

STIMA DELL'ESPOSIZIONE E DEL CALCOLO DEL RISCHIO INALATORIO NELL'ANALISI DI RISCHIO SITO SPECIFICA: CONFRONTO FRA DIVERSE LINEE GUIDA E SOFTWARE

Alberto Floreani^{1*}, Alessandro Zorzet¹

¹ Copernico srl, Udine

Sommario – L'analisi di rischio sanitario sito-specifica è uno strumento indispensabile nella gestione dei siti contaminati. A supporto dei tecnici del settore sono state sviluppate linee guida e software per l'implementazione di diversi modelli, sia a livello internazionale che a livello nazionale/regionale. Nell'ambito di un'analisi di rischio di livello 2, per quanto riguarda i percorsi diretti (ingestione, contatto dermico) nel corso degli anni non sono state apportate significative variazioni alle equazioni base per la stima del rischio previste nei primi modelli. Diversamente, per quanto riguarda l'inalazione di composti volatili, si è passati da una valutazione dell'esposizione ad un contaminante dose-correlata (mg/kg-giorno), dipendente da fattori connessi all'età (peso corporeo, tasso di inalazione), ad un approccio legato alla quantificazione dell'esposizione ad un contaminante in aria nell'unità di misura della concentrazione del contaminante stesso in aria (ad es. mg/m³). Di conseguenza sono state riviste le banche dati tossicologiche, sostituendo i precedenti valori di tossicità (inhalation Reference Dose – RfDi – e inhalation Cancer Slope Factor – CSFi) con i valori di Reference Concentration (RfC) e Inhalation Unit Risk (IUR). Questo nuovo approccio non è tuttavia stato adottato in modo assoluto, e alcune Linee guida/software implementano ancora le precedenti equazioni. Il presente studio mette a confronto le equazioni per la stima dell'esposizione e per il calcolo del rischio per inalazione indicate nelle più recenti linee guida dalla United States Environmental Protection Agency (USEPA) con quelle predisposte a livello nazionale/regionale e con quelle di due software a maggior diffusione in Italia (Risk-net e RBCA Toolkit), evidenziando diverse differenze negli esiti finali.

Parole chiave: Risk-net, RBCA Toolkit, EPA, APAT, ISS.

EXPOSURE ESTIMATE AND INHALATION RISK CALCULATION IN SITE-SPECIFIC RISK ASSESSMENT: COMPARISON BETWEEN DIFFERENT GUIDELINES AND SOFTWARE

Abstract – Site-specific risk assessment is an indispensable tool in the management of contaminated sites. Several guidelines have been developed to support risk assessors, internationally and at national/regional level, as well as software for the implementation of different models. On a Level 2 risk analysis, with regard to direct routes (ingestion, dermal contact) no significant changes to the basic equations for risk estimate have been made compared to the early models. Conversely, for the in-

halation route, exposure estimates were first derived in terms of a daily "air intake" (mg/kg-day) and as a function of age-related parameters (body weight, inhalation rate). Estimates were then revised using an approach based on exposure to certain amounts of contaminants in the air with the concentration of the chemical in air as the exposure metric (e.g., mg/m³). In light of this, the toxicological databases have been reviewed, replacing the previous toxicity values (inhalation Reference Dose – RfDi – and inhalation Cancer Slope Factor – CSFi) with values of Reference Concentration (RfC) and Inhalation Unit Risk (IUR). This new approach has not been universally adopted, and some guidelines/software continue to implement the previous equations. The present study compares the equations for estimating exposure and for inhalation risk calculation described in the United States Environmental Protection Agency (USEPA) guidelines, with those used at the national/regional level and with those implemented in two of the most commonly used software in Italy (Risk-net and RBCA Toolkit), highlighting several differences in the final outcomes.

Keywords: Risk-net, RBCA Toolkit, EPA, APAT, ISS.

Ricevuto il 14-9-2016. Correzioni richieste il 2-11-2016. Accettazione il 10-11-2016.

1. INTRODUZIONE

Nel 1989 l'EPA ha pubblicato il documento Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS), Part A (USEPA, 1989; di seguito RAGS-Part A), la prima completa linea guida per l'analisi di rischio sito specifica dei siti contaminati.

