

LaboRisCh: un algoritmo per la valutazione dei rischi per la salute da agenti chimici nei laboratori di ricerca e negli ambienti di lavoro affini

ELISABETTA STRAFELLA, M. BRACCI, R. CALISTI*, M. GOVERNA, LORY SANTARELLI

Medicina del Lavoro, Dipartimento di Patologia Molecolare e Terapie Innovative, Facoltà di Medicina e Chirurgia - Università Politecnica delle Marche, Ancona

* Servizio Prevenzione e Sicurezza negli Ambienti di Lavoro (SPreSAL) ASUR Marche - zona territoriale n. 8 Civitanova Marche MC

KEY WORDS

Chemical risk; risk assessment; laboratory; algorithm

SUMMARY

«*LaboRisCh: an algorithm for assessment of health risks due to chemicals in research laboratories and similar workplaces*». **Background:** *Chemical risk assessment in research laboratories is complicated by factors such as the large number of agents to be considered, each present in small quantities, and the very short and erratic periods of exposure, all of which make reliable environmental and biological monitoring particularly difficult and at times impossible. In such environments, a preliminary evaluation procedure based on algorithms would be useful to establish the hazard potential of a given situation and to guide the appropriate intervention.* **Objectives:** *The LaboRisCh model was expressly designed to assess the health risk due to chemicals in research laboratories and similar workplaces.* **Methods:** *The model is based on the calculation of the value of a synthetic single risk index for each substance and compound found in a laboratory and, subsequently, of a further synthetic single risk index for the whole laboratory or, where required, a section thereof. This makes LaboRisCh a compromise between need for information, ease of use, and resources required for the assessment. The risk index includes several items, chiefly the physical and chemical properties, intrinsic hazard potential, amount, dilution, and time of exposure to each agent; waste management; possible interactions; presence and efficiency of collective and individual protection devices, and staff training in good laboratory practices. The value of the synthetic single index corresponds to one of three areas: no risk (green), possible risk (yellow), and certain risk (red).* **Conclusions:** *Preliminary data confirm the model. LaboRisCh appears to be a reliable method for chemical risk assessment in research laboratories and similar workplaces.*

RIASSUNTO

La valutazione del rischio chimico nei laboratori di ricerca è di non facile esecuzione a motivo di caratteristiche peculiari quali il numero elevato degli agenti da considerare, ciascuno presente in piccole quantità, e i tempi di esposizione molto brevi, con una irregolare scansione temporale delle esposizioni stesse; ciò rende particolarmente complessa e a volte impossibile l'effettuazione di affidabili monitoraggi ambientali e biologici. Una procedura di valutazione di primo livello basata su algoritmi acquista, in situazioni del genere, un'importanza notevole per qualificare il livello di pericolosità di una situazione presente e indirizzare gli interventi di bonifica immediatamente necessari. Il mo-

Pervenuto il 20.9.2007 - Accettato il 19.2.2008

Corrispondenza: Prof. Lory Santarelli, Dipartimento di patologia molecolare e terapie innovative, Medicina del Lavoro, Università Politecnica delle Marche, 60020 Torrette di Ancona - Tel. 071/2206059 - Fax 071/2206062 - Email: l.santarelli@univpm.it

dello proposto, denominato LaboRisCh, è studiato appositamente per la valutazione del rischio chimico per la salute nei laboratori di ricerca e in tutti gli ambienti di lavoro ad essi assimilabili; si basa sul calcolo del valore di un indice sintetico ed unico per ogni sostanza e preparato presente in un laboratorio e, conseguentemente, di un ulteriore indice sintetico e unico per l'intero laboratorio ovvero, laddove sia utile, per una singola sezione di esso. In tal modo LaboRisCh assume un compromesso tra esigenze informative, facilità d'uso ed entità delle risorse richieste per la valutazione. Nel calcolo dell'indice di rischio vengono presi in considerazione diversi parametri e in particolare, per ciascun agente, le proprietà chimico-fisiche, la pericolosità intrinseca, le quantità e le diluizioni, i profili di esposizione, il contenimento dei rifiuti, le possibili interazioni, la presenza e l'efficienza di dispositivi di protezione collettiva e individuale, la formazione professionale degli operatori con specifico riferimento alle buone prassi di laboratorio. Il valore calcolato dell'indice sintetico ed unico assegna la situazione studiata a una di tre fasce: rischio irrilevante (fascia verde), rischio possibilmente significativo (fascia gialla), rischio certamente significativo (fascia rossa).

INTRODUZIONE

Negli ambienti industriali la valutazione del "rischio chimico" viene spesso effettuata utilizzando in prima istanza dei modelli matematici ("algoritmi") che, assegnando un valore numerico ad una serie di parametri assunti come significativi ed elaborando il complesso dei singoli valori così ottenuti, forniscono un'indicazione complessiva, di primo livello, circa la natura e l'entità delle esposizioni e dei rischi (7, 11, 16). Una successiva valutazione approfondita, quando ritenuta necessaria e fattibile, prevede monitoraggi ambientali e/o biologici tramite campionamenti ed analisi. I risultati dei monitoraggi ambientali e/o biologici comportano necessariamente di venire interpretati e di essere seguiti da proiezioni / inferenze per stimare, su base logico-probabilistica, il "valore" complessivo dei rischi sugli interi periodi e su tutte le condizioni di lavoro, tenendo conto della variabilità delle esposizioni nello spazio e nel tempo; ciò, ovviamente, può portare a una conferma delle indicazioni fornite dall'applicazione degli algoritmi oppure a una loro correzione. In numerosi casi è possibile ed economico condurre fin dall'inizio valutazioni di rischio chimico basate su monitoraggi ambientali e/o biologici. L'utilità e i limiti dell'impiego di algoritmi nello stimare i rischi chimici occupazionali sono stati oggetto di ampia riflessione e vivace dibattito scientifico anche in Italia, soprattutto successivamente all'entrata in vigore del D.Lgs. 25/02 (4, 9). Alcune controversie metodologiche sono tuttora aperte. In esito a tale dibattito risulta comunque emergere con chiarezza l'indicazione di affidare l'u-

so degli algoritmi, o quantomeno la supervisione alla raccolta ed organizzazione dei dati che ne derivano, nonché l'interpretazione dei risultati, solo ad operatori in possesso di professionalità igienistico-industriale e di un adeguato addestramento all'uso dello strumento specifico (3, 6).

Nelle attività di laboratorio di ricerca la possibilità di ricorrere ad una valutazione matematica di primo livello del rischio chimico assume un'importanza particolare. In tali contesti si entra in contatto con un elevato numero di agenti, ciascuno in piccolissime quantità, per tempi brevi, con profili temporali di esposizione irregolari. In pochi mesi possono avvicinarsi metodiche analitiche, programmi di lavoro "ordinario", progetti di ricerca molto diversi, con frequente cambiamento delle sostanze e dei preparati in uso e delle loro modalità d'impiego; inoltre, al di fuori degli incidenti maggiori certamente rarissimi, con una certa frequenza possono realizzarsi "piccole" situazioni incidentali (ad esempio, per sversamenti da contenitori di modesta capienza) con punte di esposizione anche brevissime ma relativamente elevate (2, 14).

Dal punto di vista metodologico, è indispensabile differenziare la valutazione del rischio chimico, separatamente, per la salute e per la sicurezza. Nel presente lavoro verrà trattato, d'ora in avanti, esclusivamente il rischio chimico per la salute.

Proponiamo l'algoritmo LaboRisCh come un rapido e semplice strumento matematico di prima valutazione del rischio chimico per la salute, tarato specificatamente per l'uso nei laboratori di ricerca e in altri ambienti di lavoro con tipologia affine, quali ad esempio i laboratori didattici.

DESCRIZIONE DEL METODO

Gli algoritmi per la valutazione del rischio chimico sono modelli matematici che: I) attribuiscono dei valori numerici ad un insieme di parametri e variabili qualificabili come generatori e/o modificatori del livello di esposizione ad uno o più agenti chimici giudicati meritevoli di considerazione; II) elaborano l'insieme di tali valori fino a stabilire il valore di uno o più indici sintetici; III) confrontano tali indici con una scala di riferimento che definisce il livello di rischio della situazione indagata.

Il modello proposto si basa sul calcolo del valore di indici sintetici ed unici per il complesso di tutte le tipologie di rischi per la salute, seguendo un approccio generale di tipo semi-quantitativo ed assumendo un compromesso tra esigenze informative, facilità d'uso ed entità delle risorse richieste per la valutazione. Nel calcolo degli indici di rischio vengono presi in considerazione diversi parametri e in particolare, per ciascun agente, le proprietà chimico-fisiche, la pericolosità intrinseca, le quantità, le diluizioni, i profili temporali di esposizione, la gestione dei contenitori e dei rifiuti, le possibili interazioni, la presenza e l'efficienza di dispositivi di protezione collettiva e individuale, la formazione professionale degli operatori con specifico riferimento alle buone prassi di laboratorio. Il valore calcolato per gli indici relativi ad un laboratorio nel suo complesso o a una sezione di esso assegna la situazione studiata a una di tre fasce: I) rischio irrilevante (fascia verde), II) rischio possibilmente significativo (fascia gialla), III) rischio certamente significativo (fascia rossa).

Il percorso valutativo è costituito da due fasi, ciascuna a sua volta distinta in due sotto-fasi.

La prima fase (A) consiste nella raccolta e schedulazione dei dati che alimentano il sistema ed è affidata agli operatori del laboratorio, con il contributo del responsabile del laboratorio medesimo il quale verifica e valida i singoli prospetti delle informazioni acquisite: la prima sotto-fase (A1) è relativa agli agenti chimici in quanto tali, la seconda sotto-fase (A2) è relativa ai dispositivi di protezione collettivi ed individuali e alla formazione professionale sulla buona prassi di laboratorio.

La seconda fase (B) è affidata ad un responsabile di valutazione "terzo" da identificarsi, preferibilmente, in un componente del Servizio di Prevenzione e Protezione (SPP) della struttura di appartenenza del laboratorio o in altro soggetto con specifica competenza in igiene industriale, comunque non facente parte dello staff del laboratorio o della sua dirigenza: comprende le due sotto-fasi del calcolo degli indici di rischio per i singoli agenti (B1) e del calcolo degli indici di rischio per il laboratorio nel suo complesso ovvero un'area del medesimo (B2).

La raccolta e la schedulazione dei dati pertinenti alla prima fase della valutazione viene condotta su moduli la cui versione cartacea è riportata nelle figure 1 e 2.

Il calcolo degli indici di rischio per ogni singolo agente viene effettuato tramite una matrice elaborata *ad hoc* la cui versione cartacea è riportata in figura 3. Il calcolo degli indici di rischio per il laboratorio nel suo complesso ovvero un'area del medesimo viene effettuato anch'esso tramite una matrice elaborata *ad hoc*, la cui versione cartacea è riportata in figura 4.

Il valore degli indici di rischio calcolato per il laboratorio/area che ne risulta viene confrontato con una scala di punteggi di riferimento riportata in figura 4.

Una versione informatizzata di LaboRisCh è disponibile on-line all'indirizzo:

<http://www.medicinadellavoro.univpm.it>

Dal punto di vista metodologico, LaboRisCh riprende alcune linee di indagine proposte da Giambattistelli e Santoro (8, 12) e le integra con alcuni criteri valutativi presenti nell'algoritmo Movarisch elaborato dalle Regioni Emilia Romagna, Toscana e Lombardia (10), ma in più fasi del processo di valutazione segue approcci diversi rispetto ai suddetti modelli.

LaboRisCh tiene conto anche del rischio associato ad agenti chimici cancerogeni e mutageni. È noto che, in presenza di esposizioni attuali o anche solo potenziali a tali agenti, risulta automaticamente inapplicabile il concetto di "rischio moderato" previsto dal D.Lgs. n. 25/02. Per escludere equivoci in tal senso, LaboRisCh prevede che quando dei cancerogeni e/o mutageni chimici siano presenti e

LaboRisCh: SCHEDA DI RACCOLTA DATI - AGENTI CHIMICI Scheda A1 n. _____

STRUTTURA DI APPARTENENZA/ID: _____ DATA: _____
 LABORATORIO/ID: _____ FIRMA: _____
 OPERATORE/ID: _____ FIRMA: _____
 RESPONSABILE DI LABORATORIO: _____ FIRMA: _____

NOME AGENTE n. CAS	AGENTE	AGENTE	AGENTE
R:		R:	
R:		R:	
R:		R:	
R:		R:	
R:		R:	
R:		R:	
PROPRIETA' Temp. ebolliz. (°C): CHIMICO FISICHE: ⁽¹⁾ Stato fisico:			
⁽²⁾ Quantità consumata al mese (Q): (grammi=solidi, litri=liquidi e gas)	<input type="checkbox"/> Q≤10g (ml)	<input type="checkbox"/> Q≤10g (ml)	<input type="checkbox"/> Q≤10g (ml)
	<input type="checkbox"/> 10g (ml)<Q≤100g (ml)	<input type="checkbox"/> 10g (ml)<Q≤100g (ml)	<input type="checkbox"/> 10g (ml)<Q≤100g (ml)
	<input type="checkbox"/> 100g (ml)<Q≤1Kg (l)	<input type="checkbox"/> 100g (ml)<Q≤1Kg (l)	<input type="checkbox"/> 100g (ml)<Q≤1Kg (l)
	<input type="checkbox"/> Q>1Kg (l)	<input type="checkbox"/> Q>1Kg (l)	<input type="checkbox"/> Q>1Kg (l)
	<input type="checkbox"/> agente puro (~100%)	<input type="checkbox"/> agente puro (~100%)	<input type="checkbox"/> agente puro (~100%)
Q riferita a:	<input type="checkbox"/> solidi/polveri da disciogliere	<input type="checkbox"/> solidi/polveri da disciogliere	<input type="checkbox"/> solidi/polveri da disciogliere
	<input type="checkbox"/> quantità presente in una diluizione	<input type="checkbox"/> quantità presente in una diluizione	<input type="checkbox"/> quantità presente in una diluizione
	<input type="checkbox"/> una diluizione a conc. non nota	<input type="checkbox"/> una diluizione a conc. non nota	<input type="checkbox"/> una diluizione a conc. non nota
	<input type="checkbox"/> <5gg	<input type="checkbox"/> <5gg	<input type="checkbox"/> <5gg
	<input type="checkbox"/> 5-15gg	<input type="checkbox"/> 5-15gg	<input type="checkbox"/> 5-15gg
⁽³⁾ Esposizione all'agente (gg/mese):	<input type="checkbox"/> >15gg	<input type="checkbox"/> >15gg	<input type="checkbox"/> >15gg
	<input type="checkbox"/> Possib. aerodisp./contat. accid.	<input type="checkbox"/> Possib. aerodisp./contat. accid.	<input type="checkbox"/> Possib. aerodisp./contat. accid.
	<input type="checkbox"/> NO aerodisp./contat. accid.	<input type="checkbox"/> NO aerodisp./contat. accid.	<input type="checkbox"/> NO aerodisp./contat. accid.
⁽⁴⁾ Contenimento rifiuti: Osservazioni:			

NOTE PER LA COMPILAZIONE:
⁽¹⁾ Stato fisico della sostanza nelle condizioni di utilizzo: scegliere fra solido, polveri grossolane (granulometria >200 µm = sabbia grossa), liquido, polveri fini (granulometria <200 µm = sabbia fine), solidi o polveri disciolte, fibre oppure gas.
⁽²⁾ Nella quantità di agente consumato considerare anche l'eventuale sostanza presente in un campione conservato in laboratorio o che arrivi dall'esterno, se non si conosce il peso considerare quello dell'intero campione.
⁽³⁾ La durata dell'esposizione va espressa in numero di giorni al mese trascorsi in uno o più locali in cui vi sia impiego attivo e consumo dell'agente, sia che venga utilizzato direttamente dall'operatore che compila la scheda o che sia utilizzato da colleghi che lavorano all'interno dell'area contigua.
⁽⁴⁾ Un contenitore dei rifiuti non adeguatamente chiuso che permetta l'aerodispersione e/o il contatto accidentale.

Figura 1 - Scheda raccolta dati per gli agenti chimici in uso nel laboratorio in esame (sotto-fase A1)
 Figure 1 - Data collection sheet for the chemicals used in the laboratory (subphase A1)

LaboRisCh: SCHEDA DI RACCOLTA DATI MODULATORI DI ESPOSIZIONE		
		Scheda A2 n. ____
STRUTTURA DI APPARTENENZA/ID: _____		
LABORATORIO/ID: _____		
OPERATORE/ID: _____		FIRMA: _____
RESPONSABILE DI LABORATORIO: _____		FIRMA: _____
DATA: _____		
DISPOSITIVI DI PROTEZIONE	VERIFICHE PERIODICHE DI PRESENZA ED EFFICIENZA	
<input type="checkbox"/> DP collettivi e individuali non presenti e/o non efficienti e/o non specifici	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI
<input type="checkbox"/> DP solo individuali presenti, efficienti e specifici	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI
<input type="checkbox"/> DP solo collettivi presenti, efficienti e specifici	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI
<input type="checkbox"/> DP collettivi e individuali presenti, efficienti e specifici	<input type="checkbox"/> NO	<input type="checkbox"/> SI
PROCEDURE E FORMAZIONE SULLA BUONA PRASSI DI LABORATORIO		
<input type="checkbox"/> Non effettuata	<input type="checkbox"/> Nozioni impartite con manuale scritto	<input type="checkbox"/> Corso teorico pratico documentato

Figura 2 - Scheda raccolta dati sui modulatori di esposizione per l'insieme delle attività svolte dall'operatore (sotto-fase A2)
Figure 2 - Data collection sheet for factors affecting the activities performed by operator (subphase A2)

quindi inclusi nella valutazione, accanto ai corrispondenti valori degli indici di rischio (sia di singolo agente, sia di laboratorio / area) vi sia una notazione che evidenzia tale circostanza, vale a dire rispettivamente una "C" o una "M" maiuscole in pedice al valore numerico; è, di fondo, il medesimo approccio seguito dall'ACGIH nella presentazione dei propri TLV (1).

Prima fase (A)

sotto-fase A1 - raccolta e schedulazione dei dati sugli agenti chimici in uso

Ciascun operatore compila tante schede (figura 1) quante ne sono necessarie per censire tutti gli

agenti chimici (sostanze e/o preparati) da lui utilizzati nel suo ambiente di lavoro (inteso come il complesso degli ambienti che frequenta normalmente). Ogni scheda contiene, in colonna, spazi per la schedulazione dei dati relativi agli agenti e al loro impiego: loro identificazione chimica, frasi di rischio R ad essi associate dalla vigente normativa sull'etichettatura di sicurezza degli agenti pericolosi, quantità consumate mensilmente, tempi di impiego effettivo, giudizio sulle modalità di gestione dei contenitori e dei rifiuti (recipienti vuoti ma sporchi, stracci usati per le pulizie, indumenti protettivi "usa e getta" etc.) dai quali possano disperdersi agenti chimici pericolosi.

Si definisce scorretto il contenimento degli agenti chimici pericolosi e dei relativi rifiuti in con-

LaboRisCh: SCHEDA DI RISCHIO PER AGENTE CHIMICO

AGENTE CHIMICO: _____ Numero CAS: _____ Scheda B1 n. _____

STRUTTURA DI APPARTENENZA/ID: _____

LABORATORIO/ID: _____

RESPONSABILE DI VALUTAZIONE: _____ FIRMA: _____

DATA: _____

FRASI R DI RISCHIO: R:..... Score:..... R:..... Score:.....

R:..... Score:..... R:..... Score:.....

P (R score più alto) =

1

Proprietà chimico-fisiche (S)	Quantità consumata (Q)				Valore disponibilità (D)
	0<Q≤10g (ml)	10g (ml)<Q≤100g (ml)	100g (ml)<Q≤1kg (l)	Q>1kg (l)	
• Solidi o polveri grossolane	Bassa	Bassa	Bassa	Medio/Bassa	Bassa = 0,5
• Liquidi <i>Bassa volatilità</i>	Bassa	Bassa	Medio/Bassa	Media	Medio/Bassa = 1
• Liquidi <i>Medio/Alta volatilità</i>	Bassa	Medio/Bassa	Media	Medio/Alta	Media = 2
• Polveri fini, fibre	Bassa	Medio/Bassa	Media	Medio/Alta	Medio/Alta = 3
• Solidi e polveri disciolte	Medio/Bassa	Media	Medio/Alta	Alta	Alta = 4
• Gas	Medio/Bassa	Media	Medio/Alta	Alta	D=

4

Indice di rischio dell'agente

$(R_a = P \cdot E \cdot K_{cr})$

$R_a = \dots\dots\dots$

N.B. A fianco del valore aggiungere una C/M se la valutazione include cancerogeni/mutageni

2

E = Indice di esposizione

(D) Valore disponibilità	Tempo di esposizione (T) (giornate mensili)			Indice di esposizione (E)
	<5 gg.	5-15 gg.	>15 gg.	
0,5	Bassa	Bassa	Bassa	Bassa = 0,5
1	Bassa	Bassa	Medio/Bassa	Medio/Bassa = 1
2	Bassa	Medio/Bassa	Media	Media = 2
3	Medio/Bassa	Media	Medio/Alta	Medio/Alta = 3
4	Media	Medio/Alta	Alta	Alta = 4

E =

3 K_{cr} = Contenimento dei rifiuti

NO aerodisp./contat. accid.	Possib. aerodisp./contat. accid.
$K_{cr} = 1$	$K_{cr} = 1,5$

K_{cr} =

Commenti e/o valutazione (Expert-based)

.....

.....

.....

Figura 3 - Scheda per il calcolo dell'indice di rischio di ogni singolo agente (sotto-fase B1)
 Figure 3 - Sheet for the calculation of the synthetic risk index for each chemical (subphase B1)

Scheda B2

LaboRisCh: SCHEDA RIASSUNTIVA

STRUTTURA DI APPARTENENZA/ID: _____

LABORATORIO/ID: _____

RESPONSABILE DI VALUTAZIONE: _____

DATA: _____

FIRMA: _____

n	Agente	R _a	n	Agente	R _a
1			1		
2			2		
3			3		
4			4		
5			5		

I =
Giudizio del valutatore:

Rischio

$$R_b = \sqrt{\sum_{i=1}^n R_{a_i}^2 \cdot I = \dots\dots}$$

N.B. A fianco del valore aggiungere una C/M se la valutazione include cancerogeni/mutageni

Rischio corretto

$$R_c = \sqrt{\sum_{i=1}^n R_{a_i}^2 \cdot I} = \dots\dots$$

N.B. A fianco del valore aggiungere una C/M se la valutazione include cancerogeni/mutageni

R_c < 20
Rischio trascurabile

20 ≤ R_c ≤ 40
Rischio potenzialmente significativo

R_c > 40
Rischio significativo

Protezione potenziale (K _{dp})
Bassa = 1
Media = 2
Alta = 3

K_{dp} =

Dispositivi di protezione	Verifiche periodiche presenza ed efficienza
NO	SI
DP collettivi e individuali non presenti e/o non specifici	Bassa
DP solo individuali presenti, efficienti e specifici	Bassa
DP solo collettivi presenti, efficienti e specifici	Media
DP collettivi e individuali presenti, efficienti e specifici	Media
	Alta

1

Protezione EFFETTIVA (K _{pe})
Bassa = 1
Media = 1,5
Alta = 2

K_{pe} =

Indicatore di protezione potenziale (K _{dp})	Procedure e formazione sulla buona prassi di laboratorio
1	Non conosciuta/ documentazione solo cartacea Bassa
2	Corso teorico pratico documentato Bassa
3	Bassa

2

Figura 4 - Scheda riassuntiva della valutazione di rischio per il laboratorio nel suo complesso o un'area di esso (sotto-fase B2)
 Figure 4 - Summary sheet of the risk assessment for the laboratory as a whole or an area thereof (subphase B2)

tenitori non adeguatamente chiusi, con conseguente possibilità di aerodispersione e/o contatto accidentale con la cute e/o le mucose.

Ciascuna scheda è rivista e validata dal responsabile del laboratorio.

Sotto-fase A2 – raccolta e schedulazione dei dati sugli agenti chimici in uso

Ciascun operatore compila la scheda (figura 2) necessaria per modulare la rilevanza dei dati di cui alla scheda A1, con riferimento al complesso dell'area di lavoro a cui è addetto ed ai seguenti parametri: I) presenza ed efficienza, o meno, di dispositivi di protezione sia collettivi che individuali; II) avvenuta, o meno, formazione sulla buona prassi di laboratorio e, in caso affermativo, modalità generali della medesima (figura 2). Ciascuna scheda è rivista e validata dal responsabile del laboratorio.

Seconda fase (B)

Sotto-fase B1- calcolo dell'indice di rischio per ogni singola sostanza (R_a)

Il responsabile di valutazione procede, sulla base dei dati contenuti nelle schede A1, al calcolo di un indice di rischio per ciascun agente (R_a). Ciò avviene secondo la matrice rappresentata in figura 3 che considera distintamente la pericolosità intrinseca dell'agente (fattore P), la stima del livello di esposizione cumulativa derivante dall'impiego diretto dell'agente (fattore E), il giudizio sulla possibilità di esposizioni ulteriori, "spurie", derivanti da incorrette modalità di gestione sia dei contenitori di agenti chimici (dall'apertura di una confezione nuova fino alla sua eliminazione) sia dei rifiuti che derivano dall'uso di tali agenti (fattore K_{cr}). La formula matematica utilizzata è la seguente:

$$R_a = P \cdot E \cdot K_{cr}$$

P=pericolosità intrinseca dell'agente

Il fattore P rappresenta l'indice di pericolosità intrinseca di un agente chimico e viene stabilito sulla base delle frasi di rischio per la salute (frasi R)

assegnate dalla normativa vigente sull'etichettatura delle sostanze e dei preparati pericolosi. Ad ognuna di tali frasi R, singola o combinata, viene assegnato un valore numerico compreso fra 1 e 20 (tabella 1). P è identificato dal valore più alto fra gli score degli R attribuiti all'agente chimico. Si tratta certamente di un approccio elementare, ma che si ritiene giustificato dalla necessità di mantenere contemporaneamente semplice e riproducibile il processo di calcolo della pericolosità attribuita. Lo stesso criterio risulta adottato dalla maggior parte degli algoritmi italiani ed europei (7, 10).

E = esposizione da impiego diretto dell'agente

Il fattore E è uno stimatore di esposizione cumulativa, definito come prodotto della stima del valore medio ponderato dell'intensità e della durata complessiva dell'esposizione, tenendo conto sia dell'assorbimento per via respiratoria, sia di quello per via percutanea. Si tratta, certamente, di un indicatore alquanto grossolano poiché omette di considerare qualsiasi rilevanza dei picchi di esposizione e qualsiasi rilevanza protettiva delle "pause di recupero" (intese come vere e proprie assenze di esposizione e/o come periodi di esposizione reale ma "trascurabile"). Malgrado ciò, si ritiene che E rimanga uno strumento necessario in quanto qualsiasi descrittore più raffinato, ma più complesso, risulterebbe concretamente inapplicabile nella quotidianità.

Il valore del fattore E viene estrapolato dall'impiego sequenziale di due matrici (figura 3). Dalla prima matrice viene generato il valore della disponibilità primaria dell'agente (D), incrociando i parametri di stato chimico-fisico dell'agente medesimo (S) e la relativa quantità consumata in un mese (Q). Il valore D così ricavato viene incrociato nella seconda matrice con il tempo di esposizione (T).

Ai fini della determinazione di S, ciascun agente viene preso in considerazione così come si trova nelle condizioni iniziali di utilizzo, sulla base delle seguenti categorie:

Solidi o polveri grossolane ovvero con granulometria maggiore di 200 μm corrispondenti alla sabbia grossa secondo la definizione dell'International Soil Science Society (ISSS)

Tabella 1 - Punteggi (score) di rischio per la salute, da attribuirsi ad ogni agente, derivanti dalle frasi di rischio R ad esso associate sulla base della vigente normativa sull'etichettatura di sicurezza degli agenti pericolosi (Fonte: tabelle di supporto a Movarisch riviste e modificate)

Table 1 - Risk scores to be attributed to a chemical based on the relevant R-phrases (R) according to current regulations on safety labelling of dangerous chemicals (Source: revised and modified Movarisch reference tables)

Frase R	Score	Frase R	Score	Frase R	Score	Frase R	Score
R20	4.00	R31	3.00	R40	10.00	R60	10.00
R20/21	4.35	R32	3.50	R41	3.40	R61	10.00
R20/21/22	4.50	R33	4.75	R42	6.50	R62	6.90
R20/22	4.15	R34	4.85	R42/43	6.90	R63	6.90
R21	3.25	R35	5.85	R43	4.00	R64	5.00
R21/22	3.40	R36	2.50	R45	20.00	R65	3.50
R22	1.75	R36/37	3.30	R46	10.00	R66	2.10
R23	7.00	R36/37/38	3.40	R47	10.00	R67	3.50
R23/24	7.75	R36/38	2.75	R48	6.50	R68	7.00
R23/24/25	8.00	R37	3.00	R48/20	4.35	R68/20	4.35
R23/25	7.25	R37/38	3.20	R48/20/21	4.60	R68/20/21	4.60
R24	6.00	R38	2.25	R48/20/21/22	4.75	R68/20/21/22	4.75
R24/25	6.25	R39	8.00	R48/20/22	4.40	R68/20/22	4.40
R25	2.50	R39/23	7.35	R48/21	3.50	R68/21	3.50
R26	8.50	R39/23/24	8.00	R48/21/22	3.60	R68/21/22	3.60
R26/27	9.25	R39/23/24/25	8.25	R48/22	2.00	R68/22	2.00
R26/27/28	9.50	R39/23/25	7.50	R48/23	7.35		
R26/28	8.75	R39/24	6.25	R48/23/24	8.00		
R27	7.00	R39/24/25	6.50	R48/23/24/25	8.25		
R27/28	7.25	R39/25	2.75	R48/23/25	7.50		
R28	3.00	R39/26	9.35	R48/24	6.25		
R29	3.00	R39/26/27	9.50	R48/24/25	6.50		
		R39/26/27/28	9.75	R48/25	2.75		
		R39/26/28	9.00	R49	20.00		
		R39/27	7.25				
		R39/27/28	7.50				
		R39/28	3.25				
							Score
Agenti e preparati non classificati pericolosi e non contenenti alcuna sostanza pericolosa, ai quali non è stato assegnato un valore limite d'esposizione professionale							1.00
Agenti non classificabili come pericolosi, ai quali peraltro è stato assegnato un valore limite d'esposizione professionale							3.00

- Liquidi a bassa volatilità.
- Liquidi a volatilità media o alta, polveri fini ovvero con granulometria minore di 200 µm (sabbia fine secondo la definizione dell'ISSS), fibre, solidi e polveri disciolte in fase fluida.

- Gas.

Per l'assegnazione del livello di volatilità dei liquidi si utilizza il criterio proposto da Maidment (13); in breve, sono da considerare a bassa volatilità

quelli che hanno una temperatura di ebollizione superiore a 150°C, a media ovvero alta volatilità quelli che hanno una temperatura di ebollizione inferiore a 150°C.

Q=Quantità

Il valore di *Q* si riferisce sempre alla quantità effettiva dell'agente chimico pericoloso in corso di

valutazione a prescindere dal suo eventuale stato di inclusione ovvero dispersione in miscele o soluzioni o altre matrici. Nei laboratori è, in effetti, molto più diffuso l'utilizzo di reagenti diluiti piuttosto che puri. Per un'applicazione corretta dell'algoritmo bisogna, quanto più possibile, risalire al quantitativo preciso della sostanza chimica pesata e poi utilizzata per ottenere, ad esempio, le soluzioni alle diverse concentrazioni utili. Ciò, se da un lato complica parecchio la raccolta dati, dall'altro permette di limitare considerevolmente la sovrastima del rischio.

Vengono definite 4 classi per il valore di Q:

- $0 < Q \leq 10$ g (ml);
- $10 < Q \leq 100$ g (ml);
- $100 < Q \leq 1$ kg (l);
- $Q > 1$ Kg (l).

T=Tempo di esposizione

Il tempo di esposizione T viene convenzionalmente assimilato al numero di giornate lavorative mensili trascorse in uno o più locali in cui vi sia impiego attivo o comunque consumo di un agente, sia direttamente da parte dall'operatore che ha compilato una scheda, sia da parte di colleghi. Il concetto di tempo di esposizione espresso in giornate lavorative mensili piuttosto che in minuti effettivi di utilizzo è un indicatore temporale grossolano, ma di definizione semplice e univoca. Tenuto conto delle modalità del lavoro correnti nei laboratori di ricerca, calcolare il tempo di esposizione in termini di giornate di prossimità (effettiva o anche solo potenziale) con l'agente, oltre che costituire un approccio prudentiale, permette di considerare anche le esposizioni passive indirette dovute all'attività di altri lavoratori.

K_{cr}=giudizio sulla possibilità di esposizioni aggressive da incorretta gestione dei rifiuti

Per gestione corretta si intende la chiusura sistematica ed ermetica dei contenitori di rifiuti, sia da banco, sia di altro genere, in cui vengono sversati puntali, guanti ed altro materiale venuto a contatto con agenti di laboratorio. Ad esempio puntali usati per dispensare formaldeide, se gettati in contenitori

da banco non adeguatamente chiusi, provocano la dispersione nell'aria circostante della sostanza rimasta adesa ad essi.

Sotto-fase B2: Calcolo del rischio (R_b) e del rischio corretto (R_c) per il laboratorio/area

Sono state adottate le seguenti formule:

Indice di rischio "di base" per la salute:

$$R_b = \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot E_i \cdot K_{cri})^2} \cdot I = \sqrt{\sum_{i=1}^n Ra_i^2} \cdot I$$

Indice di rischio per la salute corretto:

$$R_c = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i \cdot E_i \cdot K_{cri})^2} \cdot I}{K_{pe}} = \frac{R_b}{K_{pe}}$$

I=fattore possibili interazioni

L'uso contemporaneo di molti prodotti chimici induce a non sottovalutare le possibili interazioni (I) fra gli stessi (17). LaboRisCh tiene conto di esse, seppure in forma elementare, tramite il fattore I, il cui valore ha un range di variabilità che va da 0 a valori maggiori di 1. I viene assegnato dal responsabile di valutazione in accordo con il responsabile di laboratorio sulla base delle conoscenze scientifiche disponibili circa le interazioni fra le varie sostanze e/o tenendo conto delle specifiche metodiche di laboratorio qualora siano tali da garantire l'impedimento di qualsiasi ingresso di un agente nell'organismo degli operatori. Per interazioni nulle, non prevedibili o comunque sconosciute, I assume il valore 1, influente sul valore del rischio iniziale.

K_{pe}=fattore di protezione effettiva

E' un fattore che si ottiene valutando la presenza e l'efficacia di dispositivi di protezione, sia individuali (DPI), sia collettivi (DPC), verificando che sussista un loro controllo periodico di stato, efficienza e correttezza d'impiego e che siano avvenute la formazione e l'informazione specifiche dei lavoratori; questi dati vengono forniti dai lavoratori, ma

vanno convalidati da parte del responsabile di valutazione.

L'uso di DPI e DPC, viene introdotto come necessario fattore correttivo. Ancora oggi si ritiene spesso, erroneamente, che un laboratorio risulti "protetto" per il solo fatto che per esso sia notificata la presenza di dispositivi di protezione individuali e/o collettivi (DP) quando in realtà, bisogna tenere conto anche della loro efficacia e del corretto utilizzo. Quindi si è ritenuto opportuno comprendere fattori quali il corretto uso dei DP puntualizzando come una mancata verifica dell'efficienza della qualità, unita ad una scarsa formazione, incidano sul rischio per la salute.

Il valore finale del "rischio corretto" viene ottenuto dall'impiego sequenziale di due matrici in successione (figura 3) in cui vengono inseriti i dati provenienti dalla scheda A2 (figura 2). Nella prima matrice si considerano i DPI e i DPC relativamente alla loro presenza ed efficacia e alle verifiche periodiche dell'efficienza degli stessi. Nella seconda matrice si considerano la corretta formazione degli operatori all'uso dei dispositivi e alla buona pratica di laboratorio.

Il valore di rischio R_b ottenuto esprime il rischio per la salute dovuto all'esposizione dell'operatore ai vari agenti senza tener conto dell'attenuazione data dal corretto uso di DPI e dalla efficacia dei DPC.

Il rapporto fra indice di rischio R_b e K_{pc} genera il valore di rischio corretto (R_c) nella scheda B2 (figura 4).

Interpretazione ed utilizzo dei risultati

Vengono proposte tre fasce di valori di R_c che rispettivamente definiscono la presenza di rischio chimico trascurabile per la salute, potenzialmente significativo e certamente significativo.

La prima ed attuale formulazione del modello ha stabilito che, estrapolando dai correnti criteri UNI EN 689 (15), i valori di R_c definiscono le tre seguenti fasce di rischio:

- Rischio trascurabile ("zona verde"): $R_c < 20$
- Rischio possibilmente significativo ("zona gialla") $20 \leq R_c \leq 40$
- Rischio certamente significativo ("zona rossa") $R_c > 40$

La zona verde indica una situazione di rischio non significativo, perciò non comporta la programmazione di cambiamenti nei materiali, negli impianti, nelle procedure e negli standard lavorativi in genere, a meno che non compaiano notazioni relative ai cancerogeni e/o ai mutageni; in tali casi, pur in presenza di una situazione "verde", normativa e buon senso impongono di rivalutare la situazione e, ogni volta che sia tecnicamente possibile, di eliminare i cancerogeni e i mutageni o sostituirli con altri agenti meno o non pericolosi. Secondo la nostra proposta, quando una situazione lavorativa venga a cadere in fascia verde si può assumere che il rischio sia moderato ai sensi del D.Lgs. 25/02 (5), a condizione che la valutazione non abbia coinvolto agenti cancerogeni e/o mutageni.

La zona gialla attiva uno stato di attenzione che consiglia, quanto meno, una riconsiderazione degli elementi critici degli ambienti di lavoro e delle lavorazioni, un attento controllo dei dati ricevuti dagli operatori e dal responsabile di laboratorio (rivendo con essi tempi di esposizione e quantità utilizzate), un nuovo calcolo dell'algoritmo con i dati puntualizzati e possibilmente il ricorso ad indagini di monitoraggio ambientale e/o biologico. Se si resta ancora in zona gialla dopo aver effettuato le revisioni ed integrazioni del caso, si assume la situazione lavorativa come se fosse in zona rossa.

La zona rossa indica un valore di rischio chimico certamente significativo per cui vanno programmati ed attuati interventi di bonifica, in applicazione della normativa vigente, senza necessità di ulteriori verifiche.

SPERIMENTAZIONE DI VERIFICA DEL MODELLO: DATI PRELIMINARI

Il modello è stato sottoposto a una prima verifica sperimentale utilizzando come traccianti i composti organici volatili (COV) adsorbibili su carbone attivo e la formaldeide. Per il campionamento dei COV sono stati utilizzati dei diffusori passivi a struttura radiale (Radielli) che sono stati indossati dai lavoratori dei laboratori scelti come campione, ciascuno per la durata complessiva di una intera settimana lavorativa. I campioni sono stati analiz-

Tabella 2 - Dati preliminari relativi alla sperimentazione sull'affidabilità del modello. Traccianti utilizzati: composti organici volatili (COV) in miscela e formaldeide ove presente

Table 2 - Preliminary data related to the experimentation on the reliability of the model. Tracing agents used: volatile organic compounds (COV) and formaldehyde if present

Struttura e punto di prelievo	Dati ambientali		LaboRisCh (COV + Formaldeide)		
	% del TLV "miscela" per i COV esclusa formaldeide (laddove presente)	% del TLV-C per la formaldeide (laddove presente)	R _b	R _c	Fascia di rischio
1 a	0,13	//	9,8	4,9	Verde
1 b	0,16	//	11,2	5,6	Verde
2	0,20	non rilevabile	14,9 _c	7,4 _c	Verde
3	0,46	//	18,9	9,5	Verde
4	0,16	33,3	44,7 _c	22,4 _c	Gialla
5	0,19	100,0	61,2 _c	61,2 _c	Rossa
6	0,18	33,3	26,8 _c	26,8 _c	Gialla

zati in gascromatografia presso un laboratorio qualificato (Fondazione Salvatore Maugeri – sede di Padova) e dai risultati ottenuti è stato calcolato il TLV "miscela" sulla base dei valori e della formula dettati dall'ACGIH (1). La formaldeide è stata valutata tramite un campionamento istantaneo mediante fiale colorimetriche Gastech, procedendo poi ad un raffronto dei valori rilevati con il TLV-Ceiling (TLV-C) (1). Sulla base dei risultati ambientali possiamo affermare che i giudizi sul rischio, elaborati tramite LaboRisCh, trovano una buona corrispondenza con i dati desunti dai campionamenti ambientali e relative misure. I risultati presentati in tabella 2 sono parte di una più ampia raccolta dati in corso.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dal punto di vista metodologico, l'algoritmo che proponiamo introduce alcuni parametri aggiuntivi rispetto ad altri modelli attualmente utilizzati per l'industria come l'attenzione all'utilizzo di agenti chimici diluiti, il corretto/scorretto contenimento dei rifiuti, le possibili interazioni fra sostanze, la presenza ed uso dei dispositivi di protezione associata alla verifica periodica ed alla corretta formazione sulla buona pratica di laboratorio.

La modalità di calcolo definita da LaboRisCh risponde al criterio legislativo che richiede la valutazione del rischio chimico in base al pericolo che deriva dalla presenza combinata di tutti gli agenti chimici in gioco (4, 14). L'algoritmo proposto permette di dedurre quali o quante sostanze incidano particolarmente sull'entità di rischio finale come risulta dal contributo di ogni singolo Ra evidenziabile dalla scheda riassuntiva.

Inoltre il criterio valutativo di R_c è basato sulla stima dell'esposizione a tutti i singoli agenti, su cui influisce il fattore K_{pe} di protezione effettiva moltiplicativo correttivo.

NO POTENTIAL CONFLICT OF INTEREST RELEVANT TO THIS ARTICLE WAS REPORTED

BIBLIOGRAFIA

1. ACGIH: *Threshold Limit Values and Biological Exposure Limits*. Cincinnati (USA): ACGIH, 2007
2. APOSTOLI P, LUCCHINI R, ALESSIO L: Proposal of a method for identifying exposure to hazardous chemicals in biomedical laboratories" *Clinica Chimica Acta* 1996; 256: 75-86
3. CALISTI R, STOPPONI R: *Stima delle esposizioni e dei rischi occupazionali e ambientali: modelli a basso impatto tecnologico ed economico*. Rapporti ISTISAN 06/01. Roma: Istituto Superiore di Sanità, 2006: 89-108

4. COTTICA D: *Criticità e peculiarità delle metodologie per la misurazione degli agenti chimici al fine di predisporre una corretta valutazione dell'esposizione*. Modena: Risch, 2003: 197-207
5. DECRETO LEGISLATIVO 2 Febbraio 2002, N. 25: Attuazione della direttiva 98/24/CE sulla protezione della salute e della sicurezza dei lavoratori contro i rischi derivanti da agenti chimici durante il lavoro
6. FONTANA M, RIGGIO R, GOVONI C: I modelli regionali di valutazione del rischio chimico” Rivista SNOP 2004; 62: 12-15
7. GARROD AN, EVANS PG, DAVY CW: Risk management measures for chemicals: the “COSHH essentials” approach. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 2007; 17: S48-S54
8. GIAMBATTISTELLI S, SANTORO D: Attività dei laboratori di ricerca e didattici: valutazione del rischio chimico per l'impiego di agenti chimici pericolosi. Fogli di Informazione ISPESL 2005: 73-80
9. GORI R, NANO G: Uso di criteri decisionali per la valutazione delle esposizioni a tossici industriali. *G Ig Ind It* 1987; 12: 13-22
10. GOVONI C, ARCARI C, CASSINELLI C, et al: MOVARISCH: modello di valutazione del rischio da agenti chimici pericolosi per la salute ad uso delle piccole e medie imprese (titolo VII-bis-D. Lgs. 626/94). <http://www.ausl.mo.it/dsp/spsal/movarisch.htm>
11. ILO - INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION: ILO Chemical Control Toolkit Draft Guidelines, 2005 available at URL: http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/ctrl_banding/toolkit/main_guide.pdf
12. LOMBARDI R, OLORI A, SPAGNOLI G, MOCCALDI A: Il decreto legislativo 2 febbraio 2002. n 25: proposta di metodologia di valutazione del rischio chimico. Modena: Risch 2002: 111-121
13. MAIDMENT SC: Occupational Hygiene Considerations in the Development of a Structured Approach to Select Chemical Control Strategies. *Ann Occup Hyg* 1998; 42: 391-400
14. LUXON SG: *Hazards in the chemical laboratory*. Springer-Verlag Telos”; 5th Edition; 1992
15. UNI: *Atmosfera nell'ambiente di lavoro. Guida alla valutazione dell'esposizione per inalazione a composti chimici ai fini del confronto con i valori limite e strategia di misurazione*. Norma Uni En 689, 1997
16. JACKSON H: Control banding. Practical tools for controlling exposure to chemicals. *Asian Pacific Newsletter on Occup Health Safety* 2002; 9: 62-3
17. ZAPPONI GA, MARCELLO I, VALENTI P: Ambiente di lavoro ed esposizione combinata a più agenti chimici. Modena: RisCh, 2002: 123-136

RINGRAZIAMENTI: Si ringrazia l'INAIL per il contributo finanziario che ha permesso l'attivazione presso la nostra Facoltà del Dottorato in “Scienze della Sicurezza e della salute nei luoghi di lavoro” e la realizzazione del progetto