

Fondazione  
Lombardia  
per l'Ambiente



COMUNE DI SEVESO  
15739 01.07.03  
CAT. 4 CLASS. 7 FASO

# ANALISI DI RISCHIO RELATIVA ALLA PRESENZA DI DIOSSINA RESIDUA NELLA ZONA B DI SEVESO

A cura di: dott.ssa Daniela Antoniotti (segreteria tecnico-scientifica)  
dott. ing. Giuseppe Pastorelli (responsabile di progetto)

Supervisione scientifica: prof. Antonio Ballarin Denti

Milano, aprile 2003

DIRIGENTE	SECRET. GENERALE	DIRETTORE AMM. GEN.	UFF. LEGALE					
VICE DIRIGENTE	VICE SECRET. GENERALE	SEGR.	CONTR.	AG.	SECR. SOC.	POL. MUN.	URB.	LL. PP.
ASS. DIRIGENTE		PROT.		TRIB.	AMM. ST. CIVILE	COM. ART.	EU. COM.	REG.
ASS. DIRIGENTE	PRESED. COM.	VECHI.		ECON.	ELETT. L. 7/7			MAN. PATR.
ASS. DIRIGENTE		VECHI.			SCUOLA	SPORT	CULT.	
ASS. DIRIGENTE		C.F.D.			DIR. AMM.			
ASS. DIRIGENTE				DIR. AMM.	S.P.P.	IMPAT. MUN.		ASPIG

## INDICE

<b>0</b>	<b>EXECUTIVE SUMMARY</b>	<b>4</b>
<b>0.1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>4</b>
<b>0.2</b>	<b>Diossine, furani e PCB <i>dioxin-like</i></b>	<b>5</b>
<b>0.3</b>	<b>Quadro normativo di riferimento</b>	<b>6</b>
<b>0.4</b>	<b>Le ricerche della Fondazione Lombardia per l'Ambiente sul territorio di Seveso nel periodo 1994-2000</b>	<b>7</b>
<b>0.5</b>	<b>Contaminazione da diossine nell'Unione Europea</b>	<b>8</b>
<b>0.6</b>	<b>Perché l'analisi di rischio?</b>	<b>8</b>
<b>0.7</b>	<b>Elaborazioni preliminari sui dati disponibili</b>	<b>10</b>
<b>0.8</b>	<b>Analisi di rischio</b>	<b>10</b>
<b>0.9</b>	<b>Progetti di ricerca di approfondimento proposti</b>	<b>10</b>
<b>0.10</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>CONTENUTI DEL RAPPORTO</b>	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>DIOSsINE, FURANI E PCB <i>DIOXIN-LIKE</i></b>	<b>21</b>
<b>3</b>	<b>QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO</b>	<b>25</b>
<b>3.1</b>	<b>Situazione nazionale: il D.M. (Ambiente) 471/1999</b>	<b>25</b>
<b>3.2</b>	<b>Confronto con gli altri Paesi Membri dell'Unione Europea</b>	<b>30</b>
3.2.1	Finlandia	31
3.2.2	Germania	31
3.2.3	Paesi Bassi	32
3.2.4	Svezia	32
3.2.5	Commento finale	33
<b>4</b>	<b>LE RICERCHE DELLA FONDAZIONE LOMBARDIA PER L'AMBIENTE SUL TERRITORIO DI SEVESO NEL PERIODO 1994-2000</b>	<b>34</b>
<b>5</b>	<b>CONTAMINAZIONE DA DIOSsINE NELL'UNIONE EUROPEA</b>	<b>36</b>
<b>5.1</b>	<b>Livelli di contaminazione da diossine nei suoli dell'Unione Europea</b>	<b>36</b>
<b>5.2</b>	<b>Livelli di contaminazione da diossine nei suoli della zona B di Seveso</b>	<b>38</b>

6	<b>PERCHÉ L'ANALISI DI RISCHIO?</b>	42
6.1	I presupposti normativi	42
6.2	La risposta delle Istituzioni	43
6.3	Le azioni della Fondazione Lombardia per l'Ambiente	44
7	<b>ELABORAZIONI PRELIMINARI SUI DATI DISPONIBILI</b>	46
7.1	Georeferenziazione della popolazione residente nella zona B	46
7.2	Elaborazione geostatistica finalizzata alla mappatura dei dati di contaminazione del suolo	47
8	<b>ANALISI DI RISCHIO</b>	50
9	<b>PROGETTI DI RICERCA DI APPROFONDIMENTO PROPOSTI</b>	54
10	<b>CONCLUSIONI</b>	55
11	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	62
11.1	Bibliografia citata nel testo	62
11.2	Bibliografia consultata e non citata nel testo	64
11.3	Riferimenti normativi	65
	<b>ALLEGATO 1: FATTORI DI TOSSICITÀ EQUIVALENTI</b>	66
	<b>ALLEGATO 2: PROGETTI DI RICERCA DELLA FONDAZIONE LOMBARDIA PER L'AMBIENTE SUL TERRITORIO DI SEVESO NEL PERIODO 1994-2000</b>	68
	<b>ALLEGATO 3: PRIME ELABORAZIONE GRAFICHE E STATISTICHE SUI DATI DI CONTAMINAZIONE RESIDUA DA DIOSSINE NELLA ZONA B DI SEVESO</b>	82
	<b>ALLEGATO 4: DEFINIZIONE DI "ANALISI DI RISCHIO" EX-D.M. 471/1999</b>	100
	<b>ALLEGATO 5: D.D.G. TUTELA AMBIENTALE N. 8350 DEL 31 MARZO 2000</b>	105
	<b>ALLEGATO 6: D.D.G. RISORSE IDRICHE E SERVIZI DI PUBBLICA UTILITÀ N. 2933 DEL 28 FEBBRAIO 2002</b>	109

<b>ALLEGATO 7: GEOREFERENZIAZIONE DELLA POPOLAZIONE RESIDENTE NELLA ZONA B</b>	<b>112</b>
<b>ALLEGATO 8: ELABORAZIONE GEOSTATISTICA FINALIZZATA ALLA MAPPATURA DEI DATI DI CONTAMINAZIONE DEL SUOLO DELLA ZONA B</b>	<b>119</b>
<b>ALLEGATO 9: VALUTAZIONE DI RISCHIO PER LA SALUTE DOVUTO ALLA PRESENZA DI RESIDUI DI 2,3,7,8-TETRACLORO DIBENZO-P- DIOSSINA (TCDD) NEL TERRENO DELLA ZONA B DI SEVESO</b>	<b>124</b>
<b>ALLEGATO 10: PROGETTO DI RICERCA PROPOSTO DAL PROF. BERTAZZI</b>	<b>165</b>
<b>ALLEGATO 11: PROGETTO DI RICERCA PROPOSTO DAL DOTT. DI DOMENICO</b>	<b>169</b>

## 0 EXECUTIVE SUMMARY

### 0.1 Introduzione

La presente sintesi riguarda il rapporto finale del progetto di ricerca "Analisi di rischio relativa alla presenza di diossina residua nella zona B di Seveso" svolto dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente sulla base di un autofinanziamento di circa 13.000 € a supporto delle attività del Gruppo di Lavoro costituito con D.D.G. Tutela Ambientale n. 8350 del 31 marzo 2000 e D.D.G. Risorse Idriche e Servizi di Pubblica Utilità n. 2933 del 28 febbraio 2002 tra Regione Lombardia, Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (ARPA), Azienda Regionale delle Foreste (ARF, ora ERSAF), Comuni di Seveso, Cesano Maderno, Desio e Meda.

