

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO CHIMICO NEI LABORATORI DI RICERCA: ANALISI CRITICA DEI MODELLI DI CALCOLO ALLA LUCE DEL NUOVO TESTO UNICO IN MATERIA DI SALUTE E SICUREZZA SUL LAVORO

F. D'ORSI*, E. PIETRANTONIO *

Introduzione.

I laboratori di ricerca rappresentano realtà lavorative nelle quali si utilizza un elevato numero di sostanze chimiche pericolose per la salute e per la sicurezza in quantità generalmente ridotte. Costituiscono un'eccezione i solventi organici ed inorganici che sono presenti, invece, in genere in quantità significative. La presenza di agenti chimici pericolosi è intrinseca al tipo di attività e nella maggior parte dei casi non è possibile eliminarli o sostituirli con sostanze meno pericolose. In aggiunta, non sempre sono completamente noti gli effetti sulla salute delle sostanze pericolose utilizzate, in quanto non tutte sono classificate nella UE, secondo i criteri espressi dai decreti legislativi 52/1997 e 65/2003 e dal regolamento europeo REACH. Alcune di esse possono anche formarsi come prodotti secondari dalle più diverse reazioni (sintesi, decomposizione, ossidazione, ciclizzazione, epossidazione, alchilazione ecc...) e seppur non rientrando nelle materie prime utilizzate, devono essere comunque valutate. La situazione viene ulteriormente complicata dal fatto che non sempre le metodiche utilizzate nei laboratori di ricerca possono essere standardizzate. La modifica delle tecniche e delle metodiche analitiche utilizzate in tempo reale, costituisce una peculiarità di questa attività lavorativa, per cui le modifiche possono intervenire anche nel corso dell'analisi stessa. L'autonomia del ricercatore nel gestire l'esperimento scientifico, spesso non si associa a scelte di prevenzione e protezione dei rischi chimici, che necessitano di un tempo precedente di valutazione e programmazione. E' noto inoltre che nel settore è diffusa la presenza di forme di lavoro precarie quali: borse di studio, assegni di ricerca, contratti di collaborazione saltuaria che determinano un elevato turn over di personale con estrema difficoltà nel ricostruire la carriera lavorativa e le esposizioni ai singoli inquinanti.

Rimane comunque, anche in questi casi peculiari, l'obbligo per il datore di lavoro di effettuare la valutazione del rischio chimico per ogni agente chimico pericoloso ed è necessario adottare strumenti efficaci ed adatti a descrivere il rischio

* Servizio Prevenzione e Sicurezza Ambienti di Lavoro- ASL RMC.

in situazioni di tali complessità. Il nuovo testo unico della Sicurezza sul lavoro in materia di rischio chimico, art. 233 D.Lgs. 81 del 9 aprile 2008, richiama gli stessi principi già espressi dall' art. 72 *quater* c. 1 del titolo VII bis del precedente D.Lgs. 626/1994 e definisce i criteri per una corretta valutazione del rischio chimico che devono essere adottati. Essi valgono per qualunque strumento utilizzato per la valutazione del rischio chimico siano esse misure (ambientali o personali di inquinanti), stime predittive del rischio o modelli di calcolo matematici.

Valutazione del rischio da agenti chimici pericolosi.

La valutazione del rischio chimico deve essere effettuata preliminarmente all'inizio dell'attività in cui vi è eventuale presenza di agenti chimici pericolosi per la salute e per la sicurezza ed ha inizio con il censimento di tutte le sostanze e preparati presenti nel ciclo lavorativo. Il documento di valutazione del rischio deve contenere le seguenti informazioni (art. 223 D.Lgs. n. 81 del 9 aprile 2008):

1. analisi del processo lavorativo e classificazione delle mansioni;
2. identificazione degli agenti chimici pericolosi;
3. proprietà pericolose degli agenti chimici identificati;
4. le informazioni sulla salute e sicurezza comunicate dal produttore o dal fornitore tramite la relativa scheda di sicurezza predisposta ai sensi dei decreti legislativi 3 febbraio 1997, n. 52 e 16 luglio 1998, n. 285 e successive modifiche; oppure, in alternativa, le informazioni ricavate dalla letteratura scientifica;
5. il livello, il tipo e la durata dell'esposizione;
6. le circostanze in cui viene svolto il lavoro in presenza di tali agenti, compresa la quantità degli stessi;
7. i valori limite di esposizione professionale o i valori limite biologici;
8. gli effetti delle misure preventive e protettive adottate o da adottare;
9. le eventuali azioni di sorveglianza sanitaria già intraprese;
10. la definizione del livello di rischio per ogni sostanza "irrilevante per la salute e basso per la sicurezza" o meno secondo l'art.224 del Nuovo Testo unico D.L.gs. n. 81 del 9 aprile 2008 (che nel D.Lgs. 626/1994 veniva definito con il termine "moderato") anche attraverso l'utilizzo di modelli e/o algoritmi.

La valutazione dei rischi per la salute segue il modello universale della curva dose-risposta (fig. 1). Su questa curva possono essere stabiliti 2 livelli di soglia: il valore limite ed il livello di azione. Il primo indica il livello di esposizione che non deve essere superato; il secondo il livello a cui scatta l'obbligo di adottare misure di prevenzione specifiche (sorveglianza sanitaria, formazione, DPI, sistemi di prevenzione collettiva, ecc.), si tratta cioè di un livello a cui il lavoratore può essere esposto a condizione che vengano adottate le misure preventive.

Generalmente al di sopra del valore limite la maggior parte dei lavoratori corre

il rischio di ammalarsi, mentre tra il livello di azione ed il valore limite verosimilmente si possono ammalare solo i soggetti ipersuscettibili. Al di sotto del livello di azione, infine, l'esposizione è talmente bassa che nessun lavoratore (nemmeno un ipersuscettibile) può ragionevolmente ammalarsi.

Nel caso del rischio chimico, il valore limite corrisponde ai valori limite ponderati (VLP) per le singole sostanze, indicati dalle norme di legge o, in assenza di norme, dagli organismi scientifici, mentre il livello di azione corrisponde ad un livello genericamente definito moderato dal D.Lgs. 626/1994 o irrilevante per la salute dal Testo Unico D.Lgs. n. 81 del 9 aprile 2008.

In ogni caso:

- il livello di azione corrisponde per definizione alla soglia al di sotto della quale non sono necessarie le misure di prevenzione specifiche;
- non è ammissibile classificare una lavorazione al di sotto del livello di azione per effetto dell'abbattimento dell'esposizione ottenuto adottando le misure specifiche.

In base a criteri, metodi e finalità della valutazione distinguiamo tre situazioni molto diverse (fig. 2).

- Valutazione preliminare del rischio.* Costituisce il primo approccio ad una situazione in cui sono presenti agenti chimici pericolosi. Si basa su dati informativi (documentali e di osservazione) come le schede di sicurezza delle sostanze o preparati usati, i quantitativi, i tempi di esposizione, le caratteristiche del lavoro, ecc. In base all'esito della valutazione preliminare si può procedere ad una valutazione approfondita ovvero si può concludere che non è necessario procedere ulteriormente. In quest'ultimo caso presumibilmente, dalle informazioni preliminari è stato possibile concludere che l'esposizione è inequivocabilmente al di sotto del livello di azione (rischio irrilevante).
- Valutazione approfondita del rischio.* In tutti i casi in cui la valutazione preliminare non consente di giungere ad una definizione di rischio certa, si rende necessario una valutazione più approfondita qualitativa e quantitativa che prevede l'utilizzo di algoritmi o misure ambientali. In questo caso in base all'esito della valutazione si può concludere sia che l'esposizione sia sopra il livello di azione, sia che sia al di sotto (rischio irrilevante).
- Verifica del rispetto del valore limite di esposizione.* Prevede obbligatoriamente il ricorso a misure ambientali e si riferisce a tutte quelle situazioni che non solo superano il livello di azione, ma che potrebbero superare anche il valore limite. Quindi le misure ambientali non sono sempre necessarie, ma solo quando non vi è altro modo di verificare il rispetto del valore limite di esposizione.

Se analizziamo poi le azioni che devono essere intraprese in caso di superamento del VLP, vediamo che esse devono essere tutte estremamente tempestive.

Quindi il monitoraggio ambientale non può essere sporadico, il riscontro di un eventuale superamento del VLP non può essere occasionale, ma occorre stabilire una funzione di probabilità di (superamento del VLP in base alla quale pianificare anche la frequenza dei controlli (rappresentatività spazio temporale del dato secondo la norma UNI 689).

