labile, in realtà, dato che esistono svariati composti biogenici presenti in natura che vengono poi elaborati dall'industria di processo, dando origine a composti antropogenici.

[7] Per chi volesse approfondire, suggeriamo "[Radon: cos'è e quanto è pericoloso?](#)", INGENIO, 2019.

[8] A tal riguardo, si vedano gli studi di EPA in merito alla "Total Exposure Assessment Methodology (TEAM)" (Voll. 1-4) a partire dal 1985.

[9] D'interesse, ad esempio, la "Risk Assessment of 3D Printers and 3D Printed Products" condotta ad opera del Ministry of Environment and Food of Denmark.

BIBLIOGRAFIA

- "Composti Organici Volatili (COV)". Roma: Ministero della Salute, 2015;
- Direttiva 2004/42/CE (21 aprile 2004) relativa alla "limitazione delle emissioni di composti organici volatili dovute all'uso di solventi organici in talune pitture e vernici e in taluni prodotti per carrozzeria e recante modifica della Direttiva 1999/13/CE";
- Direttiva UE 2016/2284 (14 dicembre 2016) concernente "la riduzione delle emissioni nazionali di determinati inquinanti atmosferici, che modifica la Direttiva 2003/35/CE e abroga la Direttiva 2001/81/CE";
- D.Lgs. 3 aprile 2006 n. 152 (Testo Unico Ambiente), "Norme in materia ambientale";
- "Indoor Air Pollution. An Introduction for Health Professionals". Environmental Protection Agency, 2015;
- Rapporto ISTISAN 13/04, "Strategie di monitoraggio dei composti organici volatili in ambiente indoor". Roma: Istituto Superiore di Sanità, 2013.
- "Risk Assessment of 3D Printers and 3D Printed Products". Ministry of Environment and Food, 2017;
- "WHO Guidelines for Indoor Air Quality: Selected Pollutants". World Health Organization, 2010.