L'intero progetto di ricerca è stato condotto dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente che si è avvalsa di un Comitato Scientifico composto da:

- prof. Antonio Ballarin Denti (Fondazione Lombardia per l'Ambiente);
- prof. Pier Alberto Bertazzi (Università degli Studi di Milano);
- dott. Alessandro Di Domenico (Istituto Superiore di Sanità);
- dott. Massimo Donati (Fondazione Lombardia per l'Ambiente), in qualità di presidente;
- prof. Sergio Facchetti (Università degli Studi di Milano);
- dott. Roberto Fanelli (Istituto di Ricerche Farmacologiche "Mario Negri");
- ing. Giuseppe Pastorelli (Fondazione Lombardia per l'Ambiente).

Il progetto è stato coordinato per la Fondazione Lombardia per l'Ambiente dalla dott.ssa Daniela Antoniotti (segreteria tecnico-scientifica) e dall'ing. Giuseppe Pastorelli (responsabile di progetto) sotto la supervisione scientifica del prof. Antonio Ballarin Denti.

Hanno collaborato i seguenti ricercatori:

- dott.ssa Elena Fattore (elaborazione dati di inquinamento del suolo e analisi di rischio);
- dott. Giacomo Gerosa (mappatura geostatistica dei dati di contaminazione del suolo);
- arch. Annamaria Rivolta (realizzazione cartografica);
- ing. Paola Torricelli (elaborazione dati di inquinamento del suolo e georeferenziazione popolazione residente).

## 0.2 Diossine, furani e PCB *dioxin-like*

Policlorodibenzo-*p*-diossine (PCDD), policlorodibenzofurani (PCDF) e policlorobifenili (PCB) sono idrocarburi aromatici alogenati classificati da anni tra i più pericolosi “inquinanti organici persistenti”, diffusamente presenti nell’ambiente e nella catena alimentare.

Le policlorodibenzo-*p*-diossine (PCDD o “diossine”) e i policlorodibenzofurani (PCDF o “furani”) sono due serie di 210 composti aromatici triciclici aventi proprietà chimico-fisiche e tossicologiche simili. Sono composti che non vengono prodotti intenzionalmente, non avendo alcun utilizzo pratico, ma sono il sottoprodotto indesiderato di svariate produzioni chimiche (come nel caso dell’incidente di Seveso) e di processi di combustione naturali e artificiali.

I policlorobifenili (PCB) sono una serie di 209 composti aromatici biciclici costituiti da molecole di bifenile variamente clorate. Si tratta di molecole sintetizzate all’inizio del secolo scorso e prodotte commercialmente fin dal 1930 (fluidi dielettrici per l’utilizzo nei trasformatori elettrici, fluidi di scambio termico, oli lubrificanti, ecc.), sebbene attualmente in buona parte bandite a causa della loro tossicità.

Solo i PCB coplanari presentano caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche paragonabili alle diossine e ai furani: questi vengono definiti PCB *dioxin-like* (cioè simili alle diossine).

Diossine, furani e PCB *dioxin-like* formano pertanto una famiglia di composti tossicologicamente simili. Il più tossico di tutti i congeneri è la 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-*p*-diossina (2,3,7,8-TCDD o TCDD), denominata in gergo semplicemente “diossina”. Si tratta in particolare proprio del congenere fuoriuscito dallo stabilimento ICMESA nel luglio 1976 (motivo per cui spesso viene definita anche “diossina di Seveso”). Ad essa normalmente vengono riferiti gli altri congeneri tossici attraverso opportuni coefficienti di equivalenza.

Viste le generali differenze terminologiche in uso nel settore, convenzionalmente, nell’ambito del presente rapporto, si sono adottate le seguenti terminologie:

- “diossina”: è la 2,3,7,8-TCDD, cioè il congenere conseguente all’incidente di Seveso;
- “diossine”: la sola famiglia delle PCDD ovvero, in modo estensivo, l’insieme delle PCDD, dei PCDF e dei PCB *dioxin-like*, a seconda dei contesti.

### 0.3 Quadro normativo di riferimento

Il tema della bonifica e ripristino ambientale dei siti inquinati è normato a livello nazionale dall'art. 17 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n.22 *"Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e rifiuti di imballaggio"* (cosiddetto Decreto Ronchi) e in particolare dal D.M. (Ambiente) 25 ottobre 1999, n. 471 *"Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'art. 17 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni"*, che ha attuato il comma 1 dello stesso art. 17 del D.Lgs. 22/1997.

L'insieme delle suddette normative delinea un quadro normativo certo di:

- individuazione dei siti inquinati o potenzialmente inquinati e loro caratterizzazione;
- individuazione dei soggetti responsabili degli interventi di messa in sicurezza d'emergenza, di bonifica, di bonifica con misure di sicurezza, di messa in sicurezza permanente e di ripristino ambientale;
- definizione delle modalità di progettazione, approvazione ed effettuazione degli interventi di bonifica e ripristino ambientale e di messa in sicurezza permanente.

Con riferimento alle diossine e ai furani, espressi come sommatoria delle PCDD e dei PCDF in termini di I-TEQ, i valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e nel sottosuolo sono pari a 10 ngI-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup> per i siti a destinazione d'uso verde pubblico, verde privato e residenziale e a 100 ngI-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup> per i siti a destinazione d'uso commerciale ed industriale.

Da quanto è dato sapere, dei cinque Paesi Membri dell'Unione Europea che hanno stabilito criteri di qualità dei suoli in relazione alla loro specifica destinazione d'uso (Finlandia, Germania, Italia, Paesi Bassi e Svezia), solo l'Italia ha adottato tali criteri in forma vincolante per legge. Gli altri paesi hanno adottato esclusivamente linee guida. I valori di concentrazione limite in vigore in Italia sono peraltro i più restrittivi in assoluto e sono paragonabili solo alle linee guida svedesi per quanto riguarda gli usi sensibili (verde pubblico, privato e residenziale).

#### 0.4 Le ricerche della Fondazione Lombardia per l'Ambiente sul territorio di Seveso nel periodo 1994-2000

La Fondazione Lombardia per l'Ambiente annovera tra i propri specifici impegni statutari il monitoraggio del territorio di Seveso e di quelle zone che furono interessate dall'incidente del 1976 agli impianti dell'ICMESA. Essa ha pertanto finanziato, fin dalla sua costituzione, specifiche ricerche sullo stato della contaminazione ambientale residua dell'area di Seveso, nonché attività di ricerca attinenti gli effetti dell'esposizione alla diossina sugli ecosistemi e sull'uomo.

