

**SCENARI DI ESPOSIZIONE E VALUTAZIONE DEL RISCHIO CHIMICO  
OCCUPAZIONALE: VANTAGGI E LIMITI DELLA MODELLISTICA  
IMPIEGATA IN AMBITO EUROPEO****Maria Rosaria Fizzano(1), Elisabetta Barbassa(2)**

- (1) Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul lavoro (INAIL) – Direzione Generale – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione
- (2) Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul lavoro (INAIL) – Direzione Regionale Lombardia – Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

**INTRODUZIONE**

Lo scenario d'esposizione è definito nel Regolamento REACH come "l'insieme delle condizioni, comprese le condizioni operative e le misure di gestione dei rischi, che descrivono il modo in cui la sostanza è fabbricata o utilizzata durante il suo ciclo di vita ed il modo in cui il fabbricante o l'importatore controlla, o raccomanda agli utilizzatori a valle di controllare, l'esposizione delle persone e dell'ambiente".

Lo scenario d'esposizione rappresenta il fulcro del processo di valutazione della sicurezza chimica<sup>1</sup> in quanto costituisce la base per la stima dell'esposizione ed, allegato alla Scheda di Dati di Sicurezza (SDS), è anche il maggior strumento di comunicazione delle informazioni lungo la catena d'approvvigionamento della sostanza. La stima dell'esposizione deve essere effettuata per ciascun scenario d'esposizione nella sua fase iniziale di sviluppo e successivamente affinata fino alla definizione dello scenario finale.

Il processo di stima dell'esposizione dovrebbe basarsi su misure sperimentali. In pratica, la disponibilità di dati reali d'esposizione è limitata e quindi, nella maggior parte dei casi, si deve ricorrere all'uso di modelli di calcolo. In particolare nel caso delle piccole e medie imprese (PMI), che si distinguono per un'elevata variabilità delle mansioni lavorative degli addetti e dei relativi tempi di esposizione, nonché delle modalità d'uso degli agenti chimici, gli algoritmi o i modelli di calcolo possono rappresentare uno strumento di grande utilità nella valutazione del rischio.

L'Agenzia europea delle sostanze chimiche (ECHA), nella Guida alle disposizioni in materia di informazione e alla valutazione della sicurezza

---

<sup>1</sup> CSA: Chemical Safety Assessment

chimica - Parte D [1], distingue tra modelli elaborati con l'intento di offrire una semplicità d'uso, ma intrinsecamente conservativi, e pertanto indicati ad essere utilizzati come modelli per uno screening iniziale (modelli di livello 1), e modelli più complessi di livello 2, che richiedono un maggior numero di dati di input e che forniscono stime d'esposizione più accurate e più aderenti ai dati sperimentali.

Nel presente lavoro è fornita una descrizione dettagliata della struttura e del campo di applicazione di alcuni modelli di calcolo per la stima dell'esposizione occupazionale: EASE, ECETOC TRA *WorkerTool 3.0*, MEASE (di livello 1) e Stoffenmanager (di livello intermedio tra 1 e 2), mettendone in evidenza sia i vantaggi che i limiti di utilizzo.

## IL MODELLO EASE

Il modello EASE - Estimation and Assessment of Substances Exposure - è stato sviluppato in UK dalla HSE (Health and Safety Executive) in modo specifico per i lavoratori chimici ed incorporato in EUSES (European Union System for the Evaluation of Substances), un più ampio programma elettronico, adottato dalla Commissione Europea, per il calcolo quantitativo del rischio complessivo, sia umano che ambientale, delle sostanze chimiche, in linea con i principi dettati dal TGD (Technical Guidance Document) europeo [2].

L'utilizzo del programma EUSES 2.1 in modalità V (Uomo esposto sul posto di lavoro - EASE) permette di stimare non solo l'esposizione occupazionale secondo EASE, ma anche il rischio chimico per la salute dei lavoratori partendo dagli scenari d'esposizione ottenuti con EASE.

In particolare con questo modello:

- l'inalazione è assunta come uniforme ed è espressa come concentrazione della sostanza chimica nella zona di lavoro, dove si respira, intesa come concentrazione media per un periodo, per convenzione, di 8 ore, pari ad un tipico turno di lavoro (per rappresentare esposizioni lunghe da confrontare con dati di tossicità croniche). Il modello fornisce direttamente risultati numerici di concentrazione della sostanza chimica, espressi in ppm e automaticamente convertiti anche in  $\text{mg}/\text{m}^3$ , sotto forma d'intervalli di valori d'esposizione;
- il contatto cutaneo è considerato come uniforme ed è espresso come quantità potenziale totale della sostanza chimica depositata sulla pelle dell'uomo, mani ed avambracci pari a ca.  $2000 \text{ cm}^2$  di pelle, durante un giorno lavorativo;
- l'ingestione non viene quantificata.

Il modello EASE non è adatto per esposizioni acute e non tiene conto delle variabili relative alla quantità di sostanza impiegata ed all'intensità d'uso della sostanza chimica. Non predice esposizioni conseguenti a situazioni particolari o speciali, come sovraccarichi elevati di lavoro o improvvisi rilasci di vapori della sostanza chimica.

Il modello per l'inalazione, combinando diversi criteri logici, porta alla descrizione di 170 diversi scenari. Valori numerici di concentrazione sono assegnati ai vari scenari d'esposizione sulla base di dati sperimentali raccolti nella Banca Dati NEDB<sup>2</sup> relativi a campionamenti effettuati da ispettori dell'HSE in aziende inglesi durante gli anni '80.

L'approccio all'esposizione per inalazione di gas e vapori consiste nello sviluppo logico (albero decisionale) dei seguenti 3 criteri:

A) *Proprietà fisiche della sostanza durante il suo uso* (temperatura e pressione alle condizioni di processo, tendenza a formare aerosol)

B) *Pattern d'uso* (tipo di processo) che prevede le seguenti possibilità:

- sistema chiuso (con possibilità di rottura del sistema chiuso);
- inglobato in una matrice;
- non-dispersivo (uso controllato);
- molto dispersivo.

C) *Pattern di controllo* che include:

- completo contenimento;
- ventilazione locale delle emissioni (LEV);
- segregazione;
- manipolazione diretta;
- manipolazione diretta e ventilazione con diluizione.

L'esposizione a polveri è trattata in modo diverso da quella dei gas e vapori e i criteri logici sono:

- *dimensioni delle particelle*: granulari (esposizione uguale a zero), inalabili, respirabili;
- *tipo di polvere*: fibroso, non fibroso.

Per le polveri fibrose si distinguono polverosità (alta, media e bassa), pattern d'uso (tipo di processo: macinazione a secco, manipolazione a secco e tecnologie a bassa polverosità), pattern di controllo (con ventilazione locale delle emissioni - LEV- o senza).

Per le polveri non fibrose il modello distingue polveri (aggreganti o non), pattern d'uso (tipo di processo: macinazione a secco, manipolazione a secco, tecnologie a bassa polverosità), pattern di controllo (con e senza LEV).

---

<sup>2</sup> Banca Dati NEDB: UK-HSE National Exposure DataBase

L'esposizione cutanea attraverso gas e vapori è assunta essere molto bassa e quindi viene trascurata. Solo il contatto con solidi e liquidi è considerato importante.

Si assume, inoltre, che non ci siano protezioni di sorta e che l'esposizione, quindi, possa avvenire solo con lavorazioni di tipo manuale.

Tra i pattern d'uso e di controllo, solo quelli d'uso non dispersivo e manuale comportano importanti esposizioni cutanee. I criteri dei livelli di contatto cutaneo sono 4: nessuno, incidentale (1 volta al giorno), intermittente (2-10 al giorno), estensivo (>10 al giorno). Gli intervalli d'esposizione calcolati sono stime basate su una ristretta serie di dati sperimentali provenienti da diverse fonti come: US-EPA, UK-HSE e letteratura scientifica. Le unità d'esposizione sono espresse in  $\text{mg}/\text{cm}^2$ .

Il programma integrato EUSES/EASE, nella versione 2.1, è semplice, di facile applicazione, richiede un numero limitato di input ed è in grado di simulare diversi scenari d'esposizione.

Si tratta tuttavia di un modello di calcolo molto conservativo che tende a sovrastimare anche fortemente l'esposizione, ed è quindi utilizzabile solo per la stima dell'esposizione professionale nell'ipotesi di caso peggiore.

Lo sviluppo del modello è stato avviato all'inizio degli anni '90 e risente della situazione legislativa e delle conoscenze tecniche dell'epoca; inoltre poiché i dati d'esposizione sono stati rilevati da ispettori dell'HSE si tratta di dati tendenzialmente concentrati verso livelli alti di esposizione.

Il modello di calcolo per l'esposizione cutanea è piuttosto grossolano, costruito sulla base dei pochi dati sperimentali a disposizione a quel tempo. I risultati ottenuti vanno pertanto considerati con una certa cautela.

### IL MODELLO ECETOC TRA WORKERTOOL VERSIONE 3.0

Il modello ECETOC TRA *WorkerTool* è stato messo a punto dall'ECETOC<sup>3</sup> [3] sulla base della struttura e della Banca Dati NEBD<sup>4</sup> del modello EASE.

La versione 3.0 del modello, uscita nell'aprile del 2012 [4], è disponibile solo incorporata nel modello integrato (EUSES) che calcola l'esposizione sia dei lavoratori che dei consumatori e dell'ambiente e supera i problemi mostrati dalla precedente versione 2.0, presentandosi quindi come la versione finale consolidata da usare per lo sviluppo degli scenari espositivi occupazionali.

Il modello ECETOC TRA *WorkerTool*, dove TRA sta per *Targeted Risk Assessment*, è un modello di 1° livello che consente di stimare l'esposizione sia inalatoria che cutanea dei lavoratori ad un agente chimico.

---

<sup>3</sup> European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals

<sup>4</sup> UK-HSE National Exposure DataBase

Per caratterizzare l'esposizione per inalazione sul luogo di lavoro si utilizzano i seguenti tre tipi di determinanti:

- la tendenza della sostanza a diventare volatile (*fugacità*) che, per i liquidi, è espressa dalla loro tensione di vapore e, per i solidi, dalla loro polverosità;
- il modo in cui la sostanza è usata (*pattern d'uso*), che nel modello è descritto dalle categorie di processo (PROC); per calibrare il modello si è fatto ricorso ad una Banca dati molto ampia sull'esposizione che costituisce un aggiornamento ed una revisione della Banca Dati NEDB;
- gli strumenti per controllare l'esposizione (*pattern di controllo*), come i diversi gradi di ventilazione generale, la presenza di un impianto di aspirazione localizzato (LEV - Local Exhaust Ventilation) o l'uso di DPI<sup>5</sup>.

Il modello ECETOC TRA *Worker Tool* distingue innanzitutto tra *attività industriali* ed *attività professionali* e fa riferimento al *sistema dei descrittori degli usi* previsto dal CSA del REACH, in particolare alle 25 categorie di processo (PROC), che descrivono gli scenari d'esposizione lavorativi identificati e che sono riportati nella seguente Tabella 1:

**Tabella 1:** Categorie di processo (PROC)-modello ECETOC TRA *WorkerTool*

PROC N.	CATEGORIE DI PROCESSO
1	Uso in processo chiuso, con nessuna probabilità d'esposizione
2	Uso in processo continuo chiuso, con esposizione controllata occasionale
3	Uso in processo a <i>batch</i> chiuso (sintesi o formulazione)
4	Uso in processo a <i>batch</i> e altro (sintesi), dove si origina opportunità d'esposizione
5	Impasti o miscele in processi a batch (multistadio e/o contatto significativo)
6	Operazioni di calandratura
7	<i>Spraying</i> industriale
8a	Trasferimento di <i>chemicals</i> da/a recipienti/grossi contenitori presso servizi non dedicati
8b	Trasferimento di <i>chemicals</i> da/a recipienti/grossi contenitori presso servizi dedicati

<sup>5</sup> DPI: Dispositivi di Protezione Individuale

segue *Tabella 1*

9	Trasferimento di <i>chemicals</i> in piccoli contenitori (linea di riempimento dedicata)
10	Applicazione a rullo o con pennello
11	<i>Spraying</i> non industriale
12	Uso di agenti schiumogeni per produzione di schiume
13	Trattamento di articoli mediante immersione e sversamento
14	Produzione di miscele o articoli mediante compressione, estrusione e pellettizzazione
15	Uso di reagenti da laboratorio in laboratori di piccola scala
16	Uso di materiali come combustibile, probabile esposizione limitata a prodotti incombusti
17	Lubrificazione in condizioni di alta energia e in processi parzialmente aperti
18	Ingrassaggio in condizioni di alta energia
19	Mescolamenti manuali con contatto intimo (solo disponibile con PPE)
20	Fluidi di trasferimento calore e pressione (sistemi chiusi) in uso dispersivo
21	Manipolazione a bassa energia di sostanze legate in materiali e/o articoli
22a	Operazioni potenzialmente chiuse con minerali ad elevate temperature – $pt < mp$ – bassa fugacità
22b	Operazioni potenzialmente chiuse con minerali ad elevate temperature – $pt \approx mp$ – media fugacità
22c	Operazioni potenzialmente chiuse con minerali ad elevate temperature – $pt > mp$ – alta fugacità
23a	Processo aperto e trasferimento di minerali ad elevate temperature - $pt < mp$ – bassa fugacità
23b	Processo aperto e trasferimento di minerali ad elevate temperature – $pt \approx mp$ – media fugacità
23c	Processo aperto e trasferimento di minerali ad elevate temperature – $pt > mp$ – alta fugacità
24a	Lavorazione ad alta energia (meccanica) di sostanze legate in materiali e/o articoli - $pt < mp$ – bassa fugacità
24b	Lavorazione ad alta energia (meccanica) di sostanze legate in materiali e/o articoli – $pt \approx mp$ – media fugacità
24c	Lavorazione ad alta energia (meccanica) di sostanze legate in materiali e/o articoli – $pt > mp$ – alta fugacità
25a	Operazioni di lavoro a temperature elevate con metalli - $pt < mp$ – bassa fugacità
25b	Operazioni di lavoro a temperature elevate con metalli – $pt \approx mp$ – media fugacità
25c	Operazioni di lavoro a temperature elevate con metalli – $pt > mp$ – alta fugacità

Come dati di input, il modello prevede l'inserimento di alcuni dati specifici della sostanza (n. di CAS, peso molecolare, valori di OEL<sup>6</sup> o DNEL<sup>7</sup>), della sua tensione di vapore nel caso di un liquido o della sua polverosità per un solido (3 opzioni: bassa, media, alta), la scelta tra attività indoors o outdoors, la selezione della categoria d'uso: industriale o professionale, quest'ultima caratterizzata da livelli di esposizione maggiori e l'individuazione della più idonea categoria di processo (PROC).

ECETOC TRA *Worker Tool* consente quindi l'applicazione dei seguenti 5 fattori modificatori d'esposizione:

- **Ventilazione:** il modello distingue tra attività *indoors*, dove si prevede la scelta tra la presenza o meno di diversi gradi di "ventilazione generale" e/o del LEV, ed attività *outdoors*, in cui non sono presenti; il modello, per tener conto dell'effetto di diluizione degli inquinanti negli ambienti aperti, calcola per le attività *outdoors* un'esposizione all'inquinante pari al 70% di quella delle attività *indoors*.

Nelle attività indoors, per quanto concerne i diversi gradi di "ventilazione generale", il modello prevede la scelta tra le seguenti possibilità (Tabella 2):

**Tabella 2:** Gradi di ventilazione indoors-modello ECETOC TRA *WorkerTool*

Tipo di ventilazione Indoors	Corrispondenza
basic general ventilation	Ventilazione naturale, <i>pari generalmente a 1-3 ricambi d'aria/ora.</i>
with good general ventilation	Buona ventilazione naturale (apertura intenzionale di porte o finestre) in assenza di impianti meccanici di ventilazione. <i>Generalmente 3-5 ricambi d'aria/ora.</i>
with enhanced general ventilation	Presenza di impianti meccanici di ventilazione non localizzati. <i>Almeno 5-10 ricambi d'aria/ora.</i>

Nel caso in cui le attività indoors sono svolte in presenza di un impianto di aspirazione localizzato LEV, il modello prevede le seguenti possibilità:

1. Indoors + LEV
2. Indoors with Good general ventilation + LEV
3. Indoors with Enhanced general ventilation + LEV (con esclusione delle attività professionali).

<sup>6</sup> Occupational Exposure Limits

<sup>7</sup> Derived No Effects Levels

- **Durata dell'attività:** sono previsti 4 diversi intervalli di tempo: > 4 ore; 1-4 ore; 15 min.-1 ora; <15 min., per i quali le esposizioni sono calcolate applicando fattori correttivi (F) pari rispettivamente a 1; 0,6; 0,2; e 0,1;
- **Protezione respiratoria:** distingue tra il possibile utilizzo di un dispositivo DPI, (due opzioni: F = 0,1 e F = 0,05), e l'assenza di un DPI (F = 1).
- **Protezione cutanea:** distingue tra 4 opzioni: nessun DPI, uso di guanti con fattore di protezione APF = 5 (F = 0,2), uso di guanti con fattore di protezione APF = 10 (F = 0,1) ed uso di guanti con fattore di protezione APF = 20 (F = 0,05), solo per utilizzatori industriali
- **Uso in miscele:** è previsto l'uso della sostanza tal quale (F = 1) o in miscela alle seguenti concentrazioni: C > 25% (F = 1); C = 5-25% (F = 0,6); C = 1-5% (F = 0,2) e C <1% (F = 0,1).

Il modello nella versione 3.0 ha, tra le sue funzionalità, anche la stima dell'esposizione cutanea alla sostanza, che è stata rivista, sulla base di quanto previsto dall'esposizione inalatoria, distinguendo tra attività di tipo industriale e professionale, con la capacità di tener conto dei fattori di modificazione dell'esposizione, incluso l'uso dei guanti. La versione 3.0 del modello ECETOC TRA permette all'utilizzatore di scegliere se applicare o meno il LEV.

Il modello consente di riferire le stime ai DNEL cutanei, sviluppati dal registrante nell'ambito della registrazione delle sostanze REACH e di calcolare conseguentemente un RCR<sup>8</sup>-cutaneo.

La versione 3.0 del modello ECETOC TRA comprende la possibilità di fare riferimento anche a valori di inalazione a breve termine (STEL) e d'esposizione locale cutanea a lungo termine ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ) e permette di calcolare i seguenti dati di output:

- esposizioni inalatorie di lungo termine (ppm e  $\text{mg}/\text{m}^3$ );
- esposizioni cutanee di lungo termine ( $\text{mg}/\text{kg}\cdot\text{d}$ );
- esposizioni inalatorie di breve termine ( $\text{mg}/\text{m}^3$ );
- esposizioni cutanee locali ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ ).

Il modello non è applicabile per la stima dell'esposizione a gas, a nebbie di aerosol, a fumi, a solidi sospesi o disciolti in liquidi e per valutare l'esposizione alla frazione respirabile aerodispersa delle polveri inquinanti negli ambienti di lavoro. Può essere, invece, applicabile alla valutazione

---

<sup>8</sup> RCR: rapporto di caratterizzazione del rischio



della frazione inalabile (UNI EN 481:1994). Allo stesso modo il modello non è in grado di predire l'esposizione a materiale fibroso aerodisperso.

Il modello ECETOC TRA *Worker Tool* versione 3.0 è un modello di 1° livello facile da utilizzare in quanto richiede pochi dati di input ed è sufficientemente conservativo, ma meno del modello EASE, quindi consente di ottenere dati di esposizione più vicini a quelli reali. Il modello non tiene conto della quantità di sostanza usata, né della frequenza d'uso e le categorie di processo (PROC) non riescono a coprire tutte le possibili situazioni espositive.

### **IL MODELLO MEASE**

Il modello di 1° livello MEASE (Metals' Estimation and Assessment of Substance Exposure) è stato sviluppato dall'EBRC- Consulting GmbH di Hannover in modo specifico per la stima dell'esposizione occupazionale, sia inalatoria che cutanea, ai metalli ed alle sostanze inorganiche, in quanto il modello ECETOC TRA presenta dei limiti nel calcolo dell'esposizione a tali sostanze.

Il modello MEASE può essere scaricato gratuitamente dai seguenti siti: <http://www.ebrc.de/mease.html> e <http://www.reach-metals.eu/>.

MEASE combina i diversi approcci previsti dai modelli ECETOC TRA ed EASE e dalla Guida sulla valutazione del rischio per la salute per i metalli (progetto HERAG).

Per la valutazione dell'esposizione inalatoria, il modello adotta l'approccio basato sulle categorie di processo (PROC) del modello ECETOC TRA e prende in considerazione 3 classi di fugacità: bassa, media, alta.

Le classi di fugacità sono definite sulla base della forma fisica, del punto di fusione del metallo, della temperatura di processo, della tensione di vapore e del PROC scelto.

Le stime di esposizione iniziale ricavate con il modello MEASE per i PROC 21 – 27a sono basate su dati sperimentali forniti dall'industria dei metalli (Eurometaux).

Il modello richiede come dati di input il peso molecolare della sostanza, il punto di fusione, la tensione di vapore e la percentuale in miscela (incluse le leghe) e consente la scelta tra alcune condizioni operative (categorie di processo o PROC, temperatura del processo, scala dell'operazione, durata dell'esposizione) e diverse misure di gestione dei rischi (sistemi chiusi, segregazione del lavoratore, ventilazione generale, LEV, tecniche di abbattimento dell'inquinante).

Il modello MEASE differisce quindi dall'ECETOC TRA Worker Tool in alcune assunzioni di base e parametri di default e risulta meno conservativo e più specifico.

Per la stima dell'esposizione cutanea, MEASE adotta il sistema delle bande di esposizione previsto dal modello EASE e le stime di esposizione sono generate dal modello sulla base dei dati sperimentali raccolti per diversi metalli.

Non sono disponibili adeguati studi di validazione del modello MEASE.

## IL MODELLO STOFFENMANAGER

Il modello Stoffenmanager è stato sviluppato in Olanda inizialmente per le piccole e medie imprese con l'intento di facilitare il controllo del rischio chimico e l'individuazione delle priorità tra gli interventi di prevenzione e protezione da mettere in atto.

Il modello è intermedio tra il livello 1 e 2, è un modello web-based, ossia utilizzabile tramite internet, e attualmente è fruibile in Inglese, Olandese e Finlandese dal sito web: <https://www.stoffenmanager.nl>; è disponibile in una versione base, gratuita, e in una versione a pagamento, con maggiori funzionalità che, ad esempio, consente di far interagire il modello con altri database. Il modello è disponibile in 2 moduli [5]:

1. un modulo "Control banding" che aiuta l'utilizzatore a dare priorità ai rischi per la salute dei lavoratori derivanti da sostanze pericolose ed è uno strumento di screening per determinare gli interventi da attuare. In questo senso, a partire dalle informazioni iniziali, il modello fornisce una stima delle fasce di rischio. Una volta stimato il rischio, possono essere prese in considerazione le misure da attuare e quindi si può stimare di nuovo il rischio.
2. un modulo "Quantitative exposure"; il modello è validato per la stima dell'esposizione inalatoria a vapori e polveri inalabili e restituisce un risultato in  $\text{mg}/\text{m}^3$ . Si possono ottenere due valori stimati: uno, il caso peggiore, basato sul 90 percentile della distribuzione di esposizione e un altro basato su un percentile a scelta, ad esempio tra 50 o 70. Il valore ottenuto può essere confrontato con un valore limite.

Stoffenmanager classifica la pericolosità di sostanze e miscele in base alle frasi R<sup>9</sup> o H<sup>10</sup>, secondo lo schema del COSHH Essentials (Technical

---

<sup>9</sup> Frasi R: frasi di rischio

<sup>10</sup> Frasi H: Indicazioni di pericolo (Regolamento CLP)

documentation COSHH website) [6]; la versione 5.1 del modello è infatti aggiornata al Regolamento CLP.

Per la stima dell'esposizione inalatoria si basa su un approccio sorgente-recettore già sviluppato da Cherrie e Schneider [7], opportunamente modificato in alcuni punti in modo da renderlo utilizzabile dalle PMI, spesso carenti di personale esperto in igiene occupazionale; i parametri considerati sono i processi, le misure di controllo locali, la ventilazione generale, le caratteristiche dei prodotti [8]. Per la parte inalatoria è stato validato con circa 1000 misure di esposizione: i risultati mostrano una buona stima dell'esposizione, sufficientemente conservativa, anche se talora va adattato allo scenario [9].

Per la stima dell'esposizione cutanea il modello si riferisce a RISKOFDERM [10], modello basato su un gran numero di misure di esposizione in reali contesti lavorativi; Stoffenmanager contempla circa 700 misure di esposizione.

Per lavorare con il modello Stoffenmanager occorrono i dati contenuti nella scheda di sicurezza (SDS): la parte di stima del rischio finalizzata a definire la scala delle priorità degli interventi non è disponibile nei casi in cui per la sostanza o la miscela non sono disponibili frasi R o frasi H in base al CLP (es. farmaci): in questi casi va effettuato un processo di attribuzione di una frase R o H.

La parte relativa alla stima dell'esposizione inalatoria non presenta restrizioni; la parte dell'esposizione cutanea non è adatta per la caratterizzazione del rischio di prodotti contenenti sostanze etichettate come (molto) tossiche e corrosive: il modello riconosce queste sostanze dal numero CAS e avvisa l'utilizzatore.

Stoffenmanager può essere utilizzato per valutare l'esposizione inalatoria quantitativa a polveri inalabili, vapori ed aerosol di liquidi anche a bassa volatilità; è sconsigliato per la stima quantitativa nel caso di inalazione di fibre, gas o sostanze rilasciate nell'aria come risultato di tecniche di lavorazione a caldo, ad esempio la saldatura e brasatura.

I dati di base da inserire sono divisi in tre campi:

#### 1. Informazioni generali:

- nome del prodotto;
- data di pubblicazione della SDS;
- produttore;
- stato fisico del prodotto.

## 2. Valutazione del rischio

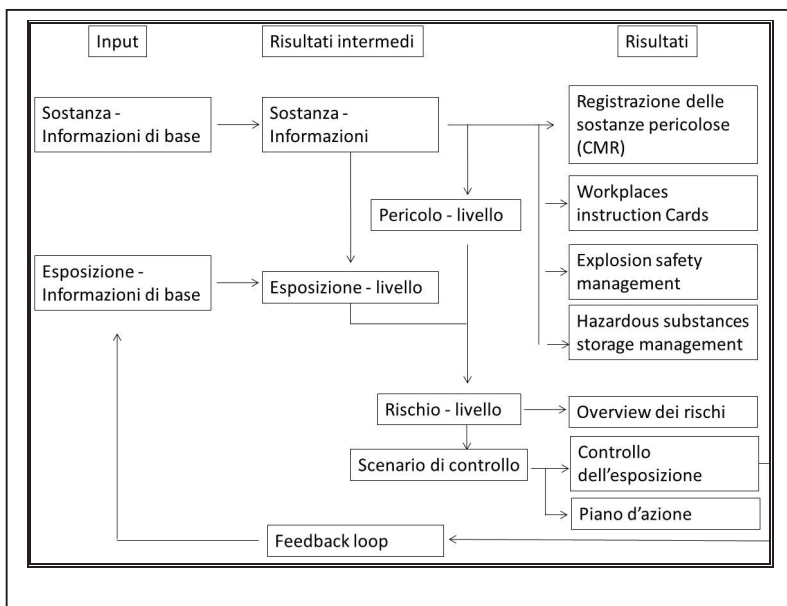
- informazioni di salute e sicurezza (frasi R, S, H e P tratti dalle SDS);
- composizione del prodotto (n.CAS e concentrazione tratta dalla SDS).

## 3. Istruzioni di lavoro e registrazione delle sostanze pericolose

- categorie di pericolo (SDS);
- DPI e impianti di ventilazione (SDS).

Uno schema del modello è riportato in Figura 1.

**Figura 1:** schema del modello Stoffenmanager (tratto da [8])



Il risultato della valutazione nel modulo delle fasce di controllo è l'assegnazione di:

- *Una fascia di pericolo per la sostanza.* Tale assegnazione è basata sulle frasi di rischio od indicazioni di pericolo inserite nel modello e analizzate dallo stesso seguendo lo schema del COSHH. Le categorie sono 5 (A, B, C, D, E): le sostanze ritenute più pericolose sono classificate in categoria E, le meno pericolose in categoria A (Figura 2).

- *Una fascia di esposizione*, stimata dal modello in base alla quantità di sostanza rilasciata, al tipo di operazione (durata e frequenza) e alla distanza dalla sorgente. Le classi previste sono 4: la classe 1 rappresenta l'esposizione più bassa, la 4 quella più alta (Figura 2).
- *Un punteggio che indica il rischio per la salute*, stimato dalla combinazione tra la fascia di pericolo e fascia di esposizione. La stima può essere riferita a 3 fasce: quella a rischio più elevata è la I (caratterizzata nel modello dal colore rosso), quella a rischio minore è la III (caratterizzata dal colore verde) (Figura 2).

**Figura 2:** schema della valutazione – modello Stoffenmanager (tratto da [8])

<b>Fascia di pericolo</b>	<b>A - Bassa</b>	<b>B - Media</b>	<b>C - Alta</b>	<b>D- Molto alta</b>	<b>E - Estrema</b>
<b>Fascia di esposizione</b>					
1 - Bassa	3	3	3	2	1
2 - Media	3	3	2	2	1
3 - Alta	3	2	2	1	1
4 - Molto alta	2	1	1	1	1
Priorità di intervento: I: alta – II: media - III: bassa					

Assegnati i punteggi e la fascia di stima del rischio, il modello aiuta l'utente a scegliere le misure per ridurre o controllare il rischio, attraverso la funzione *control scenario*.

Con questa funzione vengono presentate una serie di possibili misure di prevenzione e protezione, raggruppate e ordinate secondo una sequenza denominata *STOP-principle* (Substitution, Technical measures, Operational measures, Personal protection) (Tabella 3): sostituzione, misure tecniche di controllo sulla sorgente, nelle immediate vicinanze della sorgente, nello spazio di misura (ambiente di lavoro), modifiche al modo di lavorare (es. cabine), misure di protezione individuale dei lavoratori.

Alla scelta di una misura è associabile un ricalcolo del pericolo e dell'esposizione, quindi una nuova valutazione del rischio.

**Tabella 3:** Misure di prevenzione e protezione suggerite dalla funzione *Control scenario* – modello Stoffenmanager (tratto da [8])

<b>1. Misure di controllo alla sorgente</b>	<b>2. Misure di controllo sull'area nelle strette vicinanze della sorgente</b>
Eliminazione del prodotto pericoloso dall'operazione lavorativa	Provvedere ad un pieno contenimento della sorgente
Eliminazione dell'operazione lavorativa dal processo	Installazione di una ventilazione locale sulla sorgente di emissione
Modificazione della forma fisica del prodotto	Inserimento di una combinazione ventilazione locale-pieno contenimento
Modificazione delle modalità operative (es. la manipolazione frequente può essere sostituita da quella in sistema chiuso)	Limitazione dell'emissione del prodotto (es. umidificare la polvere)
Sostituzione del prodotto pericoloso con un altro a diversa composizione meno pericoloso	<b>3. Misure di controllo su un'area più ampia rispetto a quella del lavoratore</b>
Automazione del processo	Ventilazione naturale Installazione di un sistema di ventilazione meccanica
Cambiamento dell'ordine delle operazioni (es. aggiunta di polvere al liquido e non viceversa)	Utilizzare cabine a spruzzo
	<b>4. controllo del lavoratore</b>
	Uso di cabine
	Uso di DPI

Le scelte effettuate possono essere salvate in un piano d'azione (*action plan*). Il modello prevede anche delle *misure di controllo* che, tuttavia, non vengono suggerite ma devono inserite manualmente dall'utilizzatore.

Il modello, oltre a stimare il livello di rischio, facilita il soddisfacimento di altri adempimenti normativi:

- per quanto riguarda l'*Informazione*, in automatico, in base ai dati inseriti, il modello propone delle schede informative tratte dalle SDS (*workplace instruction cards*) e dei filmati (*PIMEX* - Picture Mixed Exposure) realizzati dal Ministero olandese per gli affari sociali e del lavoro (Ministry of Social Affairs and Employment (SZW)) nell'ambito di un programma per la politica della sicurezza delle sostanze;

- vengono predisposti dei report sulle sostanze utilizzate, sull'esposizione e sulla valutazione del rischio che possono essere salvati e stampati;
- vengono predisposti anche i documenti per gli adempimenti di registrazione *delle sostanze cancerogene, mutagene e tossiche per la riproduzione*, previsti dalla legislazione olandese;
- vengono fornite le informazioni e una guida allo stoccaggio delle sostanze pericolose secondo le linee guida olandesi.

### Algoritmo del modello Stoffenmanager

La stima dell'esposizione si basa su un approccio sorgente-recettore ed è effettuata tramite un algoritmo. Il modello opera una distinzione, utilizzando equazioni diverse, tra la zona nell'intorno del lavoratore (sorgente *near-field*) e quella più lontana (sorgente *far-field*). Una sorgente è considerata *near-field* (l'intorno del lavoratore) se situata entro 1m dalla testa del lavoratore; la sorgente *far-field* comprende il resto della stanza in cui opera il lavoratore.

La sorgente diffusiva rappresenta, invece, la concentrazione di fondo dell'inquinante.

L'esposizione totale personale (Ct) è la somma dei livelli di esposizione dovuti alle sorgenti individuate (*near-field*, *far-field*, *diffusiva*) corretta da un fattore ( $\mu$ ) che rappresenta le misure di prevenzione e protezione applicate.

$$Ct = (Cnf + Cff + Cds) * \mu$$

La funzione esposizione tiene in considerazione, attraverso i parametri che concorrono alla stima delle esposizioni dovute alle singole sorgenti, la manipolazione delle sostanze pericolose, le loro proprietà e, attraverso dei fattori di modifica correlati alla sorgente di emissione ed alla dispersione dell'inquinante, le misure di controllo applicate localmente e quelle di ventilazione generale.

Poiché lo scopo è classificare le situazioni rispetto al proprio rischio, vengono considerati anche frequenza e durata della fase del ciclo in cui è utilizzata la sostanza pericolosa.

Quindi l'equazione finale del modello è:

$$B = Ct \times th \times fh$$

Ove:

**B**: punteggio relativo all'esposizione;

**Ct** : punteggio relativo all'esposizione totale (tiene conto dell'esposizione di fondo o *sorgente diffusiva*, della concentrazione nell'area intorno al lavoratore o *near-field*, della concentrazione data dal *far-field*);

**th**: durata della manipolazione;

**fh**: frequenza della manipolazione.

Il parametro fondamentale che il modello prende in considerazione è l'emissione intrinseca della sostanza, proprietà legata alla pressione di vapore per i liquidi e alla polverosità per i solidi.

L'emissione intrinseca dei liquidi è l'unico parametro lineare del modello ed è calcolata come:

$$E = P / 30.000 \quad \text{ove } P: \text{pressione di vapore (Pa)}$$

L'idea di fondo è che una sostanza con pressione di vapore superiore a 30.000 Pa è praticamente allo stato di vapore (evapora molto rapidamente); sostanze con pressione di vapore inferiori evaporano più lentamente e possono essere presenti sotto forma di liquido, non disponibile per inalazione.

Il punteggio più basso (10) è assegnato a quelle sostanze che hanno  $P \leq 10$  Pa, il più alto (30.000) a quelle con  $P \bullet 30.000$  Pa.

Se il prodotto è costituito da 2 o 3 sostanze volatili, per tener conto delle singole emissioni, l'emissione intrinseca è data dalla somma delle emissioni delle singole sostanze contenute nel prodotto, ciascuna calcolata come:

$$E_i = (pi / 30000) \times fi \quad \text{ove } pi: \text{pressione di vapore della sostanza } i \\ fi: \text{frazione del componente } i \text{ nel prodotto}$$

Se disponibile (es. da SDS) si può utilizzare la pressione di vapore del prodotto; nei casi di prodotti costituiti per la maggior parte da un'unica sostanza si può usare la pressione di vapore di quest'ultima.

Analogamente per le sostanze solide si tiene conto della polverosità, assegnando i punteggi secondo quanto riportato in tabella seguente (tratta da [8]).



**Tabella 4:** Punteggi per l'emissione intrinseca dei solidi – modello Stoffenmanager (tratto da [8])

<b>Parametro di emissione intrinseca</b>	<b>Spiegazione</b>	<b>Punteggio</b>
Solidi	Forme solide, es. blocchi o scorie	0
Granuli o scaglie non disperdibili	Non vi è emissione senza una rottura intenzionale del solido, es. fibre del cotone	0.01
Granuli o scaglie	Granuli o scaglie che potrebbero sgretolarsi (es. zucchero, fertilizzanti)	0.03
Polvere grossolana	Polveri la cui nube si deposita per gravità (es. sabbia, calcio stereato, etc.)	0.1
Polvere sottile	Polveri la cui nube è chiaramente visibile per un certo tempo (es. farina)	0.3
Polveri estremamente sottili	Polveri la cui nube rimane in aria per lungo tempo	1

*Categorie di trattamento*

I punteggi per la manipolazione dei liquidi sono correlati a 7 categorie di trattamento che possono influenzare l'emissione e sono riportati nella seguente Tabella 5.

**Tabella 5:** Punteggi per la manipolazione di liquidi – modello Stoffenmanager (tratta da [8])

<b>Descrizione</b>	<b>Esempi</b>	<b>Punteggio</b>
Manipolazione di liquidi in contenitori ermeticamente chiusi	Trasporto/spostamento di contenitori chiusi	0
Manipolazione di liquidi in cui soltanto piccole quantità di prodotto può essere rilasciato	Misurazione di dosi mediante un dispositivo di misura Manipolazione di piccole quantità in situazioni di laboratorio, come l'utilizzo di pipette	0.1
Manipolazione di liquidi con piccole superfici o manipolazione accidentale di liquidi	Incollaggio di adesivi ed etichette Pulizia di piccoli oggetti ad es. coltelli Cementare Sganciamento di serbatoio di camion o distacco di linee di produzione	0.3

*segue Tabella 5*

<p>Manipolazione di liquidi usando bassa pressione, bassa velocità e superfici di medie dimensioni</p>	<p>Mescolamento/diluizione di liquidi mediante agitazione Drenaggio manuale o versamento del prodotto Tinteggiatura di infissi mediante rullo o pennello Incollaggio di pezzi più larghi, come le soles delle scarpe Sgrassaggio o pulizia di piccoli macchinari/ strumenti/ pezzi da lavorare/ serbatoi, etc.</p>	<p>1</p>
<p>Manipolazione di liquidi con larghe superfici o grandi pezzi di lavoro</p>	<p>Verniciatura di muri o navi con rullo o pennello Sgrassaggio di grandi macchinari Incollaggio o pulizia di pavimenti Manipolazione di strumenti/oggetti o pacchi pesantemente contaminati Manipolazione di oggetti immersi, manipolazione di oggetti verniciati Immersione meccanica di grandi oggetti in un bagno, ad es. a scopi di pulizia</p>	<p>3</p>
<p>Manipolazione di liquidi (usando bassa pressione, ma alta velocità) senza creare una nebbia o spray/foschia</p>	<p>Schiumare un prodotto a scopi di pulizia o rivestimento Miscelazione di prodotti ad alta velocità usando un mescolatore Sversamento incontrollato di un liquido da una grande altezza, ad esempio sversamento di flussi di produzione Uso di fluidi per la lavorazione dei metalli ad es. lubrificanti durante attività di taglio, sabbiatura o perforazione</p>	<p>3</p>
<p>Manipolazione di liquidi ad alta pressione risultante in una sostanziale generazione di nebbia o spray/foschia</p>	<p>Spruzzatura di un prodotto (usando alta pressione o verniciatura a spruzzo) Nebulizzare un prodotto producendo una nebbia visibile Aprire una linea di produzione sotto pressione per prelevare campioni o aprire un dispositivo di pulizia chiuso per rimuovere gli oggetti puliti Aprire un sistema chiuso in cui i prodotti sono trattati/presenti ad alta temperatura o pressione Attività nelle dirette vicinanze di bagni aperti (processo ad alta temperatura, cottura di un liquido)</p>	<p>10</p>

Nel caso di manipolazione di solidi, Stoffenmanager prevede 6 categorie di trattamento i cui relativi punteggi sono riportati nella seguente Tabella 6.

**Tabella 6:** Punteggi per la manipolazione dei solidi - modello Stoffenmanager (tratta da [8])

<b>Descrizione</b>	<b>Esempi</b>	<b>Punteggio</b>
Manipolazione di prodotti in contenitori chiusi	Trasporto/spostamento di fusti o sacchi di plastica	0
Manipolazione di prodotto in quantità molto piccole o in situazioni in cui il rilascio è molto improbabile	Spostamento di pacchi con imballaggi a tenuta non garantita Pesatura di pochi grammi di prodotto	0.1
Manipolazione di prodotto in piccole quantità o in situazioni in cui è probabile che siano rilasciate soltanto basse quantità di prodotto	Movimentazione di pacchi inquinati o sporchi Pesatura di parecchie centinaia di grammi di prodotto Spostamento di sacchi di cemento o di sacchi in tela con prodotto con un carrello elevatore a forcale Impastatura della pasta	0.3
Manipolazione di prodotto a bassa velocità o con piccola forza in medie quantità	Manipolazione di materiali piccoli o leggeri contaminati esternamente (per es. raccolta ed accatastamento di sacchi di cemento) Pesatura manuale di quantità in kilogrammi di prodotti per preparazioni (ad es. nell'alimentazione animale o nelle industrie tessili)	1
Manipolazione di prodotti o trattamento di oggetti con una relativamente alta velocità/forza che può portare a qualche dispersione di polvere	Scarico manuale, in relativamente piccola scala Dispersione/disseminazione manuale del prodotto Spazzare un pavimento Mescolamento di prodotti con un mescolatore Scarico di polveri con una conduttura Dosatura manuale di prodotti (alto livello di controllo) Manipolazione manuale di prodotti o materiali trattati o contaminati (ad es. parti in gomma sono trattate con polvere antiaderente) Segatura, foratura, carteggiatura, lucidatura manuali	3

segue *Tabella 6*

<p>Manipolazione di prodotti o trattamento di oggetti, in cui a causa dell'alta pressione, velocità o grande forza, grandi quantità di polvere sono generate e disperse</p>	<p>Spruzzatura di polvere (rivestimento con polvere) Scarico di prodotto da grandi sacchi Insaccamento di prodotto Scarico di sacchi, in larga scala Pulitura di macchinari od oggetti contaminati con aria compressa Segatura, foratura, carteggiatura, lucidatura con macchine</p>	<p>10</p>
---	--	-----------

La riduzione della trasmissione dell'inquinante dalla sorgente al lavoratore è distinta in 2 fattori: misure di controllo locale (per i cui punteggi ved. tabella 7) e la ventilazione generale; nell'algoritmo sono presenti distinte equazioni a seconda se il campo d'azione è il *near-field* o il *far-field*.

**Tabella 7:** Punteggi per le misure di controllo locale - modello Stoffenmanager (tratta da [8])

Punteggio	Criterio	Spiegazione
0.03	Contenimento della sorgente con un sistema di ventilazione locale delle emissioni	Contenimento della sorgente in combinazione con un sistema di ventilazione locale delle emissioni, ad es. una cappa chimica
0.3	Contenimento della sorgente	La sorgente è interamente contenuta, ma manca un sistema di ventilazione locale delle emissioni
0.3	Ventilazione locale delle emissioni	Sistema di rimozione dell'aria alla sorgente di emissione
0.3	Uso di un prodotto che limita l'emissione	Ad esempio bagnatura di una polvere
1	Nessuna misura di controllo alla sorgente	

Il modello applica anche punteggi per la riduzione della ventilazione generale in funzione del volume della stanza.

L'*emissione di fondo* (costituita ad es. da perdite da macchinari, stracci sporchi non rimossi, sversamenti non puliti, ecc...) è rappresentata da un parametro che rispecchia ispezioni e manutenzioni effettuate con regolarità quotidianamente (0) o meno (0.01) o in modo non regolare quotidianamente (0.01) o meno (0.03).

La stima dell'esposizione totale viene corretta da un *Fattore che rappresenta le misure di prevenzione e protezione applicate*, ossia che rappresenta l'effetto delle misure implementate al fine di ridurre l'immissione dell'inquinante nell'ambiente di lavoro e la durata e la frequenza della fase. Tale protezione si attua prima di tutto segregando non la sorgente ma il lavoratore, situato ad es. in una cabina (Tabella 8); in alternativa la protezione avviene tramite l'uso di DPI (Tabella 9).

**Tabella 8:** Punteggi per le misure di prevenzione e protezione - modello Stoffenmanager (tratta da [8])

<b>Punteggio</b>	<b>Riduzione del parametro d'immissione</b>	<b>Spiegazione</b>
0.03	Il lavoratore è in una stanza separata (controllo) con fornitura indipendente di aria pulita	La postazione di lavoro è in una sala (di controllo) la cui fonte di aria è completamente separata della stanza in cui si trova la sorgente
0.1	Il lavoratore lavora in una cabina senza sistema di ventilazione specifico	Ad es. in una cabina di un trattore o camion, in una cabina non equipaggiata con filtri, sistema sovrappressione, etc. o dietro uno schermo
1	Il lavoratore non lavora in una cabina	Il dipendente non è protetto dalla sorgente per mezzo di una cabina

Il modello Stoffenmanager consente all'utilizzatore di tener conto anche della durata e frequenza dell'esposizione e dell'utilizzo di DPI da parte dei lavoratori ed i relativi punteggi sono riportati nelle Tabelle 9, 10, 11 che seguono:

<b>Punteggi per uso di DPI, durata e frequenza dell'esposizione – Modello Stoffenmanager – tratto da [8]</b>			
<b>Tabella 9: uso di DPI</b>		<b>Tabella 10: durata dell'esposizione</b>	
<i>Punteggio</i>	<i>Tipo di protezione individuale</i>	<i>Punteggio</i>	<i>esposizione giornaliera</i>
1.00	nessuno	0.06	1-30 min
<b>POLVERI</b>		0.25	0.5 - 2 ore
0.40	Maschera con filtro P2 (FFP2)	0.50	2 - 4 ore
0.20	Maschera con filtro P3 (FFP3)	1.00	4 - 8 ore

0.40	Semi-maschera con filtro, tipo P2L
0.20	Semi-maschera con filtro, tipo P3L
0.20	Pieno facciale con filtro, tipo P2L
0.10	Pieno facciale con filtro, tipo P3L
0.20	Dispositivo a ventilazione assistita con maschera o semi-maschera, TMP1
0.10	Dispositivo a ventilazione assistita con maschera o semi-maschera, TMP2
0.10	Dispositivo a ventilazione assistita con maschera o semi-maschera, TMP3
0.05	Dispositivo a ventilazione assistita con pieno facciale, TMP3
0.20	Cappuccio o casco dotato di elettroventilatore TH1
0.10	Cappuccio o casco dotato di elettroventilatore TH2
0.05	Cappuccio o casco dotato di elettroventilatore TH3.
<b>GAS /VAPORI</b>	
0.40	Semi-maschera con filtro/cartuccia
0.20	Maschera con filtro/cartuccia
0.20	Elettrorespiratore con maschera o semi-maschera TM1
0.10	Elettrorespiratore con maschera o semi-maschera TMP2 o3
0.20	Cappuccio o casco dotato di elettroventilatore TH1
0.10	Cappuccio o casco dotato di elettroventilatore TH2
0.05	Cappuccio o casco dotato di elettroventilatore TH3

<b>Tabella 11:</b> frequenza d'esposizione	
<i>Punteggio</i>	<i>Frequenza</i>
0.01	1 giorno/anno
0.05	1 giorno/mese
0.10	1 giorno/2 settimane
0.20	1 giorno/settimana
0.60	2-3 giorni/settimana
1.00	4-5 giorni/settimana

Infine va sottolineato che il modello Stoffenmanager è stato ampiamente validato utilizzando una banca dati contenente oltre 1000 misure sperimentali, che viene via via aggiornata con l'inserimento di nuovi dati.

In seguito a questa validazione, l'Ispettorato del Lavoro olandese ha accettato le stime di esposizione ottenute con il modello come un'alternativa all'effettuazione di misurazioni da parte delle PMI.

Sulla scia di questo modello ne sono stati sviluppati altri, specifici per diversi settori industriali; è stato sviluppato anche un Nano-modulo separato, che consente di stimare un rischio qualitativo nelle lavorazioni con nanomateriali.

## **CONCLUSIONI**

Il problema di una corretta ed efficace valutazione del rischio chimico negli ambienti di lavoro è da diverso tempo affrontato anche tramite lo sviluppo e l'uso di modelli matematici. Tuttavia stabilire una relazione tra l'esposizione occupazionale ad agenti chimici e i fattori che concorrono a determinarla non è operazione semplice.

All'attuale ampia disponibilità di modelli per la valutazione del rischio chimico si affianca la necessità che il modello sia di semplice impiego, facilmente comprensibile e sufficientemente conservativo, nella stima delle esposizioni. In generale uno dei principali punti deboli dei modelli è il non essere stati validati a sufficienza.

I modelli ECETOC TRA, MEASE e Stoffenmanager sono in linea con i requisiti sopra descritti e possono essere utili come strumenti di screening iniziale, in quanto permettono di discriminare, in modo semplice e veloce, le situazioni a basso rischio da quelle che necessitano di ulteriori approfondimenti mediante misurazioni.

Devono essere usati, comunque, da personale formato preferibilmente esperto in materia di rischio chimico, in grado di scegliere i parametri che determinano il rischio assegnando ad essi il giusto peso, sulla base di una conoscenza approfondita dei cicli lavorativi ed è sempre consigliabile, nei casi dubbi, confermare il risultato dei modelli tramite misure sperimentali.

L'utilizzo dei modelli ECETOC TRA, MEASE e Stoffenmanager è stato raccomandato nel Capitolo R14 – Stima dell'esposizione occupazionale della Guida dell'ECHA sui requisiti d'informazione e sulla valutazione della sicurezza chimica e soprattutto il modello ECETOC TRA è ampiamente impiegato per la valutazione del rischio in ambito REACH in quanto si basa sulle categorie di processo o PROC previste dal regolamento REACH.

Il modello Stoffenmanager, invece, è basato su un algoritmo messo a punto specificatamente per la valutazione del rischio chimico in ambito lavorativo, è stato ampiamente validato e fornisce stime di esposizione più aderenti ai dati sperimentali.

**BIBLIOGRAFIA**

- [1] AGENZIA EUROPEA DELLE SOSTANZE CHIMICHE (ECHA). Guida alle disposizioni in materia di informazione e alla valutazione della sicurezza chimica Parte D - Elaborazione di scenari d'esposizione, Ottobre 2012.
- [2] EUROPEAN UNION SYSTEM FOR THE EVALUATION OF SUBSTANCES – EUSES.  
[http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/our\\_activities/public-health/risk\\_assessment\\_of\\_Biocides/euses/euses](http://ihcp.jrc.ec.europa.eu/our_activities/public-health/risk_assessment_of_Biocides/euses/euses)
- [3] EUROPEAN CENTRE FOR ECOTOXICOLOGY AND TOXICOLOGY OF CHEMICALS – ECETOC.  
<http://www.ecetoc.org/tra>
- [4] EUROPEAN CENTRE FOR ECOTOXICOLOGY AND TOXICOLOGY OF CHEMICALS – ECETOC, ECETOC TRA Version 3: Background and Rationale for the Improvements Technical Report No. 114, luglio 2012.
- [5] STOFFENMANAGER 5.1: <https://stoffenmanager.nl/>
- [6] HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE (HSE). The technical basis for COSHH essential: easy steps to control chemicals, Settembre 2009.
- [7] CHERRIE J.W., SCHNEIDER T., Validation of a new method for structured subjective assessment of past concentrations, Ann. Occup. Hyg, 43, 235-45, 1999.
- [8] MARQUART H., HEUSSEN H., LE FEBER M., NOY D., TIELEMANS E., SCHINKEL J., WEST J., VAN DER SCHAAR D., 'Stoffenmanager', a web-based control banding tool using an exposure process model., Ann. Occup. Hyg.; 52 (6), 429, 2008.
- [9] SCHINKEL J., FRANSMAN W., HEUSSEN H., KROMHOUT H., MARQUART H., AND TIELEMANS E., Cross-validation and refinement of the Stoffenmanager as a first tier exposure assessment tool for REACH, Occup. Environ. Med., 67, 125, 2010.
- [10] GOEDE H., TIJSSSEN S., SCHIPPER H., WARREN N., OPPL R., KALBERLAH F., VAN HEMMEN J., Classification of dermal exposure modifiers and assignment of values for a risk assessment toolkit. Ann Occup Hyg; 47(8):609-18, 2003.