Nel RAGS-Part A, relativamente al percorso di inalazione vapori, l'esposizione ad un contaminante veniva espressa in termini di mg/kg di dose giornaliera assunta, e la sua stima veniva calcolata in funzione della concentrazione del contaminante in aria (CA), del tasso di inalazione (IR), del peso corporeo (BW) e dello scenario di esposizione, prevedendo valori di IR e BW specifici in relazione all'età dei bersagli di riferimento.

Il rischio cancerogeno era quindi stimato moltiplicando tale valore di esposizione giornaliera per un inhalation Cancer Slope Factor (CSFi) specifico del contaminante, mentre l'indice di pericolo (Hazard Quotient – HQ) per gli effetti tossici non cancerogeni veniva stimato dividendo l'apporto gior-

* Per contatti: via Monte Hermada, 75, 33100 – Udine.
Tel. 0432470091, Cell. 3939303327, floreani@copernicon.it.

naliero per un valore di inhalation Reference Dose (RfDi).

A distanza di 20 anni l'EPA ha pubblicato l'integrazione RAGS-Part F (USEPA, 2009) nella quale è stato aggiornato l'approccio per la determinazione dei rischi inalatori, rendendolo coerente con l'Inhalation Dosimetry Methodology (USEPA, 1994), un metodo sviluppato per interpretare i risultati degli studi sulla tossicità per inalazione condotti su animali da laboratorio o su lavoratori esposti a contaminanti volatili.

Nel RAGS-Part F si raccomanda, per la stima del rischio inalatorio, la quantificazione dell'esposizione ad un contaminante in aria nell'unità di misura della concentrazione del contaminante stesso in aria (ad es. mg/m³) piuttosto che la stima di una dose giornaliera basata su IR e BW (ad es. mg/kg-giorno). Si evidenzia infatti che «la quantità di sostanza che raggiunge il bersaglio non è una semplice funzione di IR e BW. L'interazione del composto inalato con il tratto respiratorio è, invece, influenzata sia da fattori specie-specifici che dalle caratteristiche chimiche e fisiologiche del contaminante inalato» (USEPA, 2009).

I parametri tossicologici CSFi e RfDi, che già dal 1991 non sono più presenti nei database EPA (IRIS e NCEA) per il percorso inalatorio (USEPA, 2002), vengono sostituiti dall'Inhalation Unit Risk (IUR), espresso in (µg/m³)⁻¹, e dalla Reference Concentration (RfC – mg/m³). Quest'ultimo parametro è definito come «la stima dell'esposizione della popolazione umana (inclusi sottogruppi sensibili) ad un composto, per l'intero arco della vita, che si prevede sia priva di effetti dannosi» (USEPA, 2011), e risulta quindi valido anche per i sottogruppi maggiormente sensibili, come ad es. i bambini. Non sono dunque più previste variazioni nella stima del rischio in base all'età dei bersagli (tale considerazione è valida solo per il percorso inalatorio; sono presenti invece fattori di correzione correlati all'età dei bersagli per i percorsi diretti).

In Italia, le linee guida per l'applicazione dell'analisi di rischio elaborate da APAT (2008) secondo gli standard ASTM E-1739-95, PS-104-98 e E 2081-00 (ASTM 1995, ASTM 1998, ASTM 2000), hanno mantenuto le equazioni del RAGS-Part A e, al fine di renderle applicabili, la banca dati di riferimento per le proprietà tossicologiche dei contaminanti elaborata da ISS-ISPEL (Rev. 2009) ha reintrodotto lo Slope Factor per inalazione (SF_{inal} – equivalente al CSFi) e la Reference Dose inalatoria (RfD_{inal}), derivandoli dai valori di

IUR e RfC presenti nei database internazionali, mediante le formule:

$$RfD_{inal} = RfC * \left(\frac{IR}{BW}\right) = RfC * \left(\frac{20m^3/giorno}{70Kg}\right) \quad (1)$$

$$SF_{inal} = IUR * \left(\frac{BW}{IR}\right) = \\ = IUR * \left(\frac{70Kg}{20m^3/giorno}\right) \times 1000 \frac{\mu g}{m^3} \quad (2)$$

ovvero in base al rapporto fra tasso di inalazione (Inhalation Rate – IR) e peso corporeo (BW).

I valori di tali parametri sono rappresentativi di un soggetto adulto lavoratore; il tasso di inalazione di 20 m³/giorno è calcolato moltiplicando un tasso di inalazione di 2.5 m³/ora per una frequenza giornaliera di esposizione di 8 ore.

Diversamente, nel Protocollo per il monitoraggio dell'aria predisposto per il sito di Porto Marghera (ISS, 2014) si utilizzano le equazioni previste nel RAGS-Part F, inserendo i parametri tossicologici IUR e RfC, che infatti sono stati integrati nella revisione della banca dati ISS-INAIL del 2014, poi ulteriormente rivista e approvata nel 2015. Nelle precedenti banche dati ISS-ISPEL erano invece presenti unicamente i parametri RfD_{inal} e SF_{inal}, ed i valori di RfC e IUR dovevano essere derivati dai primi mediante la (1) e la (2) rispettivamente. Nel presente documento si analizzano e confrontano le diverse equazioni, con riferimento anche ai software che le implementano, valutando le differenze nella stima del rischio e i possibili accorgimenti per annullare o minimizzare tali differenze.

2. MATERIALI E METODI

Sono state esaminate le equazioni per il calcolo del rischio sanitario per percorsi inalatori implementate nei seguenti documenti/software:

- EPA RAGS – Part F (USEPA, 2009);
- Linee Guida APAT (2008);
- Protocollo Marghera (ISS, 2014);
- Software Risk-net 2.0 (RECONNET, 2015a);
- Software RBCA Toolkit 2.6 (GSI Environmental inc, 2011).

Le equazioni EPA e del Protocollo Marghera sono equivalenti, e vengono identificate con il pedice “EPA”.

Le equazioni delle Linee Guida APAT e del software Risk-net sono equivalenti, e vengono identificate con il pedice “APAT”.

Tabella 1 – Valori dei fattori di esposizione utilizzati nel calcolo

Fattori di esposizione	Simbolo	U.M.	Residenziale		Industriale
			Adulto	Bambino	Adulto lavoratore
Tempo di esposizione	ET	ore/giorno	24	24	8
Frequenza di esposizione	EF	giorni/anno	350	350	250
Durata di esposizione	ED	anni	24	6	25
Tempo medio di esposizione per le sostanze cancerogene	ATc	anni	70	70	70
Tempo medio di esposizione per le sostanze non cancerogene	ATn	anni	24	6	25
Tasso di inalazione	Bo	m ³ /ora	0,9	0,7	2,5
Peso corporeo	BW	kg	70	15	70

Le equazioni del software RBCA Toolkit vengono identificate con il pedice “RBCA”.

Al fine di semplificare l’esposizione, la notazione dei diversi parametri è stata uniformata a quella utilizzata da EPA.

Per ciascuna equazione i valori di indice di pericolo (HQ) e rischio cancerogeno (R) sono stati calcolati considerando una concentrazione in aria al punto di esposizione (CA) equivalente al valore di Screening Level EPA (USEPA, 2016). Tale valore di CA (specifico per ciascun composto) è stato scelto in quanto equivalente al valore soglia di accettabilità (HQ=1, R=10⁻⁶) nell’equazione EPA.

L’analisi è stata elaborata per composti tossici non cancerogeni e per composti cancerogeni, sia per siti ad uso “industriale/commerciale” (di seguito denominato “industriale”) che per siti ad uso “residenziale” (APAT, 2008). I valori dei fattori di esposizione utilizzati nel calcolo sono equivalenti ai valori di default APAT per il comparto outdoor (Tabella 1).

Le differenze riscontrate sono state analizzate mediante un confronto matematico delle diverse equazioni, individuando quali sono i fattori che comportano tali differenze, e di conseguenza quali potrebbero essere i correttivi adottabili.

3. RISULTATI

In Tabella 2 si riporta il confronto fra i valori di rischio calcolati con le diverse linee guida o software.

4. DISCUSSIONE

4.1. Rischio tossicologico non cancerogeno

L’equazione APAT/Risk-net per il calcolo del rischio tossicologico per il percorso inalatorio è di seguito riportata (3):

Tabella 2 – Confronto valori di indice di pericolo (HQ) e rischio cancerogeno (R) per una concentrazione in aria al punto di esposizione (CA) = Screening Level EPA. Il tasso di inalazione utilizzato in Risk-net è equivalente al default APAT per il comparto outdoor, ovvero 21,6 m³/giorno per residenziale adulto, 16,8 m³/giorno per residenziale bambino, 20 m³/giorno per industriale adulto

	Residenziale		Industriale	
	HQ	R	HQ	R
EPA/Protocollo Marghera	1	1,15*10 ⁻⁶	1	1,00*10 ⁻⁶
RBCA Toolkit	1	1,15*10 ⁻⁶	3	3,00*10 ⁻⁶
APAT/Risk-net	3,92	1,90*10 ⁻⁶	3	3,00*10 ⁻⁶

$$HQ_{APAT} = \frac{CA(\frac{\mu g}{m^3}) * Bo(\frac{m^3}{h}) * ET(\frac{h}{d}) * EF(\frac{d}{y}) * ED(y)}{BW(kg) * AT(y) * 365(\frac{d}{y}) * RfD(\frac{mg}{kg \cdot d}) * 1000(\frac{\mu g}{mg})} \quad (3)$$

dove:

HQ: indice di pericolo;

CA: concentrazione del contaminante in aria (μg/m³);

ET: tempo di esposizione (ore/giorno);

EF: frequenza d’esposizione (giorni/anno);

ED: durata d’esposizione (anni);

AT: tempo sul quale l’esposizione è mediata (tutta la vita in anni x 365 gg/anno);

Bo: tasso di inalazione (m³/ora).

L’equazione implementata in RBCA Toolkit è invece la seguente (4):

$$HQ_{RBCA} = \frac{CA(\frac{\mu g}{m^3}) * EF(\frac{d}{y}) * ED(y)}{AT(y) * 365(\frac{d}{y}) * RfC(\frac{mg}{m^3}) * 1000(\frac{\mu g}{mg})} \quad (4)$$

Considerando la (1) e sostituendo RfD nella (3) si ha che le equazioni APAT ed RBCA si equivalgono (5) unicamente in ambito "industriale", dove i valori di Bo, BW ed ET previsti nell'equazione di conversione (1) sono equivalenti ai valori di input inseriti nella (3), ovvero riferiti ad un bersaglio lavoratore adulto.

$$\begin{aligned}
 HQ_{APAT} &= \\
 &= \frac{CA \left(\frac{\mu g}{m^3}\right) * EF \left(\frac{d}{y}\right) * ED(y)}{AT(y) * 365 \left(\frac{d}{y}\right) * RfC \left(\frac{mg}{m^3}\right) * 1000 \left(\frac{\mu g}{mg}\right)} = \\
 &= HQ_{RBCA} \quad (5)
 \end{aligned}$$

La (5) evidenzia in particolare che il valore di rischio è indipendente dai parametri correlati all'età Bo e BW.

Quando invece, come ad esempio in uno scenario "residenziale", i valori di Bo, BW ed ET previsti nell'equazione di conversione (1) sono diversi dai valori di input inseriti nella (3) in quanto in quest'ultima vengono inseriti i valori rappresentativi di un bersaglio bambino (Bo=0,7 m³/h, ET=24 h/d, BW=15 kg) le equazioni APAT e RBCA non sono più equivalenti, ed il valore di rischio calcolato con APAT/Risk-net è pari a 3,92 volte il valore calcolato da RBCA:

$$\begin{aligned}
 HQ_{APAT} &= \\
 &= \frac{CA * 0,7 * 24 * EF * ED}{15 * AT * 365 * 1000} * \frac{70}{2,5 * 8 * RfC} = \\
 &= 3,92 * HQ_{RBCA} \quad (6)
 \end{aligned}$$

Si riporta infine l'equazione prevista da EPA/Protocollo Marghera (7):

$$\begin{aligned}
 HQ_{EPA} &= \\
 &= \frac{CA \left(\frac{\mu g}{m^3}\right) * ET \left(\frac{h}{d}\right) * EF \left(\frac{d}{y}\right) * ED(y)}{AT \left(y * \frac{365d}{y} * \frac{24h}{d}\right) * RfC \left(\frac{mg}{m^3}\right) * 1000 \left(\frac{\mu g}{mg}\right)} \quad (7)
 \end{aligned}$$

Nella (7) il tempo sul quale è mediata l'esposizione (AT) è espresso in ore (tutta la vita in anni x 365 gg/anno x 24 h/gg), mentre in APAT/RBCA è espresso in giorni (tutta la vita in anni x 365 gg/anno). Per valutare il rischio per esposizioni inferiori a 24 ore/gg, nell'equazione EPA al numeratore viene introdotto un tempo di esposizione (ET, ore/giorno), non previsto invece in RBCA ed in APAT/Risk-net, che valutano dunque un'esposizione continua per tutto l'arco della giornata. In APAT/Risk-net (3) apparentemente si considera

ET, ma tale valore viene eliso nella sostituzione RfD/RfC.

In ambito "residenziale", dove la durata dell'esposizione è pari a 24 h/giorno, tale differenza si annulla, ed i valori di rischio calcolati da EPA (7) sono identici a quelli calcolati con RBCA (4); per quanto riguarda l'equazione APAT (3), analogamente alla (6), il rischio calcolato è invece pari a 3,92 volte il valore calcolato da EPA (7).

In ambito "industriale", con ET=8 h/giorno, il valore di rischio calcolato da APAT/Risk-net/RBCA (5) è pari a 3 volte il valore previsto dall'equazione EPA e, dunque, dall'equazione del Protocollo di Marghera (7).

Risulta dunque che, in ambito "industriale", un valore di CA accettabile calcolato come indicato nel Protocollo di Marghera darebbe un valore di rischio pari a 3 (dunque non accettabile) se verificato in modalità diretta con Risk-net o RBCA Toolkit.

4.2. Rischio cancerogeno

Per quanto riguarda il rischio cancerogeno, in ambito "industriale" valgono le stesse considerazioni espresse in relazione al rischio tossicologico.

Per quanto riguarda l'ambito "residenziale/ricreativo", invece, per le sostanze cancerogene le linee guida APAT ed il software RBCA Toolkit prevedono una durata totale dell'esposizione (30 anni) pari alla somma di 6 anni di esposizione bambino e di 24 anni adulto.

Nel caso di RBCA l'equazione per il calcolo del rischio cancerogeno R è la seguente (8):

$$\begin{aligned}
 R_{RBCA} &= \\
 &= CA \left(\frac{\mu g}{m^3}\right) * IUR \left(\frac{\mu g}{m^3}\right)^{-1} * \frac{EF \left(\frac{d}{y}\right) * ED(y)}{AT(y) * 365 \left(\frac{d}{y}\right)} \quad (8)
 \end{aligned}$$

Nel caso di APAT, invece, la presenza nel corso dell'esposizione di due diverse tipologie di bersaglio comporta una variazione al calcolo della portata effettiva di esposizione EM, che nel caso specifico si ottiene dalla relazione (9):

$$EM_{adj} = EM_{bambino} + EM_{adulto} \quad (9)$$

dove EM_{bambino} ed EM_{adulto} sono calcolate considerando rispettivamente i parametri di esposizione di un bambino e di un adulto (peso corporeo, durata dell'esposizione, ecc.). In particolare, per quanto riguarda l'inalazione di vapori outdoor si ha che (10):

$$EM_{adj} = \frac{(IR_{Ad} * EF * ED_{Ad})}{(BW_{Ad} * AT * 365)} + \frac{(IR_{Bamb} * EF * ED_{Bamb})}{(BW_{Bamb} * AT * 365)} \quad (10)$$

Considerando l'equazione per il calcolo del rischio cancerogeno (11)

$$R = CA \times EM_{adj} \times SF \quad (11)$$

e, sostituendo SF con IUR mediante la (2), si ha che, esprimendo i fattori in modo da rendere l'equazione confrontabile con la (8)

$$R_{APAT} = CA \left(\frac{\mu g}{m^3} \right) * IUR \left(\frac{\mu g}{m^3} \right)^{-1} * \frac{EF \left(\frac{d}{y} \right)}{AT(y) * 365 \left(\frac{d}{y} \right)} * \frac{BW_{AdInd}}{IR_{AdInd}} * \left(\frac{IR_{Ad} * ED_{Ad}}{BW_{Ad}} + \frac{IR_{Bamb} * ED_{Bamb}}{BW_{Bamb}} \right) \quad (12)$$

dove si evidenzia l'utilizzo di parametri del bersaglio adulto industriale (AdInd) per la conversione (2), e di bersagli adulti residenziali (Ad) per il calcolo della portata effettiva di esposizione, per cui:

$$BW_{AdInd} = BW_{Ad} = 70 \text{ kg} \\ IR_{AdInd} (21,6 \text{ m}^3/\text{h}) \neq IR_{Ad} (20 \text{ m}^3/\text{h})$$

ed infine, rapportando la (8) con la (12) ed assegnando ad ogni parametro il rispettivo valore numerico, si ha che:

$$R_{APAT} = 1,648 * R_{RBCA} \quad (13)$$

Come per il rischio tossicologico, in ambito "residenziale", con ET=24 h si annulla la differenza fra RBCA (4) ed EPA (7) e dunque i valori di rischio sono identici:

$$R_{EPA} = R_{RBCA} \quad (14)$$

Si evidenzia, quindi, anche per il rischio cancerogeno in ambito "residenziale", una sovrastima da parte di APAT/Risk-net rispetto ad EPA ed a RBCA Toolkit.

4.3. Considerazioni finali

I valori di rischio cancerogeno in ambito "residenziale" per EPA di Tabella 2 non sono come atteso

pari a 10^{-06} , ma leggermente superiori. Questo dipende dal fatto che gli standard EPA prevedono per l'ambito cancerogeno un valore di ED (durata esposizione) pari a 26 anni (in questo caso il valore di rischio cancerogeno è in effetti pari a 10^{-06}), diversamente dai modelli APAT e RBCA che prevedono una durata di 30 anni, equivalente alla somma di 6 anni di esposizione bambino e di 24 anni adulto. Utilizzando un valore di ED pari a 30 anni anche nell'equazione EPA, il valore di R risulta dunque maggiore di 10^{-06} , ed il rapporto fra i valori di rischio calcolati con Risk-net e quelli con EPA è, come per il rapporto Risk-net/RBCA, pari a 1,648.

I risultati di Tabella 2 sembrano, inoltre, in contrasto con quanto riportato nel documento di validazione di Risk-net (RECONNED, 2015b), che evidenzia una perfetta corrispondenza dei valori di rischio calcolati per i percorsi inalatori in ambito residenziale fra Risk-net ed RBCA Toolkit (casi studio 2 e 3). Tuttavia tale uniformità è dovuta all'utilizzo in entrambi i software di bersagli adulti, con un'ulteriore riduzione in Risk-net del tasso di inalazione Bo al fine di uguagliare il tasso di inalazione giornaliero con quello utilizzato nella conversione fra RfD e RfC ($20 \text{ m}^3/\text{giorno}$).

5. CONCLUSIONI

Le discordanze evidenziate fra le diverse linee guida e software non implicano di per sé la presenza di errori insiti in uno o più modelli, ma semplicemente che, a fronte di una determinata concentrazione in aria di un inquinante, l'utilizzo di un particolare modello comporta rischi accettabili, mentre l'utilizzo di un altro evidenzia invece una condizione di rischio sanitario.

Tali discordanze possono comportare difficoltà nell'approvazione di un'analisi di rischio da parte degli Enti di controllo, e può quindi risultare opportuno un intervento per uniformare i diversi approcci.

Una soluzione potrebbe essere quella di allinearsi al più aggiornato modello EPA, aggiornando dunque le linee guida APAT, e di conseguenza il software Risk-net, alle equazioni previste dal RAGS-Part F di EPA, uniformandosi così anche alle equazioni del Protocollo di Marghera.

Evidentemente tale aggiornamento non risolve la sovrastima in ambito "industriale" che rimane presente in RBCA Toolkit. Una soluzione nel caso di utilizzo di questo software può essere quel-

la di ridurre ad un terzo del valore di default previsto nello scenario industriale il numero di anni di esposizione (ED) o il numero di giorni/anno di esposizione (EF), correggendo in questo modo il numero di ore complessive di esposizione. Tale approccio può ovviamente anche essere applicato utilizzando l'attuale versione del software Risk-net.

Un diverso approccio, mantenendo l'attuale configurazione di Risk-net, è quello di operare la conversione da RfC a RfD utilizzando per i parametri Bo, ET e BW valori analoghi a quelli inseriti nella (3) per il bersaglio selezionato, rendendo quindi sempre valida la (5).

Per i composti cancerogeni, in considerazione della presenza di due tipologie di bersagli, la conversione da IUR ad SF necessita di un fattore di correzione rispetto alla (2), o della modifica della (11) prevedendo l'inserimento di due diversi valori di SF derivanti dalla conversione con i parametri dell'adulto e del bambino (dettaglio non trattato nel presente documento). La possibilità di effettuare la conversione con parametri diversi da quelli previsti dalla (1) e dalla (2) è tuttavia sconsigliata da EPA (USEPA, 1995) e, soprattutto, è stata specificamente negata con parere ISS (2016).

Si evidenzia, peraltro, che quest'ultimo parere risolve anche un'annosa diatriba, ovvero quella relativa al valore di RfC/IUR da utilizzare nei software che non utilizzano RfDi/SFi (come ad es. RBCA Toolkit). Secondo alcune interpretazioni, facendo riferimento a quanto previsto dall'appendice V delle linee guida APAT (2008) per la valutazione della qualità dell'aria indoor/outdoor, tale valore doveva essere calcolato convertendolo da RfDi/SFi utilizzando, nel caso di bersagli bambini, i relativi valori di Bo, BW ed ET. Il parere specifico, invece, che i parametri inseriti nel database vanno utilizzati senza modifiche e dunque che, come evidente dalla (4) e dalla (5), il valore di rischio è indipendente dai parametri correlati all'età Bo e BW.

Nel frattempo, perlomeno in ambito residenziale, si evidenzia come, in caso di utilizzo del software RBCA Toolkit, gli esiti dell'elaborazione non saranno in contrasto con eventuali valutazioni su valori accettabili nell'aria ambiente sviluppate secondo quanto previsto dal Protocollo di Marghera. Nel caso di utilizzo del software Risk-net, invece, le concentrazioni accettabili nell'aria ambiente saranno diverse da quelle definite mediante il Protocollo di Marghera.

6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- APAT (2008). Criteri metodologici per l'applicazione dell'analisi assoluta di rischio ai siti contaminati. Rev.2. Disponibile su: www.isprambiente.gov.it/files/temi/siti-contaminati-02marzo08.pdf.
- ASTM (1995). Standard Guide for Risk Based Corrective Actions Applied at Petroleum Release Sites, Report E 1739 95.
- ASTM (1998). Standard Provisional Guide for Risk3Based Corrective Action, Report PS104 98.
- ASTM (2000). Standard Guide for Risk-Based Corrective Action, Designation: E-2081-00.
- GSI Environmental inc (2011). RBCA Tool Kit for Chemical Releases. Disponibile su: www.gsi-net.com/en/software/rbca-software-tool-kit-for-chemical-releases-version-2-6.html.
- ISS (2014). Protocollo per il monitoraggio dell'aria indoor/outdoor ai fini della valutazione dell'esposizione inalatoria nei siti contaminati. Sito di Venezia – Porto Marghera. Disponibile su: www.iss.it/binary/iasa/cont/Protocollo_per_monitoraggio_aria_indoor_outdoor_nei_siti_contaminati.pdf.
- ISS (2016). Richiesta parere in merito all'utilizzo dei valori di tossicità nell'analisi di rischio sito specifica. Prot. n. 3117 dd. 3/2/2016.
- RECONNET (2015a). Risk-net. Manuale D'uso Versione 2.0. Luglio 2015. Disponibile su: http://www.reconnet.net/Docs/Risk-net%20ver%202/Manuale_Risk-net.pdf.
- RECONNET (2015b). Validazione del software "Risk-net 2.0". Disponibile su: www.reconnet.net/Docs/Validazione%20Risk-net%202.pdf.
- USEPA (1989). Risk Assessment Guidance for Superfund, Volume 1, Part A (EPA/540/1-89/002) www.epa.gov/oswer/riskassessment/ragsa/index.htm.
- USEPA (1994) Methods for Derivation of Inhalation Reference Concentrations and Application of Inhalation Dosimetry (EPA/600/8-90/066F). Disponibile su: www.epa.gov/sites/production/files/2014-11/documents/rfc_methodology.pdf.
- USEPA (1995). Health effects assessment summary table. FY-1995 Annual (EPA/540/-R-095/036).
- USEPA (2002). Region 9 PRGs Table 2002 Update. Disponibile su: www.waste.ky.gov/SFB/Documents/Region9PRGs.pdf.
- USEPA (2009). Risk assessment guidance for superfund volume I: Human health evaluation manual (Part F, supplemental guidance for inhalation risk assessment) (EPA/540/-R-070/002). Disponibile su: www.epa.gov/oswer/riskassessment/ragsff/index.htm.
- USEPA (2011). Exposure Factor Handbook, EPA/600/R-09/052F, September 2011. Disponibile su: www.epa.gov/expobox/exposure-factors-handbook-2011-edition.
- USEPA (2016). Regional Screening Levels (RSLs) – Generic Tables (May 2016). Disponibile su: www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-generic-tables-may-2016.



INGEGNERIA DELL'AMBIENTE

per il 2016 è sostenuta da:

