

Banca dati ISS-INAIL

DOCUMENTO DI SUPPORTO

Marzo 2018

Elaborato da:

Eleonora Beccaloni (ISS)

Federica Scaini (ISS)

Simona Berardi (INAIL)

Elisabetta Bemporad (INAIL)

Sabrina Campanari (INAIL)

INDICE

INTRODUZIONE	1
1. ASPETTI DI CARATTERE GENERALE.....	1
1.1 Proprietà chimico-fisiche	1
1.2 Proprietà tossicologiche	3
1.3 Classificazione di cancerogenicità	6
2. ASPETTI SPECIFICI.....	9
2.1 Specie chimiche inorganiche	10
2.2 Specie chimiche organiche	13
BIBLIOGRAFIA.....	20

INTRODUZIONE

Nel presente documento vengono descritti i criteri adottati per la predisposizione della banca dati ISS-INAIL, utile per l'applicazione della procedura di analisi di rischio sanitario-ambientale (AdR) di cui al Titolo V Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006, e sono fornite indicazioni per un corretto utilizzo della stessa.

La banca dati, elaborata dall'Istituto Superiore di Sanità (ISS) e dall'Istituto Nazionale per la Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro (INAIL), riporta le proprietà chimico-fisiche e tossicologiche delle seguenti specie chimiche:

Specie chimiche	Proprietà chimico-fisiche	Proprietà tossicologiche
Specie chimiche elencate in Tabella 1, Allegato 5 della Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006	Tabella 1a	Tabella 1b
Acenaftene, Acenaftilene, Antracene, Fenantrene, Fluorantene, Fluorene, Naftalene, Perilene, MTBE, ETBE, Piombo tetraetile ⁽¹⁾	Tabella 2a	Tabella 2b
Alluminio, Argento, Boro, Ferro, Manganese e Nitriti ⁽²⁾	Tabella 3a	Tabella 3b

⁽¹⁾ contaminanti facilmente rinvenibili

⁽²⁾ inquinanti inorganici per i quali le Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) sono definite solo in corrispondenza del comparto ambientale acqua di falda (Tabella 2, Allegato 5 al Titolo V Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006)

1. ASPETTI DI CARATTERE GENERALE

Per l'individuazione delle proprietà chimico-fisiche e tossicologiche sono stati presi quali riferimenti principali i valori proposti da due banche dati internazionali, ed in particolare:

- I valori utilizzati dalla Region 9 dell'EPA, armonizzati con quelli della Region 3 e della Region 6, per l'individuazione delle concentrazioni soglia di contaminazione ("Regional Screening Levels - RSLs"), definite nell'ambito del programma Superfund ed aggiornati a novembre 2017 [EPA - Region 9, 2017];
- I valori utilizzati dal Texas per l'individuazione delle concentrazioni soglia di contaminazione ("Protective Concentration Levels – PCLs"), definite nell'ambito del proprio programma di riduzione del rischio ("Texas Risk Reduction Program – TRRP"), aggiornati a marzo 2017 [Texas, 2017].

In caso di assenza del dato nelle suddette banche dati, si è fatto riferimento ad altre fonti accreditate a livello internazionale e riportate in bibliografia.

1.1 Proprietà chimico-fisiche

Le proprietà chimico-fisiche contenute nella banca dati sono:

- Peso Molecolare (PM) [g/mol];
- Solubilità (S) [mg/l];
- Punto di ebollizione [°C];
- Pressione di vapore (PV) [mmHg];
- Costante di Henry (H) [adim.];

- Coefficiente di partizione suolo/acqua (Kd) [ml/g], per le specie chimiche inorganiche;
- Coefficienti di ripartizione del carbonio organico (Koc) [ml/g], per le specie chimiche organiche;
- Coefficiente di partizione ottanolo-acqua (log Kow) [adim.];
- Coefficiente di diffusione in aria e acqua (D_a e D_w) [cm²/sec];
- Coefficiente di assorbimento dermico (ABS) [adim.];
- Stato fisico della specie chimica.

In particolare, il valore del Coefficiente di assorbimento dermico (ABS) è stato assunto pari a 0,01 per gli inorganici e 0,1 per gli organici, ad eccezione dei casi in cui sono indicati valori diversi nelle banche dati prese quali principale riferimento [EPA - Region 9, 2017] [Texas, 2017].

Riguardo lo stato fisico della specie chimica, alla temperatura di 20 °C, sono stati utilizzati i seguenti simboli:

- “s”, se il composto si trova allo stato solido;
- “l”, se il composto si trova allo stato liquido;
- “g”, se il composto si trova allo stato gassoso.

Nella maggior parte dei casi i valori della Pressione di vapore (PV) sono stati ricavati in funzione della Costante di Henry (H) e della Solubilità (S) secondo la relazione definita dalla “Legge di Henry” (1903) secondo cui, a temperatura costante, la quantità di un gas poco solubile disciolta in un dato volume di liquido è proporzionale alla pressione del gas nella fase gassosa sovrastante la soluzione:

$$H = \frac{PV \times PM}{S}$$

dove:

H: Costante di Henry [atm x m³/mol]

PV: Pressione di vapore [atm]

PM: Peso molecolare [g/mol]

S: Solubilità [g/m³]

Nel seguito si riporta un criterio utile per l’attivazione del percorso di esposizione “inalazione di vapori outdoor e indoor”. In particolare, non si ritiene opportuno attivare tale percorso per le sostanze per le quali la pressione di vapore risulta inferiore a 1,0E-06 kPa (= 7,5E-06 mmHg) [Ronald Harkov, 1989]. Per le specie chimiche che non soddisfano quanto sopra si propone di adottare il criterio [EPA, 2015] modificato a favore di cautela, ossia di attivare il percorso di inalazione di vapori se è soddisfatta anche solo una delle seguenti due condizioni:

- a. Pressione di vapore maggiore di 7,5E-02 mmHg¹,
- b. Costante di Henry maggiore di 1,0E-05 atm x m³/mol.

¹ Come limite per la pressione di vapore si è assunto, a favore di cautela, il valore presente nel D.Lgs. 152/2006 (pari a 0,075 mmHg), anziché il valore proposto dall’EPA (pari a 1 mmHg).

Il suddetto criterio è stato applicato a tutte le specie chimiche, ad eccezione degli idrocarburi, per i quali, in accordo con quanto contenuto nel documento [MADEP, 2009], si ritiene opportuno attivare il percorso di “inalazione di vapori” solo per gli aromatici e alifatici aventi un punto di ebollizione compreso nell’intervallo di circa 28 - 218 °C, quindi per la classe “Idrocarburi C \leq 12”.

Nel caso di composti idrocarburici C $>$ 12 presenti nel suolo insaturo e/o nelle acque di falda, si ritiene opportuno valutare, in accordo con gli Enti di Controllo, la necessità di ricercare le frazioni C \leq 12 nei gas interstiziali anche nel caso in cui tali frazioni non siano presenti nei due comparti ambientali di cui sopra, tenendo conto delle condizioni specifiche del sito e della possibile presenza di prodotti di degradazione delle frazioni pesanti.

Nella banca dati si associa il simbolo “V” alle specie chimiche per le quali, secondo il suddetto criterio, si ritiene opportuno attivare il percorso di inalazione di vapori.

È evidente che per le sostanze organiche e inorganiche non volatili, quindi associate al particolato, presenti nel suolo superficiale è opportuno valutare il rischio associato all’inalazione di polvere.

1.2 Proprietà tossicologiche

Per le proprietà tossicologiche ad ogni sostanza è stata associata la classificazione del Regolamento (CE) n. 1272/2008, relativo alla classificazione, all’etichettatura e all’imballaggio delle sostanze e delle miscele (cosiddetto CLP), che pone le basi e detta le regole per uniformare la classificazione europea a quella armonizzata e riconosciuta nell’ambito delle Nazioni Unite (Globally Harmonised System of Classification and Labelling of Chemicals o GHS).