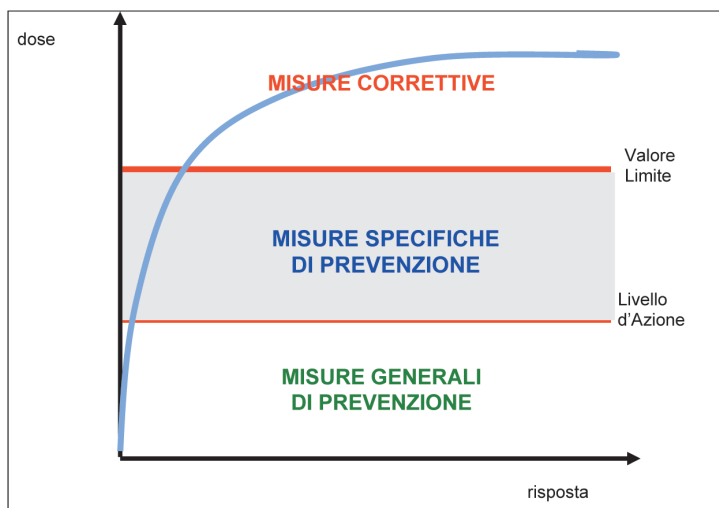


Fig. 1: Modello di valutazione dei rischi per la salute: misure da attuare.

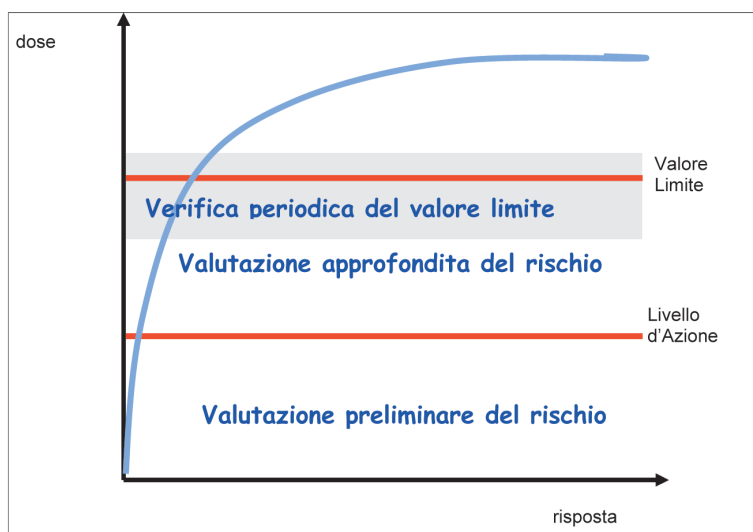


Fig. 2: Modello di valutazione dei rischi per la salute: metodi di valutazione.

Il livello di rischio.

La definizione del livello di rischio da agenti chimici pericolosi deve avvenire per ogni sostanza utilizzata nell'ambiente di lavoro, e la definizione di tale giudizio può avvenire utilizzando o meno modelli matematici. In ogni caso il datore di lavoro deve poter fornire una giustificazione convincente e razionale di come è pervenuto a tale risultato.

Nel caso di attività in cui l'esposizione di un lavoratore ad una sostanza pericolosa proviene da più sorgenti (es. da prodotti diversi) sarà necessario considerare l'esposizione totale.

Nel caso di attività lavorative che espongono uno stesso lavoratore a più agenti chimici pericolosi la valutazione del rischio dovrà tenere conto anche degli effetti sinergici e combinatori, se necessario verranno utilizzate concentrazioni miscela .

Nei casi in cui è prevedibile una notevole esposizione ad agenti chimici pericolosi, come la manutenzione o le operazioni di bonifica di siti inquinati, il datore di lavoro considera gli effetti sulla salute e la sicurezza anche se le condizioni di pericolo permangono dopo aver adottato tutte le misure tecniche possibili.

Impiego di algoritmi e modelli per la valutazione del rischio chimico.

Per poter ottenere una valutazione del rischio basata su criteri oggettivi che non siano le misurazioni, sono stati elaborati dei modelli matematici che utilizzano dei descrittori in forma di funzioni algebriche le quali tengono conto delle caratteristiche di pericolosità di una sostanza o preparato e degli effetti che questa può avere sui lavoratori. La validità di tali modelli di calcolo dipende dalla completezza con cui sono valutati tutti i parametri che descrivono le diverse realtà lavorative e dalla possibilità di verificare i risultati ottenuti con la situazione presente sul luogo di lavoro. Gli algoritmi utilizzati nei modelli sono funzioni algebriche che assegnano un valore numerico a fattori o parametri che intervengono nella valutazione del rischio pesando tutti i contributi. Tutti i fattori individuati vengono elaborati tramite le funzioni definite nei modelli e forniscono un indice numerico, valutato all'interno di una scala che definisce il livello di rischio presente nella situazione analizzata. Affinché un algoritmo possa essere considerato applicabile, è necessario che possieda le seguenti caratteristiche:

1. individuazione precisa dei fattori che determinano il rischio;
2. individuazione precisa del peso dei fattori del rischio;
3. essere descritto da funzione matematica che correla tutti i fattori tra loro;
4. individuazione della scala dei valori dell'indice in funzione del livello di rischio.

L'impiego di modelli che utilizzano algoritmi capaci di giungere ad un giudizio sintetico, sono particolarmente vantaggiosi nel caso di piccole e medie imprese ove esiste un'elevata variabilità delle mansioni lavorative, dei tempi di esposi-

zione, e delle modalità di uso degli agenti chimici pericolosi. Tale giudizio sintetico, proprio per la variabilità delle situazioni che si verificano, è importante venga verificato mediante una valutazione da parte di un esperto e dal medico competente designato dal datore di lavoro.

Requisiti dei modelli matematici e delle stime del rischio chimico per la struttura dei modelli e la progettazione delle misure.

Ogni strumento di valutazione del rischio chimico (algoritmi, misure e stime del rischio) deve essere conforme a quanto previsto dalla norma e soddisfare tutti i requisiti minimi:

- a) Requisiti minimi previsti dalla norma:
 - a.1 la valutazione dei rischi deve essere effettuata per ogni agente chimico pericoloso sia per la Salute che per la Sicurezza;
 - a.2 deve considerare le proprietà pericolose;
 - a.3 deve considerare il livello, il tipo e la durata dell'esposizione;
 - a.4 deve considerare le circostanze in cui viene svolto il lavoro in presenza di tali agenti, compresa la quantità degli stessi;
 - a.5 deve riferirsi ai TLV e ai VLB.

Analizziamo di seguito il processo di valutazione del rischio chimico con lo scopo di fornire indicazioni sull'idoneità degli algoritmi scelti ed utilizzati più comunemente e, nella nostra esperienza, di alcuni dei laboratori di ricerca presenti nel territorio della ASL RMC.

Il processo di valutazione del rischio chimico si può schematizzare come segue secondo quanto previsto dalla norma:

- a.1. Analisi del ciclo produttivo: viene studiato l'intero ciclo di lavoro, alla luce degli agenti chimici utilizzati dai vari gruppi omogenei di lavoratori.
Identificazione degli agenti chimici pericolosi: si deve tenere conto di sostanze e preparati classificati pericolosi dalle norme di etichettatura; di prodotti di processo (esempio i fumi di saldatura), di sostanze e preparati non classificati ancora pericolosi, ma che per loro proprietà chimico-fisiche o tossicologiche possono essere considerati tali. Considerare le proprietà pericolose per la Salute e la Sicurezza.
- a.2. Le proprietà pericolose possono essere ricavate per le sostanze, con una certa precisione, dalla classificazione e dalle proprietà chimico-fisiche e tossicologiche anche tramite le banche-dati. Quando si ha invece un preparato, l'onere della definizione delle proprietà di pericolo è a carico del fornitore/produttore/distributore che deve darne indicazione sulla scheda di sicurezza. La prassi dimostra che i dati sono spesso contraddittori e inaffidabili e inducono a valutazioni del rischio chimico errate, per questo è preferibile prendere in considerazione le singole sostanze presenti nel preparato e non il preparato nel suo insieme, anche perché, mentre esistono regole

per classificare il preparato, non esistono regole per ricavare facilmente i dati chimico fisici del preparato dalle singole sostanze se non in casi molto semplici.

- a.3 La fase successiva del processo di valutazione del rischio chimico è la definizione del livello, tipo, e durata dell'esposizione ad ogni agente chimico pericoloso. Tali parametri indicano chiaramente che si deve tenere conto della quantità di agente chimico pericoloso presente sia in massa (solido, liquido) che come vapore, della sua dispersione, delle modalità con cui viene a contatto con l'organismo del lavoratore (esposizione inalatoria, cutanea, ingestione) e della durata di tale esposizione. Ciò implica che ogni modello di calcolo deve contenere nella struttura del proprio algoritmo tutti i parametri seguenti: quantità delle sostanze pericolose, tipologia dell'esposizione e tempo di esposizione, proprietà chimico-fisiche e tossicologiche.
- a.4. Inoltre l'esposizione, e quindi la valutazione del rischio, deve essere ricondotta alla mansione o gruppo omogeneo di lavoratori, come espresso dall'insieme dei fattori espressi dalla norma in cui viene espressamente indicato di tenere conto delle circostanze lavorative. Tale concetto viene ulteriormente rafforzato dalla norma UNI 689 in cui il processo di valutazione del rischio chimico si basa proprio sulla sostanza e sulla mansione.