I nove progetti di ricerca condotti nel periodo 1994-2000 (per un *budget* complessivo di 2.607 ML) sono i seguenti:

- “Studio dell'influenza della TCDD sulla modificazione del rapporto fra i sessi (*ex ratio*)”;
- “Epidemiologia molecolare degli effetti dell'esposizione a TCDD nell'area di Seveso”;
- “Valutazione della presenza attuale di 2,3,7,8-TCDD in prodotti alimentari dell'area di Seveso”;
- “Valutazione degli effetti della diossina (TCDD) sul sistema riproduttivo della fauna murina in zona B ed R di Seveso; analisi del rapporto sessi in spermatozoi da topolini trattati con TCDD; analisi della relazione dose-effetto in *Musca domestica*”;
- “Valutazione della presenza attuale di 2,3,7,8 TCDD nell'atmosfera dell'area interessata dall'incidente ICMESA”;
- “Campionamento analitico della 2,3,7,8-TCDD in campioni del suolo e in organismi indicatori vegetali e animali delle zone B ed R di Seveso e comuni limitrofi”;
- “Monitoraggio degli aspetti bio-naturalistici degli ecosistemi vegetali e animali del Bosco delle Querce di Seveso e Meda e aree limitrofe”;
- “Campionamento analitico della 2,3,7,8-TCDD residua in campioni di suolo, organismi indicatori vegetali e animali delle zone B ed R di Seveso e comuni limitrofi”;
- “Specie e ricchezza specifica della fauna del Bosco delle Querce; rischio biologico nella zona B”.



## 0.5 Contaminazione da diossine nell'Unione Europea

Una recente rassegna di livelli di contaminazione ambientale da diossine nei diversi Paesi Membri dell'Unione Europea commissionata dalla DG Ambiente della Commissione Europea e dal Ministero dell'Ambiente britannico alla società di consulenza AEA Technology plc ha permesso di ottenere un esaustivo quadro comparativo dei livelli di contaminazione da diossine nei suoli di diverse aree dell'Unione Europea.

I numerosi dati di contaminazione residua da diossina nella zona B di Seveso raccolti dall'Environment Institute del JRC di Ispra (VA) nel periodo 1997-1999 hanno consentito l'effettuazione di una prima serie di elaborazioni grafiche e statistiche utili per effettuare considerazioni tecniche di confronto con i limiti di cui al D.M. 471/1999 e con i valori tipici di contaminazione riscontrati nei suoli dell'Unione Europea.

I dati disponibili per la zona B mostrano il quasi uniforme superamento del valore limite di 10 ngI-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup> e lo sporadico superamento del valore limite 100 ngI-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup>. A norma di legge la zona B è un sito inquinato (con riferimento alle destinazioni d'uso sia verde pubblico, verde privato e residenziale che commerciale ed industriale) anche se i valori di contaminazione sono paragonabili a quelli presenti in altri suoli comunitari non classificati come siti inquinati.

## 0.6 Perché l'analisi di rischio?

Dal momento che le più recenti indagini effettuate sull'area di Seveso hanno mostrato che, seppur negli strati superficiali del suolo, la concentrazione di diossina equivalente è nella maggior parte dei punti della zona B superiore al limite di 10 ngI-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup>, si deve concludere che tali aree devono essere classificate quali "siti inquinati" ai fini del D.M. 471/1999 e non potrebbero mantenere l'attuale destinazione d'uso, se non successivamente ad interventi di *messa in sicurezza d'emergenza*, di *bonifica e ripristino ambientale* per ridurre le concentrazioni delle sostanze inquinanti a valori di concentrazione non superiori ai valori di concentrazione limite accettabili.

Qualora fosse possibile dimostrare che i valori di concentrazione limite accettabili non possono essere raggiunti nonostante l'applicazione, secondo i principi della normativa comunitaria, delle migliori tecnologie disponibili a costi sopportabili, il Comune o, se l'intervento riguarda un'area compresa nel territorio di più comuni, la Regione, può autorizzare interventi di *bonifica e ripristino ambientale con misure di sicurezza*, che garantiscano, comunque, la tutela ambientale e sanitaria anche se i valori di concentrazione residui previsti nel sito risultano superiori ai limiti tabellari.

Tali valori di concentrazione residui sono determinati in base ad una metodologia di analisi di rischio riconosciuta a livello internazionale.

Il provvedimento che approva il progetto ed autorizza gli interventi di bonifica e ripristino ambientale deve stabilire le *misure di sicurezza* ed i piani di monitoraggio e controllo necessari ad impedire danni derivanti dall'inquinamento residuo e può fissare limitazioni temporanee o permanenti o particolari modalità per l'utilizzo dell'area. Tali prescrizioni possono comportare variazioni degli strumenti urbanistici e dei piani territoriali che si rendano necessarie per garantire l'attuazione delle misure di sicurezza e delle limitazioni o modalità d'uso del sito, ferma restando la destinazione d'uso.

La Regione Lombardia ha pertanto inteso promuovere uno studio scientifico di analisi di rischio inteso ad individuare idonei interventi di bonifica e/o di ripristino ambientale con misure di sicurezza ed ha costituito con D.D.G. Tutela Ambientale n. 8350 del 31 marzo 2000 uno specifico Gruppo di Lavoro (GdL) tra Regione Lombardia, Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (ARPA) e Azienda Regionale delle Foreste (ARF, ora ERSAF), successivamente esteso con D.D.G. Risorse Idriche e Servizi di Pubblica Utilità n. 2933 del 28 febbraio 2002 ai rappresentanti dei comuni di Seveso, Cesano Maderno, Desio e Meda.

La Fondazione Lombardia per l'Ambiente è stata incaricata di occuparsi del coordinamento organizzativo del GdL e della sua segreteria tecnico-scientifica.

La Fondazione Lombardia per l'Ambiente ha costituito un apposito Comitato Scientifico con la finalità di condurre l'analisi di rischio. Tale Comitato si è riunito 9 volte e ha prodotto i risultati descritti in sintesi nei § 0.7-0.9.

## **0.7 Elaborazioni preliminari sui dati disponibili**

La prima elaborazione preliminare condotta dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente su indicazione del Comitato Scientifico ha riguardato la georeferenziazione della popolazione residente nella zona B con riferimento ai comuni di Seveso, Cesano Maderno e Desio. Ciò ha avuto lo scopo di correlare le concentrazioni di diossine rilevate in funzione della densità abitativa.

L'area maggiormente estesa e con maggiore densità abitativa è associabile al comune di Cesano Maderno, mentre l'area con le maggiori concentrazioni di diossine è associabile al comune di Seveso. Il rapporto TCDD/I-TEQ è in media sempre superiore a 0,85, confermando il fondamentale ruolo ancora svolto dalla 2,3,7,8-TCDD propria dell'incidente di Seveso rispetto alle altre diossine di fonte differente.

La seconda elaborazione preliminare condotta dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente, sempre su indicazione del Comitato Scientifico, ha riguardato l'elaborazione geostatistica finalizzata alla mappatura dei dati di contaminazione del suolo. Ciò ha avuto lo scopo di rappresentare in modo continuo l'andamento delle concentrazioni di diossine a partire da un dato di tipo puntuale, seppur distribuito sul territorio con una certa uniformità.

I risultati mostrano un andamento delle concentrazioni di tipo sferico con anisotropia più o meno pronunciata nella direzione NW-SE.

## **0.8 Analisi di rischio**

La più importante attività condotta dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente su indicazione del Comitato Scientifico nell'ambito del progetto è la vera e propria analisi di rischio le cui ipotesi di base e i principali risultati sono riassunti nel § 0.10.

## **0.9 Progetti di ricerca di approfondimento proposti**

Nell'ambito del progetto di ricerca sono stati proposti due ulteriori progetti di ricerca di approfondimento che potrebbero essere finanziati per affinare il livello di dettaglio dell'analisi di rischio:

- “Indagine a lungo termine della mortalità e della incidenza dei tumori nella popolazione esposta – Indagine sul meccanismo d'azione della TCDD (possibili fattori di suscettibilità individuale geneticamente determinati)” proposto dal prof. Pier Alberto Bertazzi;
- “Analisi in componenti principali (PCA) dei risultati dei campionamenti” proposto dal dott. Alessandro Di Domenico.

## 0.10 Conclusioni

Il progetto di ricerca “Analisi di rischio relativa alla presenza di diossina residua nella zona B di Seveso” illustrato nel rapporto ha permesso di stimare la maggiore esposizione alle diossine cui sono soggetti i residenti della zona B rispetto a soggetti residenti altrove, in particolare in aree non inquinate ai sensi della normativa vigente (D.M. 471/1999), in funzione non solo del luogo specifico di residenza (e cioè della concentrazione di diossine cui sono soggetti) ma anche degli stili di vita (attività lavorativa, base della dieta, ecc.).

In particolare sono stati individuati tre scenari di esposizione (due relativi a soggetti residenti nella zona B e uno di riferimento):

- “*Scenario centrale zona B*”: scenario che rappresenta la situazione di esposizione media della popolazione residente nella zona B (concentrazione di diossine pari al 50%le dei valori misurati nello strato superficiale del terreno e riferiti all’unità di matrice secca dello stesso:  $30,6 \text{ ngWHO-TEQ (kgSS)}^{-1}$ ). In questo scenario si è considerato che i residenti svolgano limitate attività a rischio (giardinaggio e coltivazione di alcuni prodotti vegetali che entrano a far parte stabilmente della loro dieta);
- “*Scenario estremo zona B*”: scenario di esposizione a cui potrebbe essere riconducibile la parte più a rischio della popolazione residente nella zona B (concentrazione di diossine pari al 95%le dei valori misurati:  $107,4 \text{ ngWHO-TEQ (kgSS)}^{-1}$ ). In questo scenario si è considerato che i residenti svolgano significative attività a rischio (coltivazione diretta di prodotti vegetali e allevamento di animali da cortile che entrano a far parte stabilmente della loro dieta);

- “Scenario centrale di riferimento”: scenario che rappresenta la situazione di esposizione media della popolazione generale residente in aree comparabili con la zona B ma non coinvolte dall’incidente (concentrazione di diossine pari al limite di legge<sup>1</sup>: 10 ngWHO-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup>). Questo scenario di riferimento permette di confrontare l’esposizione della popolazione residente nella zona B con quella “di fondo” alla quale è esposta la popolazione generale<sup>2</sup>.

I suddetti scenari sono da ritenersi credibili, sebbene siano comunque teorici, e si basano su ragionevoli ipotesi finalizzate a caratterizzare diverse tipologie e livelli di rischio ritenuti sufficienti per una significativa comparazione e valutazione critica finale. Essi richiedono pertanto un’accurata evidenza sperimentale per rendere possibile la più corretta interpretazione dei risultati (ciò riguarda in particolar modo lo “Scenario estremo zona B” che ipotizza comportamenti a rischio che potrebbero non trovare oggettivo riscontro nella realtà).

Le vie di esposizione prese in considerazione sono state le seguenti:

- ingestione di particelle di suolo inquinato;
- contatto dermico con particelle di suolo inquinato;
- inalazione;
- ingestione d’acqua;
- ingestione di prodotti alimentari di provenienza esterna (carne, pesce, latte e prodotti derivati, uova, frutta e verdura, cereali e derivati);
- ingestione di prodotti alimentari provenienti direttamente dalla zona B (solo vegetali o vegetali, polli e uova, a seconda degli scenari).

---

<sup>1</sup> Si è considerato il valore di diossina equivalente al valore limite ammissibile per aree a destinazione d’uso verde pubblico, privato e residenziale di cui al D.M. (Ambiente) 471/1999 perché esso è il massimo valore al quale si può ancora associare la libera fruizione del suolo (cioè priva di limitazioni e di condizionamenti connessi alla tutela sanitaria).

<sup>2</sup> Il valore assunto non costituisce un vero e proprio valore di “fondo”, ma solo il massimo valore di fondo ammissibile per legge, e si giustifica con la grande variabilità dei livelli di presenza delle diossine dalle aree più remote (ordine di grandezza dell’unità di ngWHO-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup>) ai suoli urbani ed industriali (ordine di grandezza della decina di ngWHO-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup>).

È stata considerata una durata complessiva dell'esposizione pari a 70 anni. In particolare per le vie di esposizione legate alla situazione di inquinamento specifico del suolo della zona B (contatto dermico, ingestione di suolo inquinato e di prodotti di derivazione locale) questo periodo di esposizione è stato suddiviso in due sottoperiodi:

- il primo di durata 30 anni, durante i quali si assume un'esposizione a livelli di diossine pari a quelli misurati nella zona B;
- il secondo di durata 40 anni, durante i quali si assume un'esposizione a livelli di diossine pari a quelli dello scenario centrale di riferimento (cioè a quelli che dovrebbero rappresentare i livelli di fondo).

I valori di esposizione stimati per i tre scenari sono i seguenti:

- “Scenario centrale zona B”:  $10 \text{ pgWHO-TEQ (kg peso corporeo)}^{-1} \text{ settimana}^{-1}$ ;
- “Scenario estremo zona B”:  $16\text{-}29^3 \text{ pgWHO-TEQ (kg peso corporeo)}^{-1} \text{ settimana}^{-1}$ ;
- “Scenario centrale di riferimento”:  $9 \text{ pgWHO-TEQ (kg peso corporeo)}^{-1} \text{ settimana}^{-1}$ .

I valori relativi allo “Scenario centrale di riferimento” e allo “Scenario centrale zona B” si mantengono inferiori alla dose tollerabile settimanale (*Tolerable Weekly Intake*, TWI) stabilita dallo *Scientific Committee on Food* (SCF) della Commissione Europea nel maggio 2001 pari a  $14 \text{ pgWHO-TEQ (kg peso corporeo)}^{-1} \text{ settimana}^{-1}$ , mentre il valore relativo allo “Scenario estremo zona B” è superiore alla suddetta TWI. Ciò non implica necessariamente un rischio per la salute, ma piuttosto che non è rispettato il margine di sicurezza per il verificarsi dei più sensibili effetti avversi dovuti alle diossine (a carico soprattutto del sistema riproduttivo, come osservato negli animali da esperimento) assunto pari a 10.

La TWI è stata infatti stabilita considerando un valore circa 10 volte inferiore a quello che si è dimostrato essere sufficiente per indurre il più sensibile effetto avverso su organismi campione. Tale fattore di incertezza (o margine di sicurezza), inferiore di un ordine di grandezza rispetto a quanto assunto per altre molecole, si giustifica in ragione della sola diversificazione delle risposte biologiche intraspecie (cioè tra soggetti diversi della stessa specie), per le quali l'IPCS (*International Programme on Chemical Safety*) ha suggerito nel 1994 un fattore di incertezza 3,2, e dell'uso dei LOAEL (*Lowest Observed Adverse Effect*

<sup>3</sup> In funzione dell'incidenza del consumo di prodotti locali (in particolare, polli e uova).

Level) in luogo dei NOAEL (*No Observed Adverse Effect Level*)<sup>4</sup>, per il quale lo SCF ha adottato un fattore di incertezza 3,0. Le differenti risposte interspecie (cioè tra specie diverse) sono automaticamente compensate dall'approccio modellistico adottato basato sulla definizione di *body burden*<sup>5</sup> e sulla riconosciuta paragonabile sensibilità recettoriale. Il fattore di incertezza 10 si ottiene pertanto come prodotto dei due suddetti fattori  $3,2 \times 3,0 = 9,6 \sim 10$ .

È bene inoltre tener presente che la definizione della dose tollerabile ha subito negli ultimi anni, e potrà continuare a subire nei prossimi anni, delle modifiche dovute ai progressi nel campo della ricerca scientifica sugli effetti delle diossine sulla salute.

In particolare l'Organizzazione Mondiale della Sanità (*World Health Organization*, WHO) nel maggio 1998 ha stabilito una dose tollerabile giornaliera (*Tolerable Daily Intake*, TDI) di 1-4 pgWHO-TEQ (kg peso corporeo)<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, dove l'estremo superiore viene considerata la massima assunzione tollerabile per un periodo transitorio, mentre tutte le azioni e le politiche di riduzione dell'esposizione devono condurre ad un obiettivo finale di 1 pgWHO-TEQ (kg peso corporeo)<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

Lo SCF della Commissione Europea, dopo un'accurata analisi della bibliografia disponibile, nel novembre 2000 ha adottato una TWI temporanea di 7 pgWHO-TEQ (kg peso corporeo)<sup>-1</sup> settimana<sup>-1</sup> che nel maggio 2001 è stata rivista definitivamente a 14 pgWHO-TEQ (kg peso corporeo)<sup>-1</sup> settimana<sup>-1</sup>, cioè 2 pgWHO-TEQ (kg peso corporeo)<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, in conseguenza della disponibilità di nuovi dati sperimentali.

---

<sup>4</sup> I LOAEL sono i più bassi livelli di assunzione per i quali si osservano effetti avversi, i NOAEL sono i livelli di assunzione per i quali non si osservano effetti avversi. Ne consegue che  $\text{NOAEL} < \text{LOAEL}$ . Dal momento che per i più sensibili effetti avversi si dispone di LOAEL e non di NOAEL e dovendo la definizione di "dose tollerabile" basarsi sui NOAEL, risulta pertanto necessario introdurre un fattore di incertezza pari al prevedibile rapporto  $\text{LOAEL}/\text{NOAEL} > 1$ .

<sup>5</sup> Il *body burden* (espresso in ngWHO-TEQ (kg peso corporeo)<sup>-1</sup>) rappresenta l'ammontare di diossina immagazzinata nel corpo in un definito periodo di tempo come risultato di una esposizione di breve o lungo periodo. Esso rappresenta una importante misura della dose dal momento che gli effetti tossici della diossina, infatti, a differenza di quelli dovuti ad altri composti, risultano relativamente indipendenti dal fatto che l'assunzione sia cronica (basse dosi prolungate nel tempo) o acuta (singole dosi elevate). La ragione di questo è che la diossina, in qualità di inquinante persistente, si accumula nell'organismo e gli effetti tossici che determina sembrano dipendere non tanto dai livelli di esposizione giornaliera quanto dai livelli di concentrazione che questi composti raggiungono nei tessuti.

Ancora più recentemente, nel giugno 2001 il *Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives* ha stabilito una dose tollerabile mensile provvisoria (*Provisional Tolerable Monthly Intake*, PTMI) di 70 pgWHO-TEQ (kg peso corporeo)<sup>-1</sup> mese<sup>-1</sup>, cioè circa 2,3 pgWHO-TEQ (kg peso corporeo)<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.

Lo SCF della Commissione Europea, sulla base di valori medi su base europea di esposizione alle diossine attraverso la dieta di 0,4-1,5 pgI-TEQ (kg peso corporeo)<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> sotto forma di diossine e furani e di 0,8-1,5 pgWHO-TEQ (kg peso corporeo)<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup> sotto forma di PCB *dioxin-like*, cioè complessivamente 1,2-3,0 pgWHO-TEQ (kg peso corporeo)<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>, ritiene quindi che una considerevole frazione della popolazione europea si posizioni al di sopra della dose tollerabile solo a causa dell'esposizione alimentare, indipendentemente dalle altre vie di esposizione connesse all'inquinamento ambientale locale.

Premesso che l'analisi di rischio è stata condotta attraverso modelli la cui validità è ampiamente riconosciuta in ambito scientifico e sui quali si è manifestato pieno accordo nell'ambito del Comitato Scientifico, le principali considerazioni che derivano dallo studio condotto e che si ritiene possano essere prese in considerazione dalle Autorità competenti (Regione Lombardia, *in primis*, ed in subordine Comuni di Cesano Maderno, Desio e Seveso) per le necessarie azioni di tutela (le cosiddette *misure di sicurezza*) sono le seguenti:

1. La valutazione deve ritenersi preliminare dal momento che:
  - o i modelli utilizzati si basano su parametri che solo di rado è stato possibile adattare al caso specifico di Seveso: in mancanza di dati specifici si è fatto spesso ricorso a parametri di letteratura che richiederebbero conferme sperimentali sul sito;
  - o tutti i valori di diossina equivalenti utilizzati (riferiti allo schema WHO-TEQ) prescindono dalla presenza di PCB *dioxin-like*<sup>6</sup>: ciò costituisce un limite della

---

<sup>6</sup> Tutti i dati sperimentali (come i risultati delle campagne analitiche condotte dal JRC di Ispra nel periodo 1997-1999) o di letteratura (come la concentrazione di diossina nella dieta) non tengono ancora conto dei PCB *dioxin-like* solo recentemente introdotti nella definizione di diossina equivalente (secondo lo schema WHO-TEQ). Per quanto riguarda l'esposizione alla diossina, sotto forma di PCB, con la dieta, essa è dell'ordine di grandezza di 1 pgWHO-TEQ (kg peso corporeo)<sup>-1</sup> d<sup>-1</sup>.



valutazione dal momento che il termine di riferimento, cioè la dose tollerabile, include anche i PCB *dioxin-like*<sup>7</sup>;

2. con riferimento ai risultati dello studio, non esistono sostanziali differenze di esposizione complessiva alle diossine da parte di soggetti identificabili nello "Scenario centrale zona B" (il residente medio della zona B) e nello "Scenario centrale di riferimento" (il residente medio di un'area esterna alla zona B, non coinvolta nell'incidente, ma comunque omogenea per presenza industriale, abitudini e dieta con l'area di Seveso);
3. il punto 2 può essere spiegato considerando il considerevole effetto giocato dalla dieta generale (cioè non connessa all'ingestione di prodotti alimentari coltivati o allevati direttamente nella zona B) sull'esposizione complessiva, pari al 95% dell'esposizione complessiva per lo "Scenario centrale di riferimento";
4. si registra un incremento tangibile di esposizione alle diossine tra un soggetto identificabile nello "Scenario centrale zona B" (il residente medio della zona B) ed un soggetto identificabile nello "Scenario estremo zona B" (un residente della zona B "a rischio"), con il superamento per quest'ultimo della TWI;
5. il punto 4 può essere spiegato considerando l'incremento di esposizione del soggetto identificabile nello "Scenario estremo zona B" dovuto alle maggiori concentrazioni di inquinanti, all'attività lavorativa più a contatto con il suolo inquinato e allo stile alimentare maggiormente basato sull'assunzione di prodotti locali rispetto al soggetto identificabile nello "Scenario centrale zona B";
6. la maggiore esposizione del soggetto identificabile nello "Scenario estremo zona B", connessa ad un caso volutamente estremo (un *worst case* in cui sono stati combinati più aspetti negativi), quand'anche improbabile, può essere comunque una situazione di riferimento per orientare le decisioni delle Autorità competenti; resta il fatto che nell'ambito della ricerca non è stato possibile appurare quanto tale *worst case* sia riscontrabile nella realtà e quindi se debba essere considerato o meno a tutti gli effetti un caso cautelativo;

---

<sup>7</sup> È ragionevole ritenere che se si tenesse conto anche solo del contributo dato dai PCB *dioxin-like* dovuto alla dieta (vedi nota 6) tutti e tre gli scenari dell'analisi di rischio, anche il cosiddetto "Scenario centrale di riferimento", condurrebbero a valori di esposizione superiori alla TWI, confermando alcune delle conclusioni dell'SCF della Commissione Europea allorché ritiene che una considerevole frazione della popolazione europea si posizioni al di sopra della dose tollerabile.

7. L'insieme degli elementi raccolti e dei commenti già effettuati portano a due conclusioni fondamentali:
- o anche alla luce delle recenti determinazioni comunitarie sulla TWI in precedenza documentate, l'esposizione alle diossine dovuta alla dieta è di cruciale importanza e ha una rilevanza tutt'altro che trascurabile anche nella popolazione generale, cioè esterna alla zona B e all'area di Seveso;
  - o si suggerisce di adottare opportune cautele al consumo di prodotti alimentari provenienti direttamente dalla zona B, con particolare riguardo ai prodotti animali in generale<sup>8</sup> nonché a taluni particolari prodotti vegetali<sup>9</sup>.

Salva restando la validità delle risultanze descritte, una più accurata quantificazione dell'esposizione potrà ottenersi mediante le seguenti attività di ricerca di dettaglio:

- estensione degli inventari di contaminazione di suolo, aria, acqua e prodotti alimentari ai PCB *dioxin-like*;
- verifica sperimentale degli scenari di rischio adottati (in particolare il cosiddetto "Scenario estremo zona B") e dei parametri di letteratura talora usati nella stima dell'esposizione in assenza di dati locali a supporto;
- indagine a lungo termine della mortalità e della incidenza dei tumori nella popolazione esposta alla TCDD;
- indagine sul meccanismo d'azione della TCDD, in particolare sui possibili fattori di suscettibilità individuale geneticamente determinati;
- analisi in componenti principali (PCA) dei risultati dei campionamenti del suolo per costruire mappe più fedeli di rischio ambientale rispetto a quelle basate sui dati tali e quali (valide solo puntualmente).

---

<sup>8</sup> È ampiamente riconosciuta la caratteristica della diossina di bioaccumularsi nei grassi animali.

<sup>9</sup> Ad esempio i prodotti vegetali appartenenti alla famiglia delle cucurbitacee (cocomero, cetriolo, melone, zucca, zuccarina) che hanno dimostrato significative capacità di bioaccumulo della diossina.

## 1 CONTENUTI DEL RAPPORTO

Il presente documento è il rapporto finale del progetto di ricerca "Analisi di rischio relativa alla presenza di diossina residua nella zona B di Seveso" svolto dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente sulla base di un autofinanziamento di circa 13.000 € a supporto delle attività del Gruppo di Lavoro costituito con D.D.G. Tutela Ambientale n. 8350 del 31 marzo 2000 e D.D.G. Risorse Idriche e Servizi di Pubblica Utilità n. 2933 del 28 febbraio 2002 tra Regione Lombardia, Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (ARPA), Azienda Regionale delle Foreste (ARF, ora ERSAF), Comuni di Seveso, Cesano Maderno, Desio e Meda.

Nel § 2 si riportano definizioni e caratteristiche fondamentali dell'insieme di composti chimici clorurati che prendono il nome di "diossine". In particolare nell'Allegato 1 viene fornita la definizione dei cosiddetti "fattori di tossicità equivalente".

Nel § 3 si riporta il quadro normativo di riferimento relativo alla presenza di diossine nei suoli con particolare riguardo alla situazione nazionale ed internazionale.

Nel § 4 e nell'Allegato 2 si illustrano schematicamente le precedenti ricerche condotte dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente sul territorio di Seveso nel periodo 1994-2000.

Nel § 5 si riportano informazioni sui livelli di contaminazione da diossine nei suoli dell'Unione Europea e si presenta un confronto con i valori della zona B di Seveso (per questi ultimi vedi Allegato 3).

Nel § 6 si illustrano le motivazioni che hanno giustificato l'effettuazione dell'analisi di rischio relativamente alla zona B di Seveso secondo la metodologia indicata nel D.M. 471/1999 (vedi Allegato 4) e si descrivono le azioni conseguentemente intraprese dalla Regione Lombardia (vedi Allegati 5 e 6) e dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente.

Nel § 7 si presentano le elaborazioni preliminari condotte sui dati di contaminazione disponibili (georeferenziazione della popolazione residente nella zona di B ed elaborazione geostatistica finalizzata alla mappatura dei dati di contaminazione del suolo, vedi Allegati 7 e 8).

Il § 8 riporta i risultati dell'analisi di rischio condotta sulla base dei dati esistenti compiutamente documentata nell'Allegato 9.

Nel § 9 e negli Allegati 10 e 11 si illustrano due progetti di ricerca di approfondimento che potrebbero essere finanziati per affinare il livello di dettaglio dell'analisi di rischio.

Il § 10 concerne le conclusioni dello studio e le prospettive di sviluppo dello stesso.

Il § 11 concerne la bibliografia citata nel rapporto o semplicemente consultata in fase di stesura dello stesso.

L'intero progetto di ricerca è stato condotto dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente che si è avvalsa di un Comitato Scientifico composto da:

- prof. Antonio Ballarin Denti (Fondazione Lombardia per l'Ambiente);
- prof. Pier Alberto Bertazzi (Università degli Studi di Milano);
- dott. Alessandro Di Domenico (Istituto Superiore di Sanità);
- dott. Massimo Donati (Fondazione Lombardia per l'Ambiente), in qualità di presidente;
- prof. Sergio Facchetti (Università degli Studi di Milano);
- dott. Roberto Fanelli (Istituto di Ricerche Farmacologiche "Mario Negri");
- ing. Giuseppe Pastorelli (Fondazione Lombardia per l'Ambiente).

Il progetto è stato coordinato per la Fondazione Lombardia per l'Ambiente dalla dott.ssa Daniela Antoniotti (segreteria tecnico-scientifica) e dall'ing. Giuseppe Pastorelli (responsabile di progetto) sotto la supervisione scientifica del prof. Antonio Ballarin Denti.

La georeferenziazione della popolazione residente è stata curata dall'ing. Paola Torricelli.

L'elaborazione geostatistica finalizzata alla mappatura dei dati di contaminazione del suolo è stata condotta dal dott. Giacomo Gerosa.

Le elaborazioni grafiche dei dati georeferenzabili sono state condotte dall'arch. Annamaria Rivolta.

Lo sviluppo analitico dell'analisi di rischio è stato curato dalla dott.ssa Elena Fattore.

La redazione e l'*editing* finale del presente rapporto sono stati curati dall'ing. Giuseppe Pastorelli.

La raccolta della documentazione allegata è stata curata dalla dott.ssa Daniela Antoniotti.

La bozza finale del presente rapporto è stata approvata con revisioni dal Comitato Scientifico nella riunione finale del 28 marzo 2003.

## 2      DIOSSINE, FURANI E PCB *DIOXIN-LIKE*

Policlorodibenzo-*p*-diossine (PCDD), policlorodibenzofurani (PCDF) e policlorobifenili (PCB) sono idrocarburi aromatici alogenati classificati da anni tra i più pericolosi "inquinanti organici persistenti" (POPs, *persistent organic pollutants*).

La loro presenza è ormai ubiquitaria sull'intera superficie terrestre anche se le maggiori concentrazioni si registrano in corrispondenza delle aree più industrializzate.

La diffusa presenza nell'ambiente, la persistenza (cioè la scarsa o nulla biodegradabilità) e le loro caratteristiche chimico-fisiche ne hanno favorito l'accumulo nella catena alimentare.

Le policlorodibenzo-*p*-diossine (PCDD, comunemente note come "diossine") e i policlorodibenzofurani (PCDF, comunemente noti come "furani") sono due serie di 210 composti aromatici tricyclici aventi proprietà chimico-fisiche e tossicologiche simili. Entrambe le classi sono costituite da due anelli benzenici connessi da un terzo anello ossigenato: nel caso delle diossine gli anelli benzenici sono connessi da due atomi di ossigeno, nel caso dei furani la connessione è garantita da un solo atomo di ossigeno (vedi Fig. 2.1).

L'anello ossigenato determina la caratteristica planarità delle molecole di PCDD e PCDF.

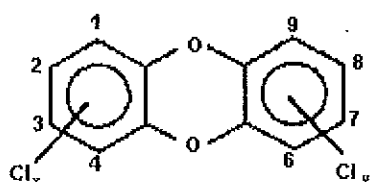
In funzione del numero di sostituzioni con atomi di cloro ( $n$  da 1 a 8) e della posizione delle suddette sostituzioni, si hanno 210 congeneri (vedi Tab. 2.1): 75 per le diossine (formula bruta  $C_{12}H_{8-n}Cl_nO_2$ ) e 135 per i furani (formula bruta  $C_{12}H_{8-n}Cl_nO$ ). Il maggior numero di furani rispetto alle diossine si deve alla loro struttura non simmetrica.

Diossine e furani sono composti che non vengono prodotti intenzionalmente, non avendo alcun utilizzo pratico; essi sono il sottoprodotto indesiderato di svariate produzioni chimiche (come nel caso dell'incidente di Seveso) e di processi di combustione naturali e artificiali.

I policlorobifenili (PCB) sono una serie di 209 composti aromatici biciclici costituiti da molecole di bifenile variamente clorate (vedi Fig. 2.1). Si tratta di molecole sintetizzate all'inizio del secolo scorso e prodotte commercialmente fin dal 1930, sebbene attualmente in buona parte bandite a causa della loro tossicità. Almeno 130 dei 209 PCB hanno avuto un'applicazione industriale (fluidi dielettrici per l'utilizzo nei trasformatori elettrici, fluidi di scambio termico, oli lubrificanti, ecc.) che ne ha determinato la produzione in grandi quantità.

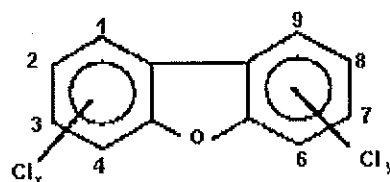
Tab. 2.1 – Numero di possibili congeneri di PCDD, PCDF e PCB (U.S. EPA, 2000a).

Atomi di Cl	policlorodibenzo- <i>p</i> -diossine PCDD (C <sub>12</sub> H <sub>8-n</sub> Cl <sub>n</sub> O <sub>2</sub> )	policlorodibenzofurani PCDF (C <sub>12</sub> H <sub>8-n</sub> Cl <sub>n</sub> O)	policlorobifenili PCB (C <sub>12</sub> H <sub>10-n</sub> Cl <sub>n</sub> )
1	2	4	3
2	10	16	12
3	14	28	24
4	22	38	42
5	14	28	46
6	10	16	42
7	2	4	24
8	1	1	12
9	-	-	3
10	-	-	1
<b>TOTALE</b>	<b>75</b>	<b>135</b>	<b>209</b>



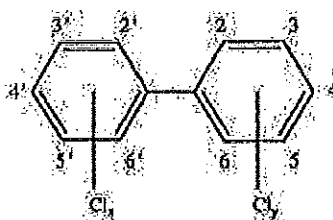
PCDD (C<sub>12</sub>H<sub>8-n</sub>Cl<sub>n</sub>O<sub>2</sub>)

$$[1 = x + y = n = 8 ; 1 = x = 4 ; 1 = y = 4]$$



PCDF (C<sub>12</sub>H<sub>8-n</sub>Cl<sub>n</sub>O)

$$[1 = x + y = n = 8 ; 1 = x = 4 ; 1 = y = 4]$$



PCB (C<sub>12</sub>H<sub>10-n</sub>Cl<sub>n</sub>)

$$[1 = x + y = n = 10 ; 1 = x = 5 ; 1 = y = 5]$$

Tab. 2.1 – Formula strutturale dei possibili congeneri di PCDD, PCDF e PCB (IPCS, 1989, U.S. EPA, 2000a).

In funzione del numero di sostituzioni con atomi di cloro ( $n$  da 1 a 10) e della posizione delle suddette sostituzioni, si hanno 209 congeneri (vedi Tab. 2.1) la cui formula bruta è  $C_{12}H_{10-n}Cl_n$ . I PCB hanno caratteristiche chimiche e fisiche differenziate in funzione proprio del numero e posizione degli atomi di cloro.

L'assenza di un anello ossigenato conferisce libertà rotazionale alle molecole. La planarità delle molecole appare in genere limitata ai PCB che presentano clorurazioni in posizione *orto* (2,2',6,6') e comunque tale occorrenza è maggiore quanto minore è il numero di sostituzioni. In tal caso si parla di PCB coplanari (IPCS, 1993).

In particolare i PCB assumono una struttura cosiddetta *dioxin-like* (cioè simile alle diossine) e hanno caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche simili alle diossine quando intervengono le seguenti condizioni (U.S. EPA, 2000a):

- non più di una sostituzione in posizione *orto* (2,2',6,6');
- almeno due sostituzioni in posizione *meta* (3,3',5,5');
- entrambe le sostituzioni in posizione *para* (4,4');
- configurazione planare.

Diossine, furani e PCB *dioxin-like* formano una famiglia di composti tossicologicamente simili.

Il più tossico e più studiato di tutti i congeneri è la 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-*p*-diossina (2,3,7,8-TCDD), usualmente rappresentata con l'acronimo TCDD e denominata in gergo semplicemente "diossina". Si tratta in particolare proprio del congenere fuoriuscito dallo stabilimento ICMESA nel luglio 1976 (motivo per cui spesso viene definita anche "diossina di Seveso").

Proprio a causa della sua elevata tossicità, normalmente gli altri congeneri tossici (6 diossine, 10 furani e 12 PCB *dioxin-like*) vengono ad essa riferiti attraverso dei coefficienti di equivalenza (TEQ, *toxicity equivalent*) definiti in accordo con schemi convenzionali (TEF, *toxicity equivalence factor*) che hanno subito variazioni nel tempo a causa dei progressi compiuti dalla ricerca scientifica (per maggiori dettagli vedi Allegato 1).



Secondo lo schema più aggiornato (WHO-TEF, van den Berg *et al.*, 1998):

- la 1,2,3,7,8-PeCDD ha la stessa tossicità della 2,3,7,8-TCDD;
- le altre 5 diossine ed i 10 furani hanno una tossicità da 10 a 10.000 volte inferiore alla 2,3,7,8-TCDD;
- i PCB *dioxin-like* hanno una tossicità da 10 a 100.000 volte inferiore alla 2,3,7,8-TCDD.

Viste le generali differenze terminologiche in uso nel settore, convenzionalmente, nell'ambito del presente rapporto, si sono adottate le seguenti terminologie:

- “diossina”: è la 2,3,7,8-TCDD, cioè il congenere conseguente all'incidente di Seveso;
- “diossine”: la sola famiglia delle PCDD ovvero, in modo estensivo, l'insieme delle PCDD, dei PCDF e dei PCB *dioxin-like*, a seconda dei contesti (ad es. con “esposizione alle diossine”, si fa riferimento all'esposizione all'insieme delle PCDD, dei PCDF e dei PCB *dioxin-like*, dal momento che non avrebbe alcun senso misurare l'esposizione alle sole PCDD).

### 3 QUADRO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Nel presente capitolo si riporta il quadro normativo di riferimento relativo alla presenza di diossine nei suoli con particolare riguardo alla situazione nazionale ed internazionale.

#### 3.1 Situazione nazionale: il D.M. (Ambiente) 471/1999

Il tema della bonifica e ripristino ambientale dei siti inquinati è normato a livello nazionale dall'art. 17 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n.22 *"Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e rifiuti di imballaggio"* (cosiddetto Decreto Ronchi) e in particolare dal D.M. (Ambiente) 25 ottobre 1999, n. 471 *"Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'art. 17 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni"*, che ha attuato il comma 1 dello stesso art. 17 del D.Lgs. 22/1997.

L'insieme delle suddette normative delinea un quadro normativo certo di:

- individuazione dei siti inquinati o potenzialmente inquinati e loro caratterizzazione;
- individuazione dei soggetti responsabili degli interventi di messa in sicurezza d'emergenza, di bonifica, di bonifica con misure di sicurezza, di messa in sicurezza permanente e di ripristino ambientale;
- definizione delle modalità di progettazione, approvazione ed effettuazione degli interventi di bonifica e ripristino ambientale e di messa in sicurezza permanente.

Le definizioni dei termini più ricorrenti utilizzati nell'art. 17 del D.Lgs. 22/1997 e nel D.M. 471/1999 (e diffusamente richiamati nel presente rapporto) sono riportate nell'art. 2 del D.M. 471/1999 ed integralmente riproposte in Tab. 3.1.

**Tab. 3.1** – Definizione dei termini più ricorrenti utilizzati nell'art. 17 del D.Lgs. 22/1997, nel D.M. 471/1999 e nel presente rapporto così come riportata nell'art. 2 del D.M. 471/1999.

<b>Terminologia</b>	<b>Definizione</b>
<b>Sito</b>	Area o porzione di territorio, geograficamente definita e delimitata, intesa nelle diverse matrici ambientali e comprensiva delle eventuali strutture edilizie ed impiantistiche presenti.
<b>Sito inquinato</b>	Sito che presenta livelli di contaminazione o alterazioni chimiche, fisiche o biologiche del suolo o del sottosuolo o delle acque superficiali o delle acque sotterranee tali da determinare un pericolo per la salute pubblica o per l'ambiente naturale o costruito. Ai fini del D.M. (Ambiente) 471/1999 è inquinato il sito nel quale anche uno solo dei valori di concentrazione delle sostanze inquinanti nel suolo o nel sottosuolo o nelle acque sotterranee o nelle acque superficiali risulta superiore ai valori di concentrazione limite accettabili stabiliti dal D.M. (Ambiente) 471/1999 stesso.
<b>Sito potenzialmente inquinato</b>	Sito nel quale, a causa di specifiche attività antropiche pregresse o in atto, sussiste la possibilità che nel suolo o nel sottosuolo o nelle acque superficiali o nelle acque sotterranee siano presenti sostanze contaminanti in concentrazioni tali da determinare un pericolo per la salute pubblica o per l'ambiente naturale o costruito.
<b>Messa in sicurezza d'emergenza</b>	Ogni intervento necessario ed urgente per rimuovere le fonti inquinanti, contenere la diffusione degli inquinanti e impedire il contatto con le fonti inquinanti presenti nel sito, in attesa degli interventi di bonifica e ripristino ambientale o degli interventi di messa in sicurezza permanente.
<b>Bonifica</b>	L'insieme degli interventi atti ad eliminare le fonti di inquinamento e le sostanze inquinanti o a ridurre le concentrazioni delle sostanze inquinanti presenti nel suolo, nel sottosuolo, nelle acque superficiali o nelle acque sotterranee ad un livello uguale o inferiore ai valori di concentrazione limite accettabili stabiliti dal D.M. (Ambiente) 471/1999.
<b>Bonifica con misure di sicurezza</b>	L'insieme degli interventi atti a ridurre le concentrazioni delle sostanze inquinanti nel suolo, nel sottosuolo, nelle acque sotterranee o nelle acque superficiali a valori di concentrazione superiori ai valori di concentrazione limite accettabili stabiliti