In tale Regolamento ogni sostanza è classificata secondo codici di classe, di categoria, di pericolo ed indicazioni di pericolo. Queste ultime sono identificate con la lettera H seguita da tre cifre, di cui la prima indica la natura del pericolo (2 per i pericoli fisici, 3 per i pericoli per la salute, 4 per i pericoli per l’ambiente e supplementari). Per talune indicazioni di pericolo, al codice a tre cifre sono aggiunte delle lettere (es. H350i: Può provocare il cancro se inalato; H360D: Può nuocere al feto) oppure, per la tossicità specifica per organi bersaglio (esposizione singola o esposizione ripetuta, STOT SE o STOT RE) l’indicazione dell’organo bersaglio (es H372: organi uditivi). Per alcune sostanze e miscele, già classificate per pericoli fisici, per la salute o per l’ambiente, possono inoltre essere attribuite informazioni supplementari sui pericoli relativi a proprietà fisiche o a proprietà pericolose per la salute (indicazioni caratterizzate dal codice EUH seguito da un numero a 3 cifre). In Tabella 1a e Tabella 1b sono riportati i codici e le categorie di pericolo per le sostanze di interesse.

In particolare la classificazione è aggiornata agli ultimi Adeguamenti al Progresso Tecnico e Scientifico (ATP) pubblicati (dal 2015 in poi):

- VII ATP (Regolamento UE n. 1221/2015 che aggiorna la classificazione dei composti del Tributilstagno (esclusi quelli espressamente classificati nell’Allegato VI, parte 3, del Regolamento CLP). Le nuove classificazioni sono in vigore dal 1 gennaio 2017;
- VIII ATP (Regolamento UE n. 918/2016) che adegua le disposizioni tecniche ed i criteri degli allegati del Regolamento CLP alla quinta edizione riveduta del GHS a partire dal 1 febbraio 2018;

- IX ATP (Regolamento UE n. 1179/2016) che aggiorna le classificazioni del 1,2-Dicloropropano e del Clorobenzene. Le nuove classificazioni si applicheranno dal 1 marzo 2018;
- X ATP (Regolamento UE n. 776/2017), di recente pubblicazione, non modifica invece alcuna classificazione per le sostanze presenti in banca dati.

Tabella 1a – Codici e categorie di pericolo secondo il Regolamento (CE) n. 1272/2008

Classe	Categoria	Indicazione di pericolo
Gas Infiammabili	1	H220: Gas altamente infiammabile
Liquidi infiammabili	1	H224: Liquido e vapori altamente infiammabili
	2	H225: Liquido e vapori facilmente infiammabili
	3	H226: Liquido e vapori infiammabili
Solidi piroforici	1	H250: Spontaneamente infiammabile all'aria
Sostanze o miscele che, a contatto con l'acqua, sviluppano gas infiammabili	2	H261: A contatto con l'acqua libera gas infiammabili
Gas comburenti	1	H270: Può provocare o aggravare un incendio; comburente
Solidi infiammabili	1 o 2	H228: Solido infiammabile
Gas sotto pressione	Gas sotto pressione	H280: Contiene gas sotto pressione: può esplodere se riscaldato
	Gas compresso	
	Gas liquefatto	
	Gas liquefatto refrigerato	H281: Contiene gas refrigerato: può provocare ustioni o lesioni criogeniche
Tossicità Acuta	1 o 2	H300: Letale se ingerito
		H310: Letale a contatto con la pelle
		H330: Letale se inalato
	3	H301: Tossico se ingerito
		H311: Tossico per contatto con la pelle
		H331: Tossico se inalato
	4	H302: Nocivo se ingerito
		H312: Nocivo per contatto con la pelle
H332: Nocivo se inalato		
Corrosione/ Irritazione pelle	1A/1B/1C	H314: Provoca gravi ustioni cutanee e gravi lesioni oculari
	2	H315: Provoca irritazione cutanea
Gravi lesioni oculari/ Irritazione oculare	1	H318: Provoca gravi lesioni oculari
	2	H319: Provoca grave irritazione oculare
Sensibilizzazione vie respiratorie	1	H334: Può provocare sintomi allergici o asmatici o difficoltà respiratorie se inalato
Sensibilizzazione pelle	1	H317: Può provocare una reazione allergica cutanea
Mutagenicità sulle cellule germinali	1A o 1B	H340: Può provocare alterazioni genetiche
	2	H341: Sospettato di provocare alterazioni genetiche
Cancerogenicità	1A o 1B	H350: Può provocare il cancro
		H350i: Può provocare il cancro se inalato
	2	H351: Sospettato di provocare il cancro
Tossicità per la riproduzione	1A o 1B	H360D: Può nuocere al feto
		H360F: Può nuocere alla fertilità

Classe	Categoria	Indicazione di pericolo
		H360FD: Può nuocere alla fertilità. Può nuocere al feto
		H360Df: Può nuocere al feto. Sospettato di nuocere alla fertilità
	2	H361d: Sospettato di nuocere al feto
		H361f: Sospettato di nuocere alla fertilità
		H361fd: Sospettato di nuocere alla fertilità Sospettato di nuocere al feto
(*)	H362: Può essere nocivo per i lattanti allattati al seno	

* Avente effetti sull'allattamento o attraverso l'allattamento (categoria supplementare)

Tabella 1b – Codici e categorie di pericolo secondo il Regolamento (CE) n. 1272/2008

Classe	Categoria	Indicazione di pericolo
Tossicità specifica per organi bersaglio (esposizione singola)	3	H335: Può irritare le vie respiratorie
		H336: Può provocare sonnolenza o vertigini
Tossicità specifica per organi bersaglio (esposizione ripetuta)	1	H372: Provoca danni agli organi in caso di esposizione prolungata o ripetuta
	2	H373: Può provocare danni agli organi in caso di esposizione prolungata o ripetuta
Tossicità in caso di aspirazione	1	H304: Può essere letale in caso di ingestione e di penetrazione nelle vie respiratorie
Pericoloso per l'ambiente acquatico – Tossicità acuta	1	H400: Molto tossico per gli organismi acquatici
Pericoloso per l'ambiente acquatico – Tossicità cronica	1	H410: Molto tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata
	2	H411: Tossico per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata
	3	H412: Nocivo per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata
	4	H413: Può essere nocivo per gli organismi acquatici con effetti di lunga durata
Pericoloso per lo strato di ozono	-	H420: Nuoce alla salute pubblica e all'ambiente distruggendo l'ozono dello strato superiore dell'atmosfera
Informazione supplementare sui pericoli – proprietà pericolose per la salute		EUH066: L'esposizione ripetuta può causare secchezza e screpolature della pelle

Gli agenti chimici possono comportare sulla salute umana effetti cancerogeni e/o tossici in relazione alle modalità espositive: inalazione, ingestione e contatto dermico.

Le proprietà tossicologiche contenute nella banca dati sono:

- Slope Factor per ingestione (SF Ing.) [mg/kg-giorno]⁻¹ ;
- Inhalation Unit Risk (IUR) [µg/m³]⁻¹;
- Reference Dose per ingestione (RfD Ing.) [mg/kg-giorno];
- Reference Concentration (RfC) [mg/m³].

I valori dello Slope Factor e della Reference Dose per contatto dermico si assumono corrispondenti rispettivamente allo Slope Factor e alla Reference Dose per ingestione.

Nella presente revisione si è ritenuto opportuno eliminare i due parametri tossicologici inalatori: RfD Inal. e SF Inal., mantenendo solo la RfC e lo IUR. Ciò in accordo con quanto contenuto nel documento [EPA, 2009], secondo cui i parametri tossicologici da utilizzare per la stima del

rischio sanitario inalatorio debbono essere espressi in termini di concentrazione e non di dose. Le equazioni per la stima del rischio inalatorio sono quindi le seguenti:

$$R = \frac{C_{aria} * IUR * EF_g * EF * ED}{AT * 365 \frac{giorni}{anno} * 24 \frac{h}{giorno}} \quad (\text{per effetti cancerogeni})$$

$$HQ = \frac{C_{aria} * EF_g * EF * ED}{RfC * 10^3 * AT * 365 \frac{giorni}{anno} * 24 \frac{h}{giorno}} \quad (\text{per effetti non cancerogeni})$$

dove:

R e HQ: Rischio e Hazard Quotient [adim.]

C_{aria} : concentrazione dell'inquinante in aria [$\mu\text{g}/\text{m}^3$], stimata a mezzo del fattore di trasporto

EF_g : frequenza giornaliera di esposizione [h/giorno]

EF : frequenza di esposizione [giorni/anno]

ED: durata dell'esposizione [anni]

AT: tempo medio di esposizione [anni]

Le suddette equazioni sono indipendenti dal peso corporeo (BW [kg]) e dal tasso di inalazione (B_{air} [m^3/h]). Difatti, secondo quanto riportato nel documento [EPA, 2009], non è appropriato modificare lo IUR e la RfC sulla base dei due suddetti parametri, in quanto:

- la quantità di sostanza chimica che raggiunge il bersaglio attraverso la via di esposizione inalatoria non è una semplice funzione del peso corporeo e del tasso di inalazione;
- la stima dello IUR e della RfC tiene conto della variabilità del dato, che quindi può essere utilizzato, senza fattori correttivi, sia per un bersaglio adulto che bambino, sia in uno scenario residenziale che ricreativo, indipendentemente dall'intensità dell'attività fisica.

1.3 Classificazione di cancerogenicità

Per i contaminanti potenzialmente cancerogeni, alla classificazione armonizzata UE (Regolamento (CE) n. 1272/2008 o CLP) è stata associata la classificazione definita dall'International Agency for Research on Cancer [IARC, 2012], che si basa sull'evidenza di cancerogenicità sull'uomo (ove siano disponibili dati epidemiologici) e sugli animali da esperimento, valutati in modo separato.

Il lungo periodo transitorio previsto dal Regolamento CLP è terminato ed il nuovo sistema basato sui principi del Globally Harmonized System (GHS), elaborato dall'ONU e finalizzato all'unificazione a livello mondiale della descrizione dei rischi connessi alla gestione e classificazione delle sostanze, è a regime. Il Regolamento è attualmente consolidato (anche se non completamente) al IX ATP, mentre il X ATP si applicherà dal 1 dicembre 2018.

La IARC, acronimo di International Agency for Research on Cancer, è un organismo internazionale, con sede a Lione, in Francia, che tra i vari compiti svolti, detta le linee guida sulla classificazione del rischio relativo ai tumori di agenti chimici e fisici. L'agenzia intergovernativa IARC è parte dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) [OMS, 1989] delle Nazioni Unite.

Secondo questa agenzia, la valutazione relativa alla classificazione delle sostanze cancerogene si articola in due fasi. La prima fase è quella della valutazione del grado di evidenza di cancerogenicità risultante da dati sull'uomo e da dati sugli animali da esperimento. Questi due gruppi vengono dapprima classificati separatamente e poi si effettua una valutazione globale sui dati combinati con l'inserimento della sostanza in uno specifico gruppo. Le valutazioni della IARC sono descritte nelle "Monographs on the evaluation of the carcinogenic risks to human" [IARC, 2012].

In Tabella 2 e Tabella 3 si riportano i criteri per la classificazione di cancerogenicità secondo il Regolamento (CE) n. 1272/2008 e la IARC, mentre in Tabella 4 si riporta l'equiparazione tra i due criteri di classificazione di cui sopra.

Tabella 2 - Classificazione delle sostanze cancerogene secondo il Regolamento (CE) n. 1272/2008

Classificazione CEE (Regolamento (CE) n. 1272/2008)		
Categoria 1	Sostanze cancerogene per l'uomo accertate o presunte	La classificazione di una sostanza come cancerogena di categoria 1 avviene sulla base di dati epidemiologici e/o di dati ottenuti con sperimentazioni su animali.
Categoria 1A	La classificazione di una sostanza come cancerogena di Categoria 1A può avvenire ove ne siano noti effetti cancerogeni per l'uomo sulla base di studi sull'uomo.	La classificazione di una sostanza nelle categorie 1A e 1B si basa sulla forza probante dei dati e su altre considerazioni.
Categoria 1B	La classificazione di una sostanza come cancerogena di categoria 1B può avvenire per le sostanze di cui si presumono effetti cancerogeni per l'uomo, prevalentemente sulla base di studi su animali.	
Categoria 2	Sostanze di cui si sospettano effetti cancerogeni per l'uomo.	La classificazione di una sostanza nella categoria 2 si basa sui risultati di studi sull'uomo e/o su animali non sufficientemente convincenti per giustificare la classificazione nelle categorie 1A e 1B, tenendo conto della forza probante dei dati.

Tabella 3 - Classificazione delle sostanze cancerogene secondo la IARC

Classificazione IARC (International Agency for Research on Cancer)		
Gruppo 1	Cancerogeni umani	Questa categoria è riservata alle sostanze con sufficiente evidenza di cancerogenicità per l'uomo.
Gruppo 2 Sottogruppo 2A	Probabili cancerogeni umani	Questa categoria è riservata alle sostanze con limitata evidenza di cancerogenicità per l'uomo e sufficiente evidenza per gli animali. In via eccezionale anche sostanze per le quali sussiste o solo limitata evidenza per l'uomo o solo sufficiente evidenza per gli animali purché supportata da altri dati di rilievo.
Gruppo 2 Sottogruppo 2B	Sospetti cancerogeni umani	Questo sottogruppo è usato per le sostanze con limitata evidenza per l'uomo in assenza di sufficiente evidenza per gli animali o per quelle con sufficiente evidenza per gli animali ed inadeguata evidenza o mancanza di dati per l'uomo. In alcuni casi possono essere inserite in questo gruppo anche le sostanze con solo limitata evidenza per gli animali purché questa sia saldamente supportata da altri dati rilevanti.
Gruppo 3	Sostanze non classificabili per la cancerogenicità per l'uomo	In questo gruppo vengono inserite le sostanze che non rientrano in nessun'altra categoria prevista
Gruppo 4	Non cancerogeni per l'uomo	A tale gruppo vengono assegnate le sostanze con evidenza di non cancerogenicità sia per l'uomo che per gli animali. In alcuni casi, possono essere inserite in questa categoria le sostanze con inadeguata evidenza o assenza di dati per l'uomo ma con provata mancanza di cancerogenicità per gli animali, saldamente supportata da altri dati di rilievo.

Tabella 4 – Equiparazione tra le classificazioni di cancerogenicità

Regolamento (CE) n. 1272/2008	Classificazione IARC
Categoria 1A	Gruppo 1
Categoria 1B	Gruppo 2 Sottogruppo 2A
Categoria 2	Gruppo 2 Sottogruppo 2B
---	Gruppo 3
---	Gruppo 4

Le specie chimiche sono state identificate come cancerogene secondo il seguente criterio:

- 1A, 1B o 2 dal Regolamento (CE) n. 1272/2008 (indipendentemente dalla classificazione IARC);
- 1, 2A o 2B dalla IARC (indipendentemente dalla classificazione del Regolamento (CE) n. 1272/2008).

2. ASPETTI SPECIFICI

Ad oggi non risulta possibile individuare valori sufficientemente attendibili per:

- Alaclor: i parametri tossicologici inalatori sia per effetti cancerogeni (IUR) che per effetti tossici non cancerogeni (RfC);
- 1,1-Dicloroetilene: parametri tossicologici inalatori e orali per effetti cancerogeni (IUR e SF Ing.);
- 1,2,3-Tricloropropano e Cloronitrobenzeni: parametro tossicologico inalatorio per effetti cancerogeni (IUR);
- i parametri tossicologici inalatori per effetti tossici non cancerogeni (RfC) per circa 30 composti classificati non cancerogeni o non classificati.