La maggior parte degli algoritmi di valutazione del rischio chimico in ambiente di lavoro esistenti si basa sulla relazione fondamentale $R = P \times E$, in cui il fattore P viene espresso dalle proprietà di pericolo per la salute e per la sicurezza ricavabili dalla classificazione delle sostanze pure e dei preparati. Le norme di classificazione vigenti sono, per le sostanze pure, il D.Lgs. 52/1997 mentre per i preparati il D.Lgs. 65/2003 e loro successive modifiche o adeguamenti al progresso tecnico. Attualmente è stato recepito il 29° ATP e il più recente regolamento europeo REACH. Tali classificazioni possono essere considerate caratteristiche di ogni sostanza quindi non modificabili. In particolare i dati forniti nelle schede di sicurezza (che costituiscono un elemento importante da cui partire per la valutazione del rischio) per le sostanze pure sono abbastanza certe, in quanto direttamente confrontabili anche con quelli indicati nelle norme di classificazione. Diversamente accade per le schede di sicurezza dei preparati in cui le informazioni dichiarate dai fornitori/distributori del preparato, nella filiera del mercato, spesso sono errate e inaffidabili. Ad esempio molte volte il preparato viene impropriamente classificato non pericoloso, anche se contiene quantità rilevanti di specie pericolose e vengono disattese le regole di classificazione descritte dal D.Lgs. 65/2003. Tali errori di classificazione derivano spesso dal fatto che poche volte le schede di sicurezza vengono redatte, come richiede la norma, da personale qualificato, ma più spesso si utilizzano software generici che non riescono a sostituire le competenze di un tecnico specializzato. Poiché tutto il processo di valutazione del rischio chimico parte dalla corretta definizione dei pericoli associati ad un agente chimico pericoloso è certamente più corretto incentrare la valutazione sulla sostanza piuttosto che sul prepara-

to di cui si hanno spesso informazioni imprecise ed è certamente più complesso verificarne la classificazione e le proprietà. Le sostanze infatti sono sempre indicate nella scheda di sicurezza con la loro indicazione n. CAS, EINECS, ELINCS, e la composizione percentuale (in peso o volume). Quindi è facile verificare la classificazione delle sostanze presenti nel preparato ricercando e verificando, nei database dei siti ufficiali di classificazione o nelle banche dati in commercio, l'esattezza dei dati espressi nella scheda ai fini della corretta valutazione. Inoltre, anche se la norma consente di valutare il rischio da agenti chimici pericolosi sia per sostanze che per preparati, focalizzando l'analisi del rischio sulle sostanze riconduciamo la valutazione agli stessi criteri che vengono poi applicati quando si effettuano misure di inquinanti in ambiente di lavoro. Le misure, infatti, vengono eseguite sulle singole sostanze, non sul preparato, e il campionamento tiene conto delle loro proprietà chimico-fisiche e tossicologiche. In modo analogo, per poter ottenere risultati confrontabili, è necessario adottare gli stessi criteri di pesatura del rischio, sia per valutare le esposizioni personali a xenobiotici attraverso lo strumento della misura e il suo confronto con i valori limite che attraverso modelli di calcolo previsionale del rischio o stime semiquantitative di esposizione secondo quanto previsto dalla norma e dalla UNI 689. I TLV sono mediamente definiti sulle sostanze, i DPI vengono scelti in funzione delle sostanze e così il protocollo sanitario è scelto sulle sostanze. I DPI potranno altresì essere scelti in modo opportuno perché qualunque scheda tecnica dei DPI di protezione dal rischio chimico è sempre riferita alle sostanze e mai ai preparati commerciali.

Criteri di rispondenza dell'esito della valutazione del rischio chimico con algoritmi e con misure

Misure	Algoritmi
Identificazione delle sostanze proprietà chimico fisiche	Applicazione del calcolo sulla sostanza proprietà chimico fisiche
Campionamenti personali	Riconduzione del rischio alla mansione
TLV	Classificazione Etichettatura
Misure specifiche solo per verificare il controllo del rischio	Misure specifiche solo per verificare il controllo del rischio

Coerentemente anche le misure di prevenzione e protezione specifiche e i campionamenti di inquinanti verranno scelti in funzione delle specie chimiche più pericolose presenti nell'ambiente di lavoro.

I modelli che si basano sulle classificazioni di pericolo per la salute e per la sicurezza devono contenere tutti i requisiti precedenti per poter essere considerati validi ed incentrare il processo di valutazione del rischio chimico sulla sostanza e sulla mansione per fornire risultati paragonabili a quelli ottenuti con le misure. Inoltre nella struttura dell'algoritmo, per la definizione del livello di rischio, non possono essere considerate le misure specifiche (quali ad esempio i dispo-

sitivi di protezione individuali, la formazione, l'informazione, i sistemi di captazione alla fonte), in quanto, come previsto dalla norma all'art. 225 del D.Lgs. n. 81 del 9 aprile 2008, esse vengono adottate quando il rischio chimico non è irrilevante. E' possibile invece tenere conto delle misure specifiche non tanto per valutare il livello di rischio irrilevante per la salute e/o basso per la sicurezza o meno, ma soprattutto per verificare l'efficacia delle misure specifiche adottate (caso in cui il rischio è sotto controllo).

Impostare la valutazione del rischio chimico sulla sostanza e sulla mansione e discriminare il rischio per la salute da quello per la sicurezza fornisce ulteriori vantaggi.

Il livello di rischio può risultare irrilevante per la salute per alcune sostanze e per altre no e il protocollo sanitario può essere scelto in modo coerente ed appropriato. Se, viceversa, vi è un rischio non basso per la sicurezza non devono essere definite visite mediche sul fattore di rischio chimico, ma si dovrà verificare se esistono le condizioni per effettuare la valutazione del rischio da atmosfere esplosive.

Esempio n. 1 (Cheope)

Partendo dalla definizione dei termini del rischio come prodotto della frequenza con cui si verifica un evento dannoso e la magnitudine, intesa come intensità del danno generato $R = f \times m$, l'algoritmo in esame considera degli indici moltiplicativi che tengono conto di vari contributi (che valutano il livello di esposizione) per poter calcolare il rischio dovuto all'utilizzo di un agente chimico pericoloso. Gli indici considerati in questo modello tengono conto di un indicatore di esposizione che include:

- i parametri che descrivono la frequenza dell'evento in assenza di misure di prevenzione pf;
 - i parametri che descrivono le misure di prevenzione (riduzione della frequenza) prf;
 - i parametri che descrivono la magnitudo del danno in assenza di misure di protezione pm;
 - i parametri che descrivono le misure di protezione (riduzione della magnitudo del danno) prm;
- ed è calcolato come produttoria di tutti i coefficienti precedenti e di un indicatore del pericolo dato dalla produttoria dei parametri senza tenere conto delle misure di prevenzione e protezione adottate.

Vengono poi definiti:

un indice di pericolo di esposizione = IPE = $\text{Log}(\text{indicatore rischio}) \bullet = \sum_i (\text{pf})_i + \sum_k (\text{pm})_k$;

un indice di rischio di esposizione = IRE = $\text{Log}(\text{indicatore rischio}) \bullet = \sum_i (\text{pf})_i + \sum_j (\text{prf})_j + \sum_k (\text{pm})_k + S(\text{prm})_l$.

Il modello in esame considera le seguenti modalità di esposizione:

- inalazione;

- contatto con la pelle;
- ingestione;
- irraggiamento;
- onda d'urto.

Il modello consente di valutare i rischi per la salute e per la sicurezza dovuti all'utilizzo di agenti chimici pericolosi.

Per quanto riguarda i pericoli per la salute considera effetti di:

Tossicità acuta, Irritazione, Corrosività, Sensibilizzazione, Tossicità per dose ripetuta, Mutagenicità, Cancerogenicità, Tossicità riproduttiva.

Per i pericoli sulla sicurezza considera:

Esplosività, Infiammabilità, Potere ossidante, instabilità o incompatibilità, stato chimico-fisico dell'agente chimico pericoloso.

Il modello matematico in esame utilizza dei valori numerici che corrispondono alle caratteristiche intrinseche di pericolosità della sostanza considerata nelle circostanze di lavoro e dei coefficienti che, considerando anche le misure di prevenzione e protezione messe in atto, pesano i singoli fattori che contribuiscono a definire il livello di rischio. In conclusione si ottiene un valore numerico del livello di rischio per ogni sostanza che viene confrontato con dei valori considerati di sicurezza o a maggior rischio. Ad esempio, in questo caso un indice di rischio < 0.16 è considerato certamente moderato, un valore > 4 non moderato e tutti i casi intermedi vengono valutati singolarmente.