Per tali sostanze sono stati adottati i seguenti criteri:

- per le specie chimiche per le quali è stato possibile accertare un'affinità chimica con un'altra specie della stessa classe è stata individuata una RfD/RfC e/o uno SF/IUR "surrogato" (Tabella 5);
- in caso contrario, allineandosi a quanto riportato nei documenti [RIVM, 2001], [RIVM, 2009] e [EPA, 2013], i valori dei parametri tossicologici per l'esposizione inalatoria (RfC e/o IUR) sono stati estrapolati sulla base di quelli relativi all'esposizione orale; è evidente che tali valori, poiché ottenuti a mezzo di una estrapolazione "route-to-route", sono da considerarsi provvisori, in attesa di poter disporre di dati maggiormente attendibili.

La suddetta procedura non è stata applicata a:

- 1,1-Dicloroetilene: in quanto non è stato possibile individuare un "surrogato" o effettuare un'estrapolazione "route-to-route", poiché attualmente non si dispone del parametro tossicologico orale per effetti cancerogeni;
- 1,2,3-Tricloropropano e Cloronitrobenzeni: in quanto ad oggi risultano disponibili valori attendibili solo per effetti cancerogeni orali e per effetti tossici non cancerogeni inalatori e orali.

Nel seguito vengono riportati, per alcune sostanze, approfondimenti e indicazioni che possono essere di supporto per un corretto utilizzo della presente banca dati.

Tabella 5 – Specie chimiche e loro surrogati

Specie chimica	Numero CAS	Specie chimica surrogata	Numero CAS - Specie chimica surrogata	Riferimento bibliografico
Microinquinanti inorganici				
Antimonio	7440-36-0	Antimonio triossido	1309-64-4	[MPCA, 2005]
Aromatici policiclici				
Acenaftene	83-32-9	Naftalene	91-20-3	[NDEP, 2011]
Acenaftilene	208-96-8	Naftalene	91-20-3	[NDEP, 2011]
Antracene	120-12-7	Naftalene	91-20-3	[NDEP, 2011]
Benzo(g,h,i)perilene	191-24-2	Pirene (Naftalene)	129-00-00 (91-20-3)	[Teri Copeland et al., 2006]
Dibenzo(a,e)pirene	192-65-4	Pirene (Naftalene)	129-00-00 (91-20-3)	[Teri Copeland et al., 2006]
Fenantrene	85-01-8	Naftalene	91-20-3	[NDEP, 2011]
Fluorantene	206-44-0	Pirene (Naftalene)	129-00-00 (91-20-3)	[Teri Copeland et al., 2006]
Fluorene	86-73-7	Naftalene	91-20-3	[NDEP, 2011]
Perilene	198-55-0	Pirene (Naftalene)	129-00-00 (91-20-3)	[Teri Copeland et al., 2006]
Pirene	129-00-00	Naftalene	91-20-3	[NDEP, 2011]
Alifatici clorurati				
1,1-Dicloroetano	75-34-3	1,2-Dicloroetano	107-06-2	[CENOVUS, 2011]
Fenoli clorurati				
2-Clorofenolo	95-57-8	Monoclorobenzene	108-90-7	[NDEP, 2011]

2.1 Specie chimiche inorganiche

La maggior parte dei contaminanti inorganici in forma elementare non presentano tra i parametri chimico-fisici un valore di solubilità e di volatilità, mentre per i loro composti la solubilità assume valori estremamente variabili, a seconda del sale che si prende in considerazione. Nei casi in cui per il dato metallo non sia possibile determinarne le diverse frazioni (es. lisciviabile, biodisponibile, bioaccessibile, ecc) o comunque non risulti possibile effettuare una speciazione chimica, si ritiene opportuno utilizzare per la solubilità il valore del sale più solubile. Nella Tabella 6 sono riportati a titolo indicativo per ogni metallo i valori di solubilità del sale più solubile tra quelli più comunemente riscontrabili.

Tabella 6 – Composti dei Microinquinanti Inorganici per individuazione della solubilità

Microinquinante inorganico	Numero CAS	Composto di riferimento	Numero CAS del composto	Solubilità [mg/L]	Rif.
Antimonio	7440-36-0	Fluoruro di Antimonio	7783-56-4	4,45E+06	[Perry, 2007]
Arsenico metallico	7440-38-0	Arsenico metallico	7440-38-2	0,00E+00	[Texas, 2017]
Acido Arsenico	7778-39-4	Acido Arsenico	7778-39-4	3,02E+06	[TOXNET, 2017]
Berillio	7440-41-7	Solfato di Berillio	13510-49-1	4,25E+05	[TOXNET, 2017]
Cadmio	7440-43-9	Cloruro di Cadmio	10108-64-2	1,35E+06	[Perry, 2007]
Cianuri	57-12-5	Cianuro di Potassio	151-50-8	7,00E+05	[Perry, 2007]
Cobalto	7440-48-4	Solfato di Cobalto	10124-43-3	3,30E+05	[TOXNET, 2017]
Cromo totale	16065-83-1	Solfato di Cromo III	10101-53-8	1,20E+06	[Perry, 2007]
Cromo VI	18540-29-9	Cromo VI	18540-29-9	1,69E+06	[EPA, 2017]
Fluoruri	7782-41-4	Fluoruro di Sodio	7681-49-4	4,22E+04	[EPA, 2017]
Nichel	7440-02-0	Nitrato di Nichel	13138-45-9	4,85E+05	[TOXNET, 2017]
Piombo	7439-92-1	Nitrato di Piombo	10099-74-8	5,65E+05	[Perry, 2007]
Rame	7440-50-8	Nitrato di Rame	3251-23-8	1,25E+06	[Perry, 2007]
Selenio	7782-49-2	Selenito di Sodio	10102-18-8	8,50E+05	[Perry, 2007]
Stagno	7440-31-5	Cloruro di Stagno	7772-99-8	2,70E+06	[Perry, 2007]
Tributil stagno	56-35-9	Tributil stagno	56-35-9	1,95E+01	[EPA, 2017]
Tallio	7440-28-0	Solfato di Tallio	10031-59-1	4,87E+04	[Perry, 2007]
Vanadio	7440-62-2	Pentossido di Vanadio	1314-62-1	8,00E+03	[Perry, 2007]
Zinco	7440-66-6	Clorato di Zinco	10361-95-2	2,00E+06	[Perry, 2007]

Nell'applicazione della AdR è opportuno utilizzare valori del coefficiente di partizione suolo/acqua (K_d) sito specifici (seguendo la procedura analitica riportata nel sito <http://www.isprambiente.gov.it/temi/siti-contaminati/analisi-di-rischio>). Altrimenti è possibile far riferimento alla Tabella 7, dove sono riportati per alcuni metalli i valori del K_d teorico in un intervallo di valori di pH compreso tra 4,9 e 8. Nel caso in cui non sia noto il valore del pH, è uso comune riferirsi ai valori corrispondenti ad un pH pari a 6,8.

Tabella 7 - Dati di Kd dei metalli in funzione del pH [SSG, USEPA 1996]

pH	Ag	As	Be	Cd	Cr [+3]	Cr [+6]	Hg	Ni	Se	Tl	Zn
4,9	1,00E-01	2,50E+01	2,30E+01	1,50E+01	1,20E+03	3,10E+01	4,00E-02	1,60E+01	1,80E+01	4,40E+01	1,60E+01
5	1,30E-01	2,50E+01	2,60E+01	1,70E+01	1,90E+03	3,10E+01	6,00E-02	1,80E+01	1,70E+01	4,50E+01	1,80E+01
5,1	1,60E-01	2,50E+01	2,80E+01	1,90E+01	3,00E+03	3,00E+01	9,00E-02	2,00E+01	1,60E+01	4,60E+01	1,90E+01
5,2	2,10E-01	2,60E+01	3,10E+01	2,10E+01	4,90E+03	2,90E+01	1,40E-01	2,20E+01	1,50E+01	4,70E+01	2,10E+01
5,3	2,60E-01	2,60E+01	3,50E+01	2,30E+01	8,10E+03	2,80E+01	2,00E-01	2,40E+01	1,40E+01	4,80E+01	2,30E+01
5,4	3,30E-01	2,60E+01	3,80E+01	2,50E+01	1,30E+04	2,70E+01	3,00E-01	2,60E+01	1,30E+01	5,00E+01	2,50E+01
5,5	4,20E-01	2,60E+01	4,20E+01	2,70E+01	2,10E+04	2,70E+01	4,60E-01	2,80E+01	1,20E+01	5,10E+01	2,60E+01
5,6	5,30E-01	2,60E+01	4,70E+01	2,90E+01	3,50E+04	2,60E+01	6,90E-01	3,00E+01	1,10E+01	5,20E+01	2,80E+01
5,7	6,70E-01	2,70E+01	5,30E+01	3,10E+01	5,50E+04	2,50E+01	1,00E+00	3,20E+01	1,10E+01	5,40E+01	3,00E+01
5,8	8,40E-01	2,70E+01	6,00E+01	3,30E+01	8,70E+04	2,50E+01	1,60E+00	3,40E+01	9,80E+00	5,50E+01	3,20E+01
5,9	1,10E+00	2,70E+01	6,90E+01	3,50E+01	1,30E+05	2,40E+01	2,30E+00	3,60E+01	9,20E+00	5,60E+01	3,40E+01
6	1,30E+00	2,70E+01	8,20E+01	3,70E+01	2,00E+05	2,30E+01	3,50E+00	3,80E+01	8,60E+00	5,80E+01	3,60E+01
6,1	1,70E+00	2,70E+01	9,90E+01	4,00E+01	3,00E+05	2,30E+01	5,10E+00	4,00E+01	8,00E+00	5,90E+01	3,90E+01
6,2	2,10E+00	2,80E+01	1,20E+02	4,20E+01	4,20E+05	2,20E+01	7,50E+00	4,20E+01	7,50E+00	6,10E+01	4,20E+01
6,3	2,70E+00	2,80E+01	1,60E+02	4,40E+01	5,80E+05	2,20E+01	1,10E+01	4,50E+01	7,00E+00	6,20E+01	4,40E+01
6,4	3,40E+00	2,80E+01	2,10E+02	4,80E+01	7,70E+05	2,10E+01	1,60E+01	4,70E+01	6,50E+00	6,40E+01	4,70E+01
6,5	4,20E+00	2,80E+01	2,80E+02	5,20E+01	9,90E+05	2,00E+01	2,20E+01	5,00E+01	6,10E+00	6,60E+01	5,10E+01
6,6	5,30E+00	2,80E+01	3,90E+02	5,70E+01	1,20E+06	2,00E+01	3,00E+01	5,40E+01	5,70E+00	6,70E+01	5,40E+01
6,7	6,60E+00	2,90E+01	5,50E+02	6,40E+01	1,50E+06	1,90E+01	4,00E+01	5,80E+01	5,30E+00	6,90E+01	5,80E+01
6,8	8,30E+00	2,90E+01	7,90E+02	7,50E+01	1,80E+06	1,90E+01	5,20E+01	6,50E+01	5,00E+00	7,10E+01	6,20E+01
6,9	1,00E+01	2,90E+01	1,10E+03	9,10E+01	2,10E+06	1,80E+01	6,60E+01	7,40E+01	4,70E+00	7,30E+01	6,80E+01
7	1,30E+01	2,90E+01	1,70E+03	1,10E+02	2,50E+06	1,80E+01	8,20E+01	8,80E+01	4,30E+00	7,40E+01	7,50E+01
7,1	1,60E+01	2,90E+01	2,50E+03	1,50E+02	2,80E+06	1,70E+01	9,90E+01	1,10E+02	4,10E+00	7,60E+01	8,30E+01
7,2	2,00E+01	3,00E+01	3,80E+03	2,00E+02	3,10E+06	1,70E+01	1,20E+02	1,40E+02	3,80E+00	7,80E+01	9,50E+01
7,3	2,50E+01	3,00E+01	5,70E+03	2,80E+02	3,40E+06	1,60E+01	1,30E+02	1,80E+02	3,50E+00	8,00E+01	1,10E+02
7,4	3,10E+01	3,00E+01	8,60E+03	4,00E+02	3,70E+06	1,60E+01	1,50E+02	2,50E+02	3,30E+00	8,20E+01	1,30E+02
7,5	3,90E+01	3,00E+01	1,30E+04	5,90E+02	3,90E+06	1,60E+01	1,60E+02	3,50E+02	3,10E+00	8,50E+01	1,60E+02
7,6	4,80E+01	3,10E+01	2,00E+04	8,70E+02	4,10E+06	1,50E+01	1,70E+02	4,90E+02	2,90E+00	8,70E+01	1,90E+02
7,7	5,90E+01	3,10E+01	3,00E+04	1,30E+03	4,20E+06	1,50E+01	1,80E+02	7,00E+02	2,70E+00	8,90E+01	2,40E+02
7,8	7,30E+01	3,10E+01	4,60E+04	1,90E+03	4,30E+06	1,40E+01	1,90E+02	9,90E+02	2,50E+00	9,10E+01	3,10E+02
7,9	8,90E+01	3,10E+01	6,90E+04	2,90E+03	4,30E+06	1,40E+01	1,90E+02	1,40E+03	2,40E+00	9,40E+01	4,00E+02
8	1,10E+02	3,10E+01	1,00E+05	4,30E+03	4,30E+06	1,40E+01	2,00E+02	1,90E+03	2,20E+00	9,60E+01	5,30E+02

Cromo

Per il Cromo totale sono stati assegnati il numero CAS, i parametri chimico-fisici e tossicologici del Cromo III. Quindi, nel caso in cui si possa escludere la presenza del Cromo VI, fornendo prove e documentazione, si assegnerà al Cromo totale i valori (chimico-fisici e tossicologici) del Cromo III; altrimenti:

- se è stata identificata quantitativamente la frazione di Cromo VI contenuta nel Cromo totale si assegneranno al Cromo VI i valori del Cromo VI e al Cromo totale i valori del Cromo III;
- se non è stata identificata quantitativamente la frazione di Cromo VI contenuta nel Cromo totale si assegneranno al Cromo totale i valori relativi al Cromo VI.

In considerazione di quanto sopra, si ritiene più opportuno, ai fini della applicazione dell'AdR, utilizzare valori di concentrazione derivanti da studi di speciazione piuttosto che valori di concentrazione totale.

Mercurio

Per il Mercurio, al fine di adottare un approccio a favore di cautela e che permetta di garantire coerenza tra i parametri chimico-fisici utilizzati nell'applicazione della procedura di AdR, si

ritiene opportuno utilizzare il composto o la forma più cautelativa in funzione della via di migrazione:

- Cloruro di mercurio (e altri Sali del mercurio) per la lisciviazione e il trasporto in falda, in quanto rappresenta la forma più solubile;
- Mercurio elementare per la volatilizzazione, in quanto rappresenta la forma più volatile;
- Metilmercurio per i contatti diretti (ingestione e contatto dermico di suolo), essendo la forma più tossica per ingestione.

Pur essendo il Metilmercurio classificato cancerogeno di gruppo 2B dalla IARC, secondo quanto riportato sul database IRIS in relazione alla stima quantitativa del rischio cancerogeno da esposizione orale, i dati di genotossicità non supportano l'ipotesi che sia un cancerogeno genotossico, ma sembra piuttosto che espliciti i suoi effetti cancerogeni soltanto a dosi elevate, pari o superiori alla Maximum Tolerable Dose (MTD). Considerando che la procedura multistadio linearizzato è basata sull'assunzione di linearità a basse dosi, il significato della derivazione di uno Slope Factor fondato su dati per cui potrebbe esistere una soglia, è discutibile. Infatti non risulta disponibile alcun valore scientificamente consolidato per il relativo parametro tossicologico. Pertanto nel database è riportato soltanto il parametro tossicologico da esposizione orale per effetti non cancerogeni.

Solfati

Ad oggi in letteratura non sono reperibili valori scientificamente consolidati sia delle proprietà chimico-fisiche che di quelle tossicologiche.

2.2 Specie chimiche organiche

Idrocarburi aromatici

Xileni: sono riportate le proprietà chimico-fisiche e tossicologiche sia dei singoli congeneri che della classe. In Tabella 1 Allegato 5 al Titolo V Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006, vengono forniti i valori di CSC per la classe e non per singolo congenere, mentre in Tabella 2 è definita la CSC per il *para*-Xilene.

Idrocarburi policiclici Aromatici (IPA)

Non tutti gli IPA sono classificati dall'UE e possiedono riferimenti tossicologici utili per l'AdR. A seguito dell'analisi della bibliografia da oggi disponibile, si è ritenuto opportuno adottare la classificazione di cancerogenicità riportata nella monografia della IARC, volume 92, 2010, "PAH - Some non-heterocyclic Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and some related exposures".

Sono stati aggiornati i parametri tossicologici in coerenza con la banca dati della Region 9 dell'EPA (2017), a seguito della review nel database IRIS. Per i parametri tossicologici cancerogeni non disponibili si è proceduto come di seguito riportato:

Dibenzo(a,l)pirene: assente nelle banche dati prese come riferimento, sono state attribuite le proprietà chimico-fisiche e tossicologiche del Dibenzo(a,i)pirene.

Alifatici clorurati

1,1-Dicloroetilene: pur essendo classificato cancerogeno (cat. 2) dalla UE e non cancerogeno dalla IARC, in letteratura ad oggi non sono reperibili valori scientificamente consolidati per i parametri tossicologici relativi agli effetti cancerogeni (SF Ing. e IUR).

1,2-Dicloroetilene: il D.Lgs. 152/2006 non specifica l'isomero di riferimento (*cis* o *trans*), a tale sostanza sono quindi stati attribuiti i valori delle proprietà chimico-fisiche e tossicologiche relativi all'isomero "cis" (Numero CAS 156-59-2) in quanto più conservative.

Nitrobenzeni

Cloronitrobenzeni: sono riportate le proprietà chimico-fisiche e tossicologiche dei congeneri *orto* e *para*. In Tabella 1 Allegato 5 al Titolo V Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006 vengono forniti i valori di CSC per la classe e non per singolo congenere, mentre in Tabella 2 le CSC si riferiscono al singolo congenere. Nel caso non si identifichi per via analitica il quantitativo di ciascuna forma isomerica, ci si dovrà riferire a quella più conservativa, da individuarsi in relazione alla specificità del caso.

Fenoli non clorurati

Metilfenoli: sono riportate le proprietà chimico-fisiche e tossicologiche sia dei singoli congeneri che della classe. In Tabella 1 Allegato 5 al Titolo V Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006 vengono forniti i valori di CSC per la classe e non per singolo congenere.

Fenoli clorurati

Poiché il valore del coefficiente di partizione suolo/acqua del carbonio organico (Koc) per i fenoli clorurati varia a seconda del pH del terreno, in Tabella 8 sono riportati i valori del Koc per un intervallo di pH compreso tra 4,9 e 8. Nel caso in cui non sia noto il valore del pH è uso comune riferirsi al valore corrispondente a pH 6,8.

Tabella 8 - Dati di K_{oc} dei fenoli clorurati in funzione del pH [SSG, USEPA, 1996] [Texas, 2017]

pH	2-Clorofenolo	2,4-Diclorofenolo	Penta clorofenolo	2,4,6-Triclorofenolo
4,9	3,98E+02	1,59E+02	9,05E+03	1,04E+03
5	3,98E+02	1,59E+02	7,96E+03	1,03E+03
5,1	3,98E+02	1,59E+02	6,93E+03	1,02E+03
5,2	3,98E+02	1,59E+02	5,97E+03	1,01E+03
5,3	3,98E+02	1,59E+02	5,10E+03	9,99E+02
5,4	3,98E+02	1,58E+02	4,32E+03	9,82E+02
5,5	3,97E+02	1,58E+02	3,65E+03	9,62E+02
5,6	3,97E+02	1,58E+02	3,07E+03	9,38E+02
5,7	3,97E+02	1,58E+02	2,58E+03	9,10E+02
5,8	3,97E+02	1,58E+02	2,18E+03	8,77E+02
5,9	3,97E+02	1,57E+02	1,84E+03	8,39E+02
6	3,96E+02	1,57E+02	1,56E+03	7,96E+02
6,1	3,96E+02	1,57E+02	1,33E+03	7,48E+02
6,2	3,96E+02	1,56E+02	1,15E+03	6,97E+02
6,3	3,95E+02	1,55E+02	9,98E+02	6,44E+02
6,4	3,94E+02	1,54E+02	8,77E+02	5,89E+02
6,5	3,93E+02	1,53E+02	7,81E+02	5,33E+02
6,6	3,92E+02	1,52E+02	7,03E+02	4,80E+02
6,7	3,90E+02	1,50E+02	6,40E+02	4,29E+02
6,8	3,88E+02	1,47E+02	5,92E+02	3,81E+02
6,9	3,86E+02	1,45E+02	5,52E+02	3,38E+02
7	3,83E+02	1,41E+02	5,21E+02	3,00E+02
7,1	3,79E+02	1,38E+02	4,96E+02	2,67E+02
7,2	3,75E+02	1,33E+02	4,76E+02	2,39E+02
7,3	3,69E+02	1,28E+02	4,61E+02	2,15E+02
7,4	3,62E+02	1,21E+02	4,47E+02	1,95E+02
7,5	3,54E+02	1,14E+02	4,37E+02	1,78E+02
7,6	3,44E+02	1,07E+02	4,29E+02	1,64E+02
7,7	3,33E+02	9,84E+01	4,23E+02	1,53E+02
7,8	3,19E+02	8,97E+01	4,18E+02	1,44E+02
7,9	3,04E+02	8,07E+01	4,14E+02	1,37E+02
8	2,86E+02	7,17E+01	4,10E+02	1,31E+02

Ammine aromatiche

m,p-Anisidina: in letteratura non sono reperibili valori scientificamente consolidati sia delle proprietà chimico-fisiche che di quelle tossicologiche, quindi in attesa di poter disporre di dati maggiormente attendibili, sono state attribuite le proprietà chimico-fisiche e tossicologiche dell'*o*-Anisidina.

Fitofarmaci

Clordano: in Europa si considera il Clordano con nomenclatura ISO (57-74-9), che rappresenta una miscela di 23 composti di cui la maggioranza isomeri *cis*- e *trans*- del Clordano più altri idrocarburi clorurati e sottoprodotti; mentre l'EPA considera un'altra formulazione isomerica (12789-03-6) con altri prodotti correlati, in tutto 147 composti diversi. Quindi nella banca dati sono state inserite entrambe le nomenclature: statunitense ed europea.

DDD e DDE: non sono classificati né dalla UE né dalla IARC; essendo metaboliti del DDT sono quindi stati assimilati per classificazione allo stesso, considerato *“possibile cancerogeno per l'uomo”*.

Esaclorocicloesani (miscela di isomeri): sono classificati dalla IARC come *“possibili cancerogeni ma con inadeguate evidenze nell'uomo”*, quindi appartenenti al Gruppo 2B. Nel D.Lgs. 152/2006 (Tabelle 1 e 2 dell'Allegato 5) sono presenti i tre isomeri: α -esaclorocicloesano, β -esaclorocicloesano e γ -esaclorocicloesano (o Lindano). Secondo la classificazione europea, soltanto gli isomeri α e β sono cancerogeni di Categoria 2 (*“sostanza di cui si sospettano effetti cancerogeni”*) mentre l'isomero γ presenta caratteristiche di tossicità. Recentemente la IARC ha rivalutato la cancerogenicità del Lindano, inserendolo nel Gruppo 1 (*“sufficiente evidenza di effetti cancerogeni per l'uomo”*), in riferimento alla sua proprietà di causare il linfoma non-Hodgkin (Monografia 113, 2017). Sono quindi stati inseriti per quest'ultimo sia lo SF orale che lo IUR. In assenza di speciazione dovranno ovviamente essere attribuiti i parametri relativi all'isomero maggiormente critico.

Diossine e Furani

Esistono complessivamente 75 congeneri di diossine e 135 di furani. Di questi solo 17 (7 PCDD e 10 PCDF) risultano critici sotto l'aspetto tossicologico. La loro tossicità è comunemente espressa attraverso il fattore di tossicità equivalente (TEF), che si basa sul fatto che i PCDD e i PCDF sono composti che hanno il medesimo meccanismo strutturale di azione (attivazione del recettore Ah) e producono effetti tossici simili. Comparando l'affinità di legame dei vari composti organoclorurati con il recettore Ah, con quella della 2,3,7,8-TCDD, presa come valore unitario di riferimento, vengono calcolati i TEF.

Sommando i prodotti tra i TEF dei singoli congeneri e le rispettive concentrazioni si ottiene la *“tossicità equivalente”* (TEQ). Questo concetto è stato introdotto per rappresentare la concentrazione complessiva di diossine in una data matrice ambientale.

$$TEQ = \sum_{i=1}^y (C_i \times TEF_i)$$

Nella Tabella 9 vengono elencati i 7 PCDD ed i 10 PCDF con i loro fattori di tossicità equivalente (TEF) per l'uomo e per i mammiferi secondo il World Health Organization ricavati da [Van den Berg M. et al., 2006].

Tabella 9 – Fattori di tossicità equivalente (TEF) per diossine e furani secondo WHO 2005 (Van der Berg et al., 2006)

DIOSSINE E FURANI	TEF [WHO, 2005]
Chlorinated dibenzo-p-dioxins	
2,3,7,8-TCDD	1
1,2,3,7,8-PeCDD	1
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,01
OCDD	0,0003
Chlorinated dibenzofurans	
2,3,7,8-TCDF	0,1
1,2,3,7,8-PeCDF	0,03
2,3,4,7,8-PeCDF	0,3
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,01
OCDF	0,0003

(T = tetra, Pe = penta, Hx = hexa, Hp = hepta)

Nelle Tabelle 1a e 1b della banca dati sono riportate le proprietà chimico-fisiche e tossicologiche del congenere di riferimento (2,3,7,8-TCDD).

PCB

I PCB sono sostanze chimiche prodotte deliberatamente dai processi industriali. E' possibile distinguere tra:

- **PCB diossina simili** (PCB dioxin like - PCB DL), che presentano caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche paragonabili alle diossine e ai furani;
- **PCB non diossina simili** (PCB no dioxin like - PCB NDL).

A livello sanitario per una corretta valutazione dell'esposizione sarebbe opportuno sommare la concentrazione dei PCB DL a quella delle Diossine e Furani, entrambe espresse in tossicità equivalente (TEQ). Il D.Lgs. 152/2006 però non distingue i PCB DL dai PCB NDL ed esprime in concentrazione, e non in TEQ, le Concentrazioni Soglia di Contaminazione (CSC) dei PCB totali.

Inoltre, il D.Lgs. 152/2006 non definisce quali dei 209 congeneri di PCB vadano ricercati, pertanto, ai fini del confronto con le CSC e dell'applicazione dell'AdR, i congeneri da considerare come sommatoria per i PCB totali, considerati cancerogeni (Monografia IARC n. 107 del 2016), sono:

- **12 congeneri PCB DL:** 77, 81, 105, 114, 118, 123, 126, 156, 157, 167, 169, 189.
- **17 congeneri PCB NDL:** 28, 52, 95, 99, 101, 110, 128, 138, 146, 149, 151, 153, 170, 177, 180, 183, 187.

In ogni caso, a seconda della contaminazione, l'Ente di controllo territorialmente competente potrà richiedere la ricerca di ulteriori congeneri.

Nella banca dati sono riportate le proprietà chimico-fisiche e tossicologiche delle classi:

- PCB DL, prendendo come riferimento il PCB 126 (congenere con potenziale cancerogeno più elevato);
- PCB totali, prendendo come riferimento la classe denominata "high risk" nella banca dati USEPA Region 9.

Se, in fase di caratterizzazione, si riscontra un superamento delle CSC per i PCB totali (come da elenco sopra riportato), la procedura proposta prevede che vengano definite due CSR, una calcolata utilizzando i parametri relativi alla classe PCB DL, e l'altra utilizzando i parametri relativi alla classe PCB totali.

Successivamente, le singole concentrazioni rilevate, in fase di caratterizzazione, per i PCB DL vengono confrontate con le CSR calcolate per i PCB DL stessi. Qualora si riscontri un superamento di uno qualsiasi dei dodici congeneri DL, si rende necessario un intervento apposito, ancorché limitato al/ai sondaggio/i dove sia stata effettivamente riscontrato il superamento delle CSR calcolate per i congeneri PCB DL stessi.

Nei sondaggi in cui le concentrazioni riscontrate per i PCB DL risultino tutte inferiori alla relativa CSR calcolata secondo quanto precedentemente detto, si effettua un nuovo confronto tra le concentrazioni dei PCB totali, riscontrate in fase di caratterizzazione, e la CSR, calcolata utilizzando i parametri tossicologici relativi alla classe PCB totali, che costituisce quindi l'obiettivo di una eventuale bonifica per il parametro PCB.

Idrocarburi

Per le classi "Idrocarburi C \leq 12" e "Idrocarburi C $>$ 12" (Tabella 1 Allegato 5 al Titolo V Parte Quarta del D.Lgs. 152/2006) nella banca dati sono riportati i valori delle proprietà chimico-fisiche e tossicologiche corrispondenti a due possibili sistemi di classificazione: [TPHCWG, 1997] e [MADEP, 2002]. L'utilizzo dell'uno o dell'altro sistema di classificazione dovrà essere concordato in fase di inter-confronto proponente/ARPA, anche sulla base delle capacità operative dell'ARPA territorialmente competente.

Per le frazioni: Alifatici $>$ C16-21, Alifatici $>$ C21-C35, Aromatici C $>$ 16-21 e Aromatici C $>$ 21-35 (classificazione TPHCWG), e Alifatici C19-C36 (classificazione MADEP), poiché non sono reperibili in letteratura valori scientificamente consolidati della RfC, a titolo cautelativo a tale parametro tossicologico sono stati attribuiti i valori della classe immediatamente precedente.

Quando i dati analitici si riferiscono alle due classi "Idrocarburi C \leq 12" e "Idrocarburi C $>$ 12, e non alle singole frazioni, per ciascuna classe deve essere selezionata la frazione più conservativa da individuarsi in relazione alla specificità del caso.

Altre sostanze:

Amianto: non è stato inserito nella banca dati poiché la procedura di analisi di rischio per tale sostanza non è applicabile.

Esteri dell'acido ftalico: non essendo corretto considerare la famiglia, si è fatto riferimento alle proprietà chimico-fisiche e tossicologiche del Di-2-Etilsilftalato (Numero CAS 117-81-7), il più comune e rappresentativo della famiglia stessa. È infatti ormai un contaminante

ambientale ubiquitario ed è l'unico della famiglia ad essere stato valutato come possibile cancerogeno per l'uomo (Gruppo 2B) [IARC, 2012].

Piombo Tetraetile: a seguito di un confronto con la "Texas Commission on Environmental Quality" è stato attribuito alla RfC il valore riportato nella versione della banca dati del TEXAS del 2010.

Composti organostannici: sono composti organici che contengono almeno un legame fra carbonio e stagno. Di questi composti quello più noto è il Tributilstagno (TBT), impiegato nelle vernici antivegetative usate per le navi e le barche; anche altri composti organostannici sono in uso comune, in particolare il monobutilstagno (MBT), il dibutilstagno (DBT), l'ottilstagno (MOT, DOT) e il trifenilstagno (TPT). Poiché per questi ultimi ad oggi non sono reperibili in letteratura valori scientificamente consolidati per i parametri chimico-fisici e tossicologici, è stata attribuita alla classe dei "Composti organostannici" le proprietà chimico-fisiche e tossicologiche del Tributilstagno (TBT).

Fattore di aggiustamento - ADAF

Nei documenti "Exposure Factor Handbook" [EFH, 2011] e "Supplemental Guidance for Assessing Susceptibility from Early-Life Exposure to Carcinogens" [USEPA, 2005], per le sostanze cancerogene che agiscono attraverso un'azione genotossica, viene raccomandato di differenziare il valore dei parametri tossicologici cancerogeni (SF Ing. e IUR) in funzione dell'età del bersaglio potenzialmente esposto.

In particolare i suddetti parametri tossicologici devono essere moltiplicati per un fattore di aggiustamento "ADAF" (Age Dependent Adjustment Factor) pari a:

- "10" per un'età compresa tra 0 e 2 anni,
- "3" tra 2 e 16 anni,
- "1" per un'età maggiore dei 16 anni (adulto).

Poiché ad oggi, nell'applicazione della procedura di AdR per uso del suolo residenziale/ricreativo, è prevista per il bersaglio "bambino" una durata di esposizione di 6 anni (0-6 anni) e per il bersaglio "adulto" un'esposizione pari alla somma di 6 anni bambino e di 24 anni adulto per un totale di 30 anni, in tali casi si ritiene sufficientemente cautelativo assumere rispettivamente un ADAF pari a 5 (media pesata: $(2 \times 10 + 4 \times 3) / 6$) e a 1, mentre per altri casi specifici è possibile far riferimento a quanto riportato sopra.

Nel caso in cui fosse prevista per il bersaglio "bambino" una durata di esposizione di 6 anni (0-6 anni), per il bersaglio "adolescente" una durata di esposizione di 10 anni (7-16 anni), per il bersaglio "adulto" una durata di esposizione dai 16 anni in su, è possibile adottare un ADAF pari a:

- "5" per la classe 0-6;
- "3" per la classe 6-16;
- "1" (ovvero non si applica l'ADAF) dai 16 anni in su.

Le specie chimiche cancerogene ad azione genotossica, per cui è opportuno utilizzare l'ADAF, sono: Benzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, 1,2,3-Tricloropropano, Diclorometano, Tricloroetilene, Acrillamide, Cromo VI, Benzo(a)antracene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Crisene, Indenopirene [EPA - Region 9, 2017].

Per il Cloruro di vinile i valori proposti dalla banca dati IRIS per lo IUR sono: $8,8E-06$ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]⁻¹ per il "bambino" e $4,4E-06$ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]⁻¹ per l' "adulto".

BIBLIOGRAFIA

- [EPA - Region 9, 2017] US Environmental Protection Agency, Toxicity and chemical/physical properties for Regional Screening level (RSL) of Chemical Contaminants at Superfund Sites, <http://www.epa.gov/region9/superfund/prg/>
- [Texas, 2017] Texas Commission on Environmental Quality, Toxicity and chemical/physical properties for the protective concentration levels (PCLs) in the Texas Risk Reduction Program, <https://www.tceq.texas.gov/remediation/trrp/trrppcls.html>
- [TOXNET, 2017] Unites States National Library of Medicine, Toxicological Data Network, <http://toxnet.nlm.nih.gov/index.html>
- [EPA, 2015] "OSWER Technical guide for assessing and mitigating the vapor intrusion pathway from subsurface vapor sources to indoor air" OSWER Publication 9200.2-154.
- [EPA, 2013] "EPA's Risk-Screening Environmental Indicators (RSEI) Methodology" and "User's Manual for RSEI Version 2.3.2 - Appendix A" Economics, exposure and technology division, Office of pollution prevention and toxics, United States Environmental Protection Agency.
- [GSI, 2012] GSI Environmental Chem/Tox Database, <http://www.gsi-net.com/en/software/rbca-for-chemical-releases-v25.html>
- [IARC, 2012] International Agency for Research on Cancer, Monographies on the Evaluation of Carcinogenic Risk to Human, Volume 101, Some Chemicals Present in Industrial and Consumer Products, Food and Drinking-water.
- [WHO, 2012] World Health Organization, 1987, Lead (evaluation of health risk to infants and children), Food and Series, Number 21, Ginevra.
- [CENOVUS, 2011] "Pelican Lake Grand Rapids Project: Joint Application and Environmental Impact Assessment Filed – Volume 3 (Air quality, noise end health) – Appendix X (Human and wildlife health risk assessment methods and results)"Cenovus Energy Inc. (Canada).
- [EFH, 2011] Exposure Factor Handbook, EPA/600/R-09/052F, September 2011 <http://www.epa.gov/ncea/efh/pdfs/efh-complete.pdf>.
- [NDEP, 2011] "Identification of Surrogate Reference Chemicals for Volatile Organic Compounds Commonly Encountered at Hazardous Waste Sites" Fehling K.A., Copeland T.L., Otani J.M., Kerger B.D., Nevada Division of Environmental Protection.
- [EPA, 2009] "Risk Assessment Guidance for Superfund - Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment)" U.S.EPA-540-R-070-002 OSWER 9285.7-82, Office of Superfund Remediation and Technology Innovation Environmental Protection Agency Washington.
- [RIVM, 2009] "Re-evaluation of some human-toxicological maximum permissible risk levels earlier evaluated in the period 1991-2001" RIVM Report 711701092/2009, National Institute for Public Health and the Environment (Nederland).
- [PERRY, 2007] Poling B.E., Thomson G.H., Friend D.G., Rowley R.L., Wilding W.V., Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th edition, McGraw-Hill, 2008, ISBN 0071511253.
- [Teri Copeland et al., 2006] "Technical Memorandum: Selection of Pyrene as a Noncarcinogenic Toxicological Surrogate for PAHs" Teri L. Coperland, M.S., DABT, Consulting Toxicologist.

- [Van den Berg M. et al., 2006] Van den Berg M., Birnbaum L.S., Denison M., De Vito M., Farland W., Feeley M., Fiedler H., Hakansson H., Hanberg A., Haws L., Rose M., Safe S., Schrenk D., Tohyama C., Tritscher A., Tuomisto J., Tysklind M., Walker N., Peterson R.E., The 2005 World Health Organization Reevaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-Like Compounds, *Toxicological Sciences* 93(2), 223–241.
- [MPCA, 2005] “Minnesota Statewide Air Toxics Monitoring Study (1996-2001) – Appendix C” Minnesota Pollution Control Agency.
- [USEPA, 2005] Supplemental Guidance for Assessing Susceptibility from Early-Life Exposure to Carcinogens.
- [MADEP, 2009] “Method for the determination of air-phase petroleum hydrocarbons (APH)” Massachusetts Department of Environmental Protection.
- [MADEP, 2002] Massachusetts Department of Environmental Protection, Characterizing Risks posed by Petroleum Contaminated Sites: Implementation of the MADEP VPH/EPH Approach Policy WSC-02-411.
- [RIVM, 2001] “Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels” RIVM Report 711701025, National Institute for Public Health and the Environment (Nederland).
- [TPHCWG, 1997] Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group, Selection of representative TPH fractions based on fate and transport considerations, Vol. 3, Vol. 4.
- [SSG, USEPA, 1996] US Environmental Protection Agency, Soil Screening Guidance: Technical Background Document, <http://www.epa.gov/superfund/health/conmedia/soil/introtbd.htm>
- [OMS, 1989] Regional Office for Europe, Indoor air quality: organic pollutants, Report on a WHO Meeting, Berlin, 23-27 August 1987. EURO Reports and Studies 111, Copenhagen.
- [Ronald Harkov, 1989] “Semivolatile Organic Compounds in the Atmosphere”, Volume 4/4B, The Handbook of Environmental Chemistry 39-68.