Questo modello, essendo tra i primi proposti, certamente ha avuto il merito di tentare di creare un algoritmo per il calcolo del rischio, tuttavia presenta delle criticità, che alla luce delle esperienze ormai raccolte a livello nazionale, andrebbero risolte. Le più rilevanti riguardano: il parametro che esprime la quantità di agente chimico pericoloso non è inserito nell'algoritmo di calcolo, il modello inoltre considera nel calcolo del rischio anche i cancerogeni (per i quali non si applica il concetto di irrilevante per la salute), abbatte i livelli di rischio tramite le misure specifiche (formazione, DPI, sistemi di captazione alla fonte ecc.). Necessita quindi di un utilizzatore che conosca molto bene la sua struttura per poterne correggere le non conformità alla norma.

Esempio n. 2 (modello Emilia Romagna MOVARISK)

Il modello consente di valutare unicamente i rischi sulla salute e considera come punto di partenza la relazione $R=P \times E$ (pericolo per esposizione): l'indice di pericolo da cui partire viene ricavato dalla classificazione della sostanza e ad ogni frase di rischio viene assegnato un valore di riferimento. Questo modello consente di valutare i rischi per la salute dovuti all'utilizzo di agenti chimici pericolosi calcolando separatamente il rischio inalatorio e quello cutaneo e, quindi, di poter calcolare quello cumulativo come radice quadrata della somma dei quadrati dei due contributi.

Di seguito sono riportati alcuni esempi dei valori "score" assegnati in funzione delle classi di rischio definite dall'etichettatura delle sostanze e preparati.

Tabella 7

FRASI R	Testo	Score
20	Nocivo per inalazione	4.00
20/21	Nocivo per inalazione e contatto con la pelle	4.35
20/21/22	Nocivo per inalazione e contatto con la pelle e per ingestione	4.50
20/22	Nocivo per inalazione e per ingestione	4.15
21	Nocivo a contatto con la pelle	3.25
21/22	Nocivo a contatto con la pelle e per ingestione	3.40
22	Nocivo per ingestione	1.75
23	Tossico per inalazione	7.00
23/24	Tossico per inalazione e contatto con la pelle	7.75
23/24/25	Tossico per inalazione, contatto con la pelle e per ingestione	8.00
23/25	Tossico per inalazione e per ingestione	7.25
24	Tossico a contatto con la pelle	6.00
24/25	Tossico a contatto con la pelle e per ingestione	6.25
25	Tossico per ingestione	2.50
26	Molto Tossico per inalazione	8.50
26/27	Molto Tossico per inalazione e contatto con la pelle	9.25
26/27/28	Molto Tossico per inalazione, contatto con la pelle e per ingestione	9.50
26/28	Molto Tossico per inalazione e per ingestione	8.75

La determinazione dello score di pericolo è effettuata in modo pesato dalla graduatoria di pericolosità in funzione delle categorie di pericolo proposte nell'etichettatura. Assegnando i valori maggiori alla via di assorbimento inalatorio e diminuendoli per la via cutanea e mucose, fino ai valori più bassi assegnati per la via di assorbimento per ingestione.

Il modello fa riferimento sia alle caratteristiche intrinseche di pericolosità degli agenti chimici pericolosi che alle concrete situazioni d'uso che determinano il rischio reale esprimibile come prodotto tra pericolosità intrinseca e grado di esposizione dei lavoratori. L'esposizione dipende da molti fattori come quantità utilizzate, modalità d'impiego, frequenza di esposizione, distanza dalla fonte di emissione, mansione, misure di prevenzione e protezione attuate ecc. che vengono pesati tramite dei coefficienti.

Per calcolare l'esposizione inalatoria il modello considera la distanza del lavoratore dalla sorgente inquinante (aumentando la distanza diminuisce l'indice), le caratteristiche dell'agente chimico pericoloso valutando:

- proprietà chimico fisiche;
- quantità d'uso;
- tipo d'uso (sistema chiuso, incluso in matrice)...;
- modalità di controllo (ventilazione, aspirazione locale)...;
- tempo di esposizione;

Per quanto riguarda il parametro che valuta l'esposizione cutanea esso considera il contatto con solidi o liquidi (l'esposizione cutanea a vapori viene considerata trascurabile). L'indice di esposizione cutanea tiene conto di:

- tipo d'uso (sistema chiuso, incluso in matrice)...;
- livelli di contatto cutaneo crescente secondo una scala di quattro gradi (da nessun contatto a contatto esteso).

Il modello in esame fornisce delle classi di rischio per le quali è definibile un livello di rischio irrilevante o meno secondo la definizione del Nuovo Testo Unico e richiede di avere alcune accortezze:

1. il rischio deve essere calcolato per ogni posto di lavoro e per ogni sostanza e preparato pericoloso utilizzato;
2. la classificazione del livello di rischio deve avvenire in base al valore più alto trovato;
3. anche nell'assegnazione degli score si deve applicare il valore più alto nei casi in cui un preparato presenti più simboli di pericolo;
4. la valutazione di esposizione cutanea è obbligatoria ogni volta che una sostanza riveli la possibilità di un rischio di assorbimento cutaneo.

Questo modello non consente di valutare il rischio da agenti chimici cancerogeni per i quali è comunque estremamente difficile e impossibile definire un livello di rischio irrilevante. E' un modello di ampio utilizzo e dal quale sono stati sviluppati i modelli di nuova generazione sempre più precisi.

Es. n. 3 Modello applicativo proposto dalla regione Piemonte INFORISK

Il modello non si applica ai rischi derivanti dall'esposizione a sostanze cancerogene e mutagene. Il processo valutativo applicato dal modello riguarda:

1. censimento di tutti gli agenti chimici pericolosi;
2. verifica dell'esistenza di dati biostatistici relativi al processo produttivo, cioè di dati "consolidati" capaci di rappresentare realmente le condizioni di esposizione e di rischio analizzate nell'ultimo triennio dell'attività dell'azienda.

I dati biostatistici sono relativi a:

1. presenza di patologie professionali;
2. superamento in almeno il 10% della popolazione dei valori BEI;
3. alterazione in almeno il 10% della popolazione degli indici di effetto (precedenti indagini ambientali evidenziano valori superiori al 50% dei valori limite);
4. esposizione a sensibilizzanti.

La positività di almeno una delle condizioni vincolanti dei dati biostatistici esclude la possibilità di definire un livello di rischio moderato secondo il D.Lgs. 626/1994, ma necessita di approfondimenti.

Il metodo quantitativo ad indici considera tre fattori:

1. gravità intrinseca potenziale dell'agente chimico pericoloso;
2. durata dell'effettiva esposizione all'agente chimico pericoloso;
3. livello di esposizione (qualitativa/quantitativa).

Tali fattori vengono ponderati secondo le seguenti scale:
per calcolare il fattore di gravità vengono utilizzati i criteri di classificazione delle sostanze e dei preparati pericolosi.

Tabella 8

Classe	GRAVITÀ	
0 assente	Assenza di effetti prevedibili	
1 lieve	Effetti reversibili	R22-36-37-38-66
2 modesta	Effetti potenzialmente irreversibili	R20-21-25-34-35-41-65
3 media	Effetti sicuramente irreversibili	R23-24-28-43-67
4 alta	Effetti irreversibili gravi	R26-27-42-62-63-64-68
5 molto alta	Effetti possibilmente letali	R33-39-40-47-48-60-61

Nei casi in cui la scheda di sicurezza, da cui si ricavano le informazioni sull'etichettatura, risulti datata o incompleta o non evidenzi una corretta classificazione, si dovrà attribuire una categoria di pericolo alla sostanza in base alle caratteristiche tossicologiche note dalla letteratura, e associare ad essa un indice di gravità conseguente.

Tabella 9

DURATA	
1 occasionalmente	<10 % orario di lavoro
2 frequentemente	10-25% orario di lavoro
3 abitualmente	26-50% orario di lavoro
4 sempre	51-100% orario di lavoro

Tabella 10

LIVELLO DI ESPOSIZIONE	
Evento	Esposizione/condiz. Operative
0 assente	
1 lieve	Lieve/altamente protettive
2 modesta	Moderata/protettiva
3 media	Media/poco protettiva
4 alta	Alta/assai poco protettiva
5 molto alta	Molto alta/non protettiva

Per il fattore livello di esposizione si considera un livello di probabilità stimata Ps, che varia da 1 a 5 in funzione delle quantità di sostanza utilizzata per addetto per settimana.

Tabella 11

Ps livello di esposizione/kg o litri/settimana/addetto	
1	1
2	1-10
3	10-100
4	100-1000
5	>1000

La probabilità stimata viene corretta in funzione:

1. dello stato fisico della sostanza:

- gas (+1);
- liquido:
 - $T_{eb} > 150\text{ }^{\circ}\text{C}$ (0);
 - T_{eb} tra 50 e $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ (+0,5);
 - $T_{eb} < 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (+1);
- solido in rapporto alla respirabilità:
 - non respirabile (granuli o scaglie) (0);
 - respirabile (+1);

2. della tipologia dell'impianto:

- a ciclo chiuso e sigillato (-3);
- a ciclo chiuso ma con carico e scarico manuale (-2);
- a ciclo chiuso ma con carico e scarico manuale e con periodici e limitati interventi manuali (-1);
- processo in remoto (-1);
- manuale (0);
- manuale in condizioni di esercizio non adeguate (+1);

3. del tipo di processo:

- senza apporto di energia termica (0);
- con apporto di energia termica (+0.5);
- senza apporto di energia meccanica (0);
- con apporto di energia meccanica (+0.5);

4. dell'esistenza di dispositivi di protezione tecnica:

- con piani di manutenzione programmata (-1);
- strutturalmente idonea, ma senza piani di manutenzione programmata (-0.5);
- possibile contatto cutaneo (+0,5).

Per il calcolo del fattore di esposizione si considera l'esistenza di dati sul monitoraggio biologico e/o di rilievi igienistico-ambientali. Vengono definiti i livelli di probabilità biologica (P_b) e di probabilità ambientale (P_a) che variano da 1 a 5.

Tabella 12:

Fattori che influenzano il calcolo del livello di esposizione.

Pb o Pa	Rapporto tra i valori misurato e i valori limite TLV e BEI
0	I valori misurati \leq ai dati relativi all'esposizione della popolazione generale
1	<10%
2	11-25%
3	26-50%
4	51%-100%
5	>100%

Per il coefficiente della probabilità ambientale è previsto un addendo correttivo di +0.5 dovuto alla possibilità di contatto cutaneo significativo e viene applicato se la sostanza o preparato ha una delle seguenti frasi di rischio R21-24-27-34-35-38-43-66. Laddove esistano sia il P_b che il P_a si utilizza il valore più elevato.

Tabella 13

Classi di rischio	Misure specifiche di protezione e prevenzione
0-10 basso	Non necessarie
11-25 modesto	Opportune a medio termine
26-50 medio	Opportune a breve termine/necessarie a medio termine
51-75 alto	Indispensabili a breve termine
76-100 molto alto	urgenti

La definizione delle classi si basa su concetti empirici non fondati su metodi di analisi statistico-epidemiologica. Il prodotto dei tre fattori ottenuti dalla valutazione dei fattori di rischio porta ad un indice dei rischi espresso in una scala da 0 a 100 così rappresentata:

Il modello in esame considera come rischio "moderato" secondo il D.Lgs. 626/1994 quello per cui si ottiene un valore dell'indicatore di rischio compreso tra 1 e 10.

A.R.Chi.M.E.D.E.

Il modello Archimede valuta il rischio chimico alla luce delle più recenti interpretazioni espresse più volte dalle regioni. Infatti tutta la valutazione del rischio

è incentrata sul concetto di rischio moderato = irrilevante per la salute e basso per la sicurezza. Ciò ha reso tale modello assolutamente aggiornato al Nuovo Testo Unico D.Lgs. n. 81 del 9 aprile 2008, il quale recepisce integralmente tale definizione eliminando finalmente ogni ambiguità.

Il modello consente di valutare il livello di rischio irrilevante per la salute e basso per la sicurezza (moderato secondo il D.Lgs. 626/1994) o meno, riferendosi sia ai rischi per la salute che a quelli per la sicurezza dei lavoratori, attraverso un processo, che, considerando i gruppi omogenei di lavoratori, gli agenti chimici pericolosi utilizzati, le quantità di sostanze e preparati utilizzati e le circostanze di lavorazione, formula un giudizio di rischio sia per l'aspetto relativo alla salute dei lavoratori che a quello della sicurezza.

Il metodo utilizzato dal software consente, discriminando l'aspetto relativo alla salute del lavoratore da quello della sicurezza, di giustificare gli obblighi legislativi successivi e diversi a seconda dei casi, quali: la sorveglianza sanitaria, l'adozione di misure specifiche di prevenzione e protezione, la scelta dei dispositivi di protezione individuali, il monitoraggio ambientale e quello biologico degli inquinanti xenobiotici.

Il processo di valutazione del rischio chimico ha inizio con la percezione del rischio attraverso l'identificazione degli agenti chimici pericolosi che possono entrare (anche in forma previsionale) nel ciclo produttivo di qualunque unità produttiva, siano essi sostanze pure, preparati, prodotti utilizzati in forma di materie prime o prodotti di processo, che abbiano caratteristiche di pericolosità per la salute o per la sicurezza. Tale identificazione viene favorita fortemente utilizzando il software A.R.Chi.Me.D.E. che, essendo dotato della banca dati europea di classificazione delle sostanze pericolose secondo le direttive comunitarie in vigore e gli ultimi adeguamenti al progresso tecnico, supera il problema delle imprecisioni di classificazione, spesso riscontrato nelle schede di sicurezza dei prodotti commerciali.

Con il software è inoltre possibile integrare l'elenco in dotazione con sostanze nuove o non ancora classificate e con i dati disponibili dalla letteratura scientifica, e considerare anche i prodotti di processo.

Ogni frase di rischio determinata dalla classificazione ha un valore di pericolo (punteggio) in funzione della maggiore o minore pericolosità che viene pesato all'interno dell'algoritmo. La possibilità di inserire nell'elenco degli agenti chimici pericolosi, anche sostanze o preparati non presenti negli elenchi ufficiali di classificazione, risolve agevolmente il problema della valutazione dei prodotti di processo quali ad esempio i fumi di saldatura, gli olii esausti od altro.

Se il prodotto utilizzato è classificato in una categoria ad elevato rischio intrinseco, costituita ad esempio da sostanze cancerogene, mutagene, teratogene, con effetti irreversibili gravi non può dare origine ad un rischio irrilevante per la salute rispetto al quale anche la direttiva comunitaria madre prevede un livello di rischio irrilevante per la salute. Il toluene è una sostanza classificata come nociva e presente nel database del programma, non è quindi necessario applicare classificazioni proprie, ma verrà acquisita dall'archivio che corrisponde a quella ufficiale in vigore nella comunità europea.

Calcolo delle quantità degli agenti chimici.

La quantità delle sostanze utilizzate è certamente uno dei parametri rilevanti per quantificare il rischio, tuttavia si deve tenere conto della reale quantità a cui è esposto il lavoratore durante le diverse operazioni, come ad esempio nel caso in cui uno stesso solvente (ad es. il toluene) si trovi in più preparati a diverse concentrazioni.

Il software A.R.Chi.Me.D.E. calcola sia le coesposizioni, cioè la concentrazione reale di sostanza data dalle concentrazioni nei diversi preparati e dalle quantità di preparati utilizzate, che la concentrazione finale nel caso di sostanze diluite in preparati.

Valutazione dei pericoli.

Per valutare la quantità utilizzata giornalmente sarà necessario indicare l'elenco dei preparati in cui è presente la sostanza con la quantità utilizzata al giorno per ogni preparato (q_i) e la % p/p (c_i) in cui è presente (dato ricavabile dalla scheda di sicurezza).

Il programma calcola il quantitativo totale di sostanza a cui è esposto il gruppo omogeneo di lavoratori come $\sum c_i q_i$. Per il lavoratore che utilizza normalmente più prodotti che contengono una stessa sostanza, o la sostanza in più fasi di lavoro è quindi necessario e corretto valutare la quantità totale a cui è il lavoratore è esposto, piuttosto che l'esposizione parcellizzata in tanti prodotti che risulterebbe molto inferiore e non rappresentativa del reale intake giornaliero.

Esposizione inalatoria.

L'esposizione inalatoria dipende fortemente dalla capacità della sostanza di passare in fase vapore e dalle modalità di utilizzo. Per poter valutare tali effetti si è tenuto conto delle caratteristiche di volatilità e del tipo di dispersione, della distanza dell'operatore dalla fonte di emissione e dei tempi di permanenza nell'area contaminata.

L'indice di esposizione inalatorio E_{inal} viene calcolato come prodotto dell'intensità dell'esposizione (I) per la distanza (d) secondo la formula:

$$E_{\text{inal}} = I \times d$$

L'intensità dell'esposizione dipende da:

- 1 - proprietà chimico-fisiche;
- 2 - quantità d'uso;
- 3 - modalità d'uso;
- 4 - tipo di controllo;
- 5 - tempo di esposizione.

Le 5 variabili individuate consentono la determinazione del parametro (I). L'indice (d) tiene conto della distanza tra una sorgente di emissione e il lavoratore.

Nel caso in esame, la verniciatura a spruzzo con l'aerografo favorisce fortemente l'evaporazione di solventi quali toluene e l'esposizione diviene rilevante (uso con dispersione significativa).

L'uso delle necessarie maschere a carbone attivo, coerente con il livello di rischio inalatorio non irrilevante, non deve essere considerato come parametro di calcolo del rischio, in quanto costituisce una misura specifica di prevenzione e protezione.

Esposizione cutanea.

Gran parte delle sostanze possono migrare attraverso la cute. In particolare, i solventi, tra cui il toluene, espongono l'organismo umano ad un rischio per la salute classificato irritante per il contatto cutaneo.

La quantificazione del rischio cutaneo avviene in funzione della frequenza del contatto.

L'esposizione cutanea viene calcolata dalla formula:

$$E_{\text{cute}} = I \times d$$

L'indice di esposizione cutanea, che tiene conto della tipologia d'uso, della possibilità di disperdere in aria l'inquinante e delle modalità d'uso, viene espresso in 4 livelli crescenti di gravità.

Giudizio globale per la salute.

Il giudizio per la salute (I_{Giudizio}) inteso in senso globale, tiene conto dell'esito della valutazione del rischio sia per inalazione che per contatto cutaneo.

L'esito della valutazione del rischio di esposizione a toluene, nel caso di un verniciatore, fornisce un livello di rischio non irrilevante per la salute (vige l'obbligo della sorveglianza sanitaria) e per la sicurezza (si dovranno adottare misure specifiche di riduzione e contenimento del rischio e valutare anche il rischio da atmosfere esplosive).

Rischio per la sicurezza.

Per rilevare la presenza di un rischio per la sicurezza si è tenuto conto di valutazioni qualitative che riguardano la possibilità di generare nell'ambiente di lavoro reazioni sfavorevoli e pericolose, che possono dare origine ad incendi, esplosioni, sviluppo di calore ecc.

Giudizio di rischio per la salute.

Rischio irrilevante per la Salute

$0.1 \leq R < 15$ Rischio irrilevante

$15 \leq R < 21$ Intervallo di incertezza, è necessario analizzare nel dettaglio le misure di prevenzione e protezione adottate per definire il livello di rischio

Rischio non irrilevante per la Salute

$21 \leq R < 40$ Rischio non irrilevante

$40 \leq R < 80$ Rischio elevato

$R > 80$ Rischio grave, rivalutare ed implementare le misure di prevenzione e protezione, intensificare i controlli quali la sorveglianza sanitaria, i monitoraggi ambientali e personali, la manutenzione.

Giudizio conclusivo.

Il livello di rischio definito per sostanza e per mansione deve tenere conto sia del contributo della salute che di quello per la sicurezza: è sufficiente che risulti un livello non irrilevante per uno solo dei due contributi perchè il giudizio globale risulti non irrilevante e cambino di conseguenza gli adempimenti successivi da adottare.

Osservazioni.

Il calcolo del livello di rischio non deve tenere conto delle misure specifiche di prevenzione e protezione quali i DPI, la sorveglianza sanitaria e la formazione.

Principi e caratteristiche del modello A.R. Chi. Me. D. E.

Il modello consente la valutazione di un numero elevato di sostanze, la cui rilevazione ambientale, attraverso campionamenti istantanei o di lunga durata, sarebbe troppo costosa.

Possiede una banca dati costituita da circa 10.000 sostanze classificate.

Consente la valutazione dei prodotti di processo classificati e non classificati.

Consente la valutazione dell'esposizione a sostanze provenienti da più preparati, calcolando la concentrazione reale nei diversi prodotti ricavando così la reale esposizione.

Non utilizza, come previsto dalla norma, le misure specifiche per calcolare il rischio quali ad esempio i dispositivi di protezione individuale, la formazione, i sistemi di captazione alla fonte e la sorveglianza sanitaria.

L'impostazione della valutazione per sostanza conduce direttamente agli obblighi di sorveglianza sanitaria e dei monitoraggi ambientali degli inquinanti e alla scelta dei dispositivi di protezione individuale.

Distingue il giudizio di rischio per la salute e per la sicurezza consentendo la corretta determinazione delle misure specifiche di prevenzione e protezione da adottare. Infatti, la maschera in cui vengono rappresentati i giudizi di rischio per la salute e per la sicurezza riporta i valori degli indici di pericolo.

Evidenzia gli indici di rischio, consentendo al valutatore di rilevare immediatamente la causa per la quale si è avuto un certo risultato, offrendogli inoltre la possibilità di adottare azioni mirate per la riduzione del rischio.

Inoltre, per il calcolo del contributo di rischio relativo alla salute, il modello considera sia l'effetto per via inalatoria che per via cutanea indicandone i relativi indici di rischio e facilitando la scelta dei dispositivi di protezione individuali. Per quanto riguarda la valutazione del rischio per la sicurezza, essa viene effettuata valutando la possibilità che un agente chimico dia origine a reazioni pericolose con sostanze incompatibili, infiammabili, ecc.

Possiede un'interfaccia semplice per essere utilizzata anche da parte di un utente non troppo specializzato.

Infine, il modello è stato impostato in modo da non poter ridurre il livello di rischio per sostanze altamente pericolose quali quelle cancerogene e mutagene (di gruppo 1, 2, 3), per quelle capaci di dare origine ad effetti irreversibili, indipendentemente dalle misure generali e specifiche di riduzione dell'esposizione, in tutti i casi in cui viene valutata una sostanza di elevata pericolosità compaiono dei segnali di allarme "warning" che ne suggeriscono la sostituzione. Il modello fornisce quindi una valutazione per sostanza/preparato per ogni gruppo omogeneo di lavoratori dando informazioni coerenti con le misure specifiche da attuare (sorveglianza sanitaria, misure ambientali, dispositivi di protezione ambientali ecc.).

Vantaggi e criticità dei modelli.

I modelli che utilizzano algoritmi sono utili strumenti che consentono di valutare in modo oggettivo le caratteristiche di pericolosità e i rischi dovuti all'utilizzo di agenti chimici pericolosi. Tuttavia è essenziale avere sempre presente che tali modelli costituiscono strumenti che il valutatore può utilizzare e non sostituiscono in alcun modo il processo di valutazione del rischio. Per poter utilizzare correttamente i modelli è necessario conoscerne dettagliatamente le caratteristiche e le possibilità di applicazione: non sono infatti tutti equivalenti, ma possono valutare diversamente i parametri che definiscono il livello di rischio. La maggior parte dei modelli disponibili utilizza come punto di partenza la classificazione di pericolo delle sostanze deducibile dall'etichettatura. Per tale motivo assume un ruolo strategico possedere dei dati corretti e completi contenuti nella scheda di sicurezza. Inoltre per i prodotti di processo o per gli agenti chimici non correttamente etichettati, sarà necessario applicare una etichettatura "propria" capace di caratterizzare correttamente i pericoli dell'agente chimico (ciò è possibile basandosi sulle proprietà di composti analoghi di cui è dis-

ponibile una corretta etichettatura o dai dati di letteratura reperibili nelle banche dati presenti anche in internet dei siti ufficiali degli organismi internazionali che si occupano di salute e sicurezza del lavoro).

Gli algoritmi utilizzati per la valutazione del rischio da agenti chimici pericolosi sono relazioni matematiche che tengono conto di più contributi per la determinazione degli indici di rischio, espressi da coefficienti che “pesano” e quantificano gli effetti dell’agente chimico sul lavoratore che lo utilizza. Ogni singolo coefficiente contribuisce alla determinazione del livello di rischio dell’agente chimico e tiene conto delle caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche e delle proprietà correlate alla sicurezza nelle attività di manipolazione, uso e stoccaggio dell’agente chimico pericoloso. Anche i modelli più complessi costituiscono delle semplificazioni rispetto alla reale situazione lavorativa. Per tale motivo non possono essere utilizzati in modo acritico, ma è sempre necessario effettuare un’attenta analisi del posto di lavoro, degli agenti chimici pericolosi presenti, delle modalità di lavoro, delle misure di contenimento e di prevenzione e protezione adottate e di tutto il ciclo lavorativo. Inoltre è necessario che chiunque utilizzi un modello matematico per effettuare la valutazione del rischio di esposizione ad agenti chimici pericolosi, effettui dei controlli per verificarne la validità attraverso il confronto dei risultati ottenuti con situazioni analoghe e note, i dati di letteratura, i monitoraggi ambientali ed eventualmente operi delle correzioni per definire correttamente i livelli di rischio adottando comunque sempre criteri più cautelativi. Recentemente si sta cercando di validare alcuni modelli teorici confrontando i risultati da questi forniti con i dati sperimentali statistici sviluppati su comparti lavorativi omogenei. Tuttavia il percorso è ancora lungo e necessita di una sperimentazione estesa, in quanto gli algoritmi per la valutazione del rischio chimico non possono essere utilizzati in maniera esaustiva per i casi complessi come, ad esempio, nel caso in cui si formino prodotti di processo (quei prodotti generati in una fase lavorativa o in un processo e di cui non sempre si conoscono esattamente le caratteristiche e la quantità della specie presente), nel caso di esposizioni multiple allo stesso agente chimico pericoloso (quando una sostanza è presente in più prodotti, ma le esposizioni possono essere diverse) o di esposizioni contemporanee a più agenti chimici pericolosi (caso in cui si osservano effetti combinati tra le sostanze). Tuttavia i modelli presentano dei vantaggi quali quello di valutare un numero molto elevato di sostanze e di poter utilizzare database che forniscono informazioni sull’etichettatura delle sostanze pure o comunque la possibilità di creare degli archivi elettronici in cui conservare i dati di valutazioni e misure precedenti di realtà analoghe per poterli confrontare con quelli in studio.

Una ulteriore criticità presente nei modelli matematici è quella che sorge nella definizione della soglia di rischio moderato secondo il precedente D.Lgs. 626/1994. La norma vigente recepita nel Testo Unico D.Lgs. n. 81 del 9 aprile 2008 richiede al datore di lavoro di valutare se il livello di rischio dovuto all’esposizione ad un agente chimico pericoloso è irrilevante/basso o meno: i modelli visti precedentemente propongono valori diversi ottenuti con metodi diversi non sempre confrontabili tra loro. E’ quindi importante che il valutatore conoscendo “la struttura” del modello condivida il risultato ottenuto, tenendo sempre presente che il livello di rischio come definito dalla direttiva comunitaria recepita nel nostro paese è inteso come lieve e trascurabile (irrilevante per la salute e basso per

la sicurezza). Infatti può accadere che da un punto di vista strettamente matematico risulti un giudizio di rischio non rispondente alle reali condizioni di lavoro determinato dai contributi dei singoli indici di rischio. Il valutatore dovrà sempre avere sotto controllo il risultato, riconoscendolo come quello più ragionevole e convincente per la situazione in esame ed adottando comunque i criteri più protettivi per la salute e la sicurezza dei lavoratori. Un esempio è rappresentato dagli agenti chimici cancerogeni per i quali non è mai possibile definire un livello di rischio irrilevante, anche se alcuni modelli in opportune condizioni di utilizzo (piccole quantità e con misure di prevenzione e protezione rigorose) forniscono come risultato numerico livelli di rischio bassi.

Materiali e metodi.

Durante il corso del 2007 sono state analizzate realtà diverse di laboratori chimici in cui si effettuavano analisi di controllo qualità o ricerca applicata. Le metodiche analitiche utilizzate potevano essere ripetitive, e quindi ben definite all'interno del processo produttivo, oppure subire modifiche anche giornaliere, a seconda delle esigenze del responsabile della ricerca, in funzione dell'attività del laboratorio. La valutazione del rischio da agenti chimici pericolosi è stata in tutti i casi effettuata utilizzando modelli di calcolo matematico o stime qualitative del rischio chimico. Tale scelta prevista dalla norma è quasi necessaria, sia per il numero di sostanze utilizzate che è molto elevato sia per le piccole quantità di sostanze utilizzate, sia per l'efficacia delle misure di prevenzione e protezione specifiche adottate (sistemi di captazione alla fonte quali le cappe chimiche, dispositivi di protezione individuali ad esempio: guanti, camici, occhiali paraschizzi). Ciò non conferisce significato analitico ai campionamenti effettuati in tali condizioni. I modelli utilizzati dai laboratori in studio, sono tra quelli maggiormente accreditati denominati Movarisk ed Inforisk, promossi rispettivamente dalle regioni Emilia Romagna e Piemonte. Questi due modelli valutano unicamente il rischio per la Salute, mentre il modello di ultima generazione da noi adottato A.R.Chi.M.E.D.E. [1, 2] considera sia il rischio per la Salute che il rischio per la Sicurezza. Per questo motivo quest'ultimo risponde meglio ai requisiti previsti dalla norma circa i contenuti della valutazione del rischio chimico in ambiente di lavoro.

Il Servizio Pre.S.A.L. della ASL RMC ha promosso la ricerca allo scopo di fornire criteri univoci per l'utilizzo degli algoritmi e delle stime del rischio, al fine di ottenere risultati confrontabili nello stesso contesto lavorativo indipendentemente dallo strumento di valutazione del rischio chimico utilizzato (stime, algoritmi, misure). Per poter considerare un modello matematico affidabile, che consenta di ottenere risultati confrontabili con quelli ottenuti con le misure ambientali e personali, è necessario che esso si basi sugli stessi criteri con cui si effettua una misura.

Caratteristiche dei modelli utilizzati dagli enti di ricerca controllati dallo S.Pre.S.A.L.

Tutti i modelli di calcolo del rischio scelti dalle aziende in studio (A.R.Chi.M.E.D.E., Movarisk, Inforisk) si basano sul calcolo del rischio $R =$

P x E in cui il pericolo viene espresso dalla classificazione delle sostanze o dei preparati e l'esposizione può essere inalatoria, cutanea, per ingestione.

Il primo, A.R.Chi.M.E.D.E., valuta il rischio Salute e Sicurezza e incentra il sistema di valutazione sulla sostanza e sulla mansione, considera la reale esposizione a sostanze pericolose (coesposizioni) in quanto consente il calcolo della quantità reale di sostanza utilizzata, conoscendo tutti i prodotti in cui è presente, le concentrazioni (note dalla scheda di sicurezza) e la quantità di ogni prodotto utilizzato secondo la formula $q = \sum c_i \cdot q_i$. In tal modo viene evitata la parcellizzazione del rischio cosa che accade quando si valutano tanti preparati che contengono una stessa sostanza (un esempio è la carrozzeria dove il toluene è presente in ogni vernice a solvente, ma per ogni colore ne viene usata una quantità ridotta). Si considerano inoltre le proprietà chimico-fisiche e tossicologiche delle sostanze e le modalità di esposizione del lavoratore. La correttezza della valutazione deriva anche dal fatto che il modello possiede la banca dati europea di classificazione delle sostanze fino al 29° ATP, ciò significa che le sostanze da valutare vengono ricercate dal numero CAS, nome chimico, EINECS riducendo notevolmente eventuali errori di classificazione presenti nelle schede di sicurezza. È anche possibile valutare le sostanze non classificate o i prodotti di processo (esempio fumi di saldatura).

Il modello inoltre, permette di valutare il livello di rischio come previsto anche dal D.Lgs. n. 81/2008 senza includere nel calcolo le misure specifiche (DPI, formazione, captazione alla fonte degli inquinanti) e di valutare invece la loro efficacia. Il secondo e il terzo modello, rispettivamente Movarisk e Inforisk valutano il rischio Salute, consentono di impostare la valutazione sia sulle singole sostanze che sui preparati e permettono di valutare il livello di rischio, senza includere nel calcolo le misure specifiche (DPI, formazione, captazione alla fonte degli inquinanti) e di valutare invece la loro efficacia. Consentono di valutare anche specie non classificate (prodotti di processo).

La tabella seguente riassume i requisiti dei tre modelli.

Modello	A.R.Chi.M.E.D.E.	Inforisk	Movarisk
rischio salute	Si	Si	Si
rischio sicurezza	Si	No	No
Coesposizioni	Si	No	No
banca dati di classificazione	Si	No	No
indici di rischio	Si	Si	Si
valutazione per sostanza e per mansione	si-obbligatorio	si -opzionale	si -opzionale
Agenti Chimici Pericolosi non classificati	Si	Si	Si
prodotti di processo	Si	Si	Si
efficacia delle misure specifiche	Si	Si	Si
riproducibilità dei risultati con i dati ambientali	Si	-	-
caratteristiche chimico-fisiche	Si	Si	Si
caratteristiche tossicologiche	Si	Si	Si
assenza delle misure specifiche nel calcolo del rischio	Si	Si	Si
possibilità di valutare l'efficacia delle misure di prevenzione e protezione attuate	Si	Si	Si

Risultati ottenuti nei tre laboratori di ricerca analizzati.

Le tre attività nelle quali è stata ripercorsa l'intera analisi del rischio chimico, avevano al loro interno anche laboratori di analisi: la prima era di un ente di ricerca pura provvisto anche di laboratori biologici, la seconda riguardava un ente di ricerca applicata alla realizzazione di polimeri per la realizzazione di pneumatici, la terza riguardava un processo industriale tipografico con laboratori per il controllo di processo e qualità. L'interesse per tali attività è nato dalla circostanza che tutti dichiaravano la presenza di un rischio chimico moderato per la Salute (secondo il D.Lgs. 626/1994), ma adottavano misure specifiche di tutela richieste dalla norma solo in presenza di un rischio non moderato (secondo il D.Lgs. 626/1994). Riportiamo di seguito le non conformità riscontrate nelle tre aziende e i provvedimenti adottati a seguito dell'intervento effettuato dal Servizio di Prevenzione e Protezione della ASL RMC.

1° caso: ente di ricerca pura

La valutazione del rischio chimico era stata effettuata raccogliendo arbitrariamente in un'unica tabella gli agenti chimici pericolosi raggruppandoli grossolanamente per famiglie di rischio (dalle etichette: infiammabili, corrosivi, tossici, ecc.) e non sulle singole sostanze e per le varie mansioni. Tale scelta era assolutamente inaccettabile, dal momento che non teneva conto delle proprietà delle singole sostanze (acetone ed alcool metilico erano considerati insieme), né dal punto di vista chimico-fisico che tossicologico (TLV, temperature di ebollizione, densità, pressione di vapore, coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua ecc.). Ciò è stato giustificato dal datore di lavoro dal fatto che il numero di sostanze e preparati da valutare era elevato, che esisteva comunque un elevato turn over del personale (personale a contratto di collaborazione, borsisti assegnisti di ricerca) e che era complicato monitorare il rischio chimico con precisione. Inoltre dichiaravano un livello di rischio moderato perché venivano utilizzati DPI (guanti e mascherine) e si lavorava sempre sotto cappa. Tale metodo di valutazione del rischio chimico non rispondeva ai requisiti previsti dalla norma, precedentemente ricordati. Il Servizio Pre.S.A.L. ha ritenuto non rispettati gli obblighi di valutazione del rischio ed ha conseguentemente prescritto di ripetere la valutazione del rischio per ogni agente chimico pericoloso (in tal caso sostanze) per ogni mansione e tenendo conto delle proprietà chimico-fisiche, tossicologiche e delle modalità di lavoro. Per ripetere la valutazione del rischio l'azienda ha adottato il modello Ar.Chi.M.E.D.E. classificando per gruppi omogenei i laboratoristi in funzione del laboratorio di appartenenza e degli esperimenti effettuati normalmente in ogni laboratorio. Il risultato ottenuto ha consentito di determinare, solo per alcune sostanze, un rischio non moderato per la Salute adeguando l'esito della valutazione con la Sorveglianza Sanitaria già preesistente, ma rendendola coerente con i risultati delle valutazioni sulle singole sostanze. Hanno inoltre esteso la valutazione anche al rischio per la sicurezza.

2° caso: un ente di ricerca applicata

L'azienda adottava da qualche decennio misure di verifica del rischio, tramite

campionamenti degli inquinanti più significativi, tramite la sorveglianza sanitaria e misure di contenimento specifiche (sistemi di captazione alla fonte, DPI, formazione specifica). Nel 2002, a seguito dell'entrata in vigore del Titolo VII-bis del D.Lgs. 626/1994, l'azienda ha provveduto a valutare il rischio chimico alla luce di quanto previsto dalla nuova norma utilizzando Movarisk, per il rischio Salute. Applicando il modello solo alle fasi di lavoro (senza ricostruire la mansione) si è ottenuta una sottostima del rischio in quanto non accadeva mai che un operatore agisse su una sola fase e che una stessa sostanza appartenesse solo ad una fase. Tale metodo ha condotto a un livello di rischio moderato per le fasi di lavoro, difformemente dai risultati di rischio controllato avuti con i campionamenti personali riferiti alle mansioni (dovute alle misure specifiche attuate che rilevavano livelli contenuti di alcuni inquinanti in virtù del fatto che il sistema era controllato e non il rischio moderato). Inoltre gli agenti chimici erano stati valutati in quanto preparati su schede inadeguate. A favore dell'azienda vi erano campagne di monitoraggio degli inquinanti ripetute nei vari reparti e in anni successivi volte proprio a cercare la corretta definizione del rischio che non veniva fuori dal documento di valutazione del rischio chimico il quale assolveva solo un obbligo documentale. Su indicazione del Servizio Pre.S.A.L. della ASL RMC l'azienda ha provveduto a ripetere la valutazione del rischio, provvedendo a: recuperare tutte le sostanze contenute nelle materie prime, nei preparati, nel processo, sostituendo peraltro ciò che era sostituibile con sostanze meno pericolose; quindi ha effettuato la valutazione del rischio per la salute e per la sicurezza sulle varie mansioni, utilizzando il modello Ar.Chi.M.E.D.E. I risultati hanno condotto ad un giudizio di rischio non moderato per alcune sostanze presenti, moderato per altre coerentemente con le scelte già effettuate dall'azienda sul monitoraggio degli inquinanti e della sorveglianza sanitaria già esistente.

3° caso: Il processo industriale tipografico

L'azienda disponeva già di un documento di valutazione del rischio chimico per la salute, effettuato con il modello Inforisk, ed anche in questo ultimo caso sono state riscontrate delle criticità. La valutazione del rischio era stata effettuata sulle fasi di lavoro e non ricondotta in alcun modo alla mansione, i dati utilizzati per definire il livello di rischio venivano dalle schede di sicurezza dei preparati e non delle sostanze e nella maggior parte dei casi la qualità di tali schede era inaccettabile. Il giudizio di rischio dichiarato era moderato. La ripetizione della valutazione del rischio da noi richiesta è stata effettuata considerando: rischio salute e rischio sicurezza, recuperando dati certi per le classificazioni delle sostanze e preparati (anche tramite le schede di sicurezza), riportando la valutazione del rischio alla mansione, utilizzando correttamente il modello scelto secondo il suo manuale d'istruzioni. Per quanto concerne il rischio per la sicurezza degli agenti chimici l'azienda ha integrato personalmente la parte di rischio non gestita dal modello. Il risultato ottenuto è stato che per alcune sostanze il livello di rischio per la salute era non moderato rendendolo coerente con le misure specifiche già in essere. Il protocollo sanitario già precedentemente adottato è stato adeguato alla nuova valutazione.

Conclusioni.

L'esperienza maturata dal Servizio Pre.S.A.L. della ASL RMC ha evidenziato che, anche in realtà con un elevato Know How, non sempre viene effettuata una valutazione del rischio chimico che risponda pienamente al dettato normativo e che fornisca risultati riproducibili e confrontabili. Laddove poi, il numero di sostanze da valutare è elevato, si tende a minimizzare o semplificare il rischio riducendo drasticamente il percorso valutativo alla semplice percezione "molto soggettiva" del rischio anche se poi vengono mantenute in atto misure di prevenzione e protezione specifiche che dovrebbero esistere solo nel caso del rischio non irrilevante. Affinché venga realizzato un corretto impianto della sicurezza è necessario che vi sia coerenza tra quanto espresso nella valutazione del rischio chimico e le misure di prevenzione e protezione adottate. Tale principio deve valere sia nel caso in cui si decide di adottare delle misure per valutare i livelli di rischio, che in quello in cui si sceglie di effettuare stime quali/quantitative o l'utilizzo di modelli matematici di calcolo del rischio. E' chiaro che usare modelli favorisce i casi in cui il datore di lavoro deve valutare molte sostanze chimiche, ma è necessario conoscere le caratteristiche strutturali del modello e la sua applicabilità nel contesto in cui viene utilizzato. Inoltre è anche necessario confrontare i risultati offerti dai modelli (che sono comunque delle semplificazioni e approssimazioni delle stime di rischio) con la reale situazione, incrociando tutti i dati tecnici disponibili comprese le misure di inquinanti. Le esperienze rappresentate in questo studio hanno evidenziato che qualunque strumento si utilizzi per la valutazione del rischio chimico (misure, modelli, stime) deve essere coerente a quanto previsto dall'art. 223 D.Lgs. n. 81 del 09.04.2008 e solo basando la valutazione del rischio sugli stessi criteri sarà possibile ottenere risultati confrontabili e coerenti con le misure specifiche adottate.

BIBLIOGRAFIA

F. D'ORSI, G. GUERRIERO, E. PIETRANTONIO, *La Valutazione del rischio chimico: Strumenti e software per una corretta valutazione e gestione del rischio*, EPC libri s.r.l., Giugno 2006.

F. D'ORSI, G. GUERRIERO, E. PIETRANTONIO, *Presentazione del modello A.R.Chi.M.E.D.E. per la valutazione del rischio chimico ai sensi del D.Lgs. 25/2002*, Congresso nazionale AIDII - Ancona 20-22 giugno 2007.

2001 IUPAC, Pure and Applied Chemistry 73, 993-1031. Risk assessment for occupational exposure to chemicals 1027.

Coordinamento tecnico per la sicurezza nei luoghi di lavoro delle regioni e delle province autonome di Trento e Bolzano. *Linee guida - Protezione da agenti chimici - Titolo VII-bis D.Lgs. 626/1994.*

European Committee for Standardisation. Workplace atmospheres - guidance for the assessment of exposure by inhalation to chemical agents for comparison with limit values and measurement strategy - EN 689, ECS, Brussels (1995).

F. D'ORSI, G. GUERRIERO, E. PIETRANTONIO,. *Rischio chimico: c'è Archimede Ambiente & sicurezza sul lavoro*, Giugno 2007, pp 46-57.

Environmental Health Criteria, WHO, Geneva (1993).

F. D'ORSI, E. PIETRANTONIO, F. SCARLINI, R. NARDA, D. DE GRANDIS, P.S. SOLDATI, *La valutazione del rischio chimico nei laboratori di ricerca: criticità ed uso dei modelli di calcolo*, AIDII 2008- XIV Convegno di Igiene Industriale - Le giornate di Corvara (BZ) marzo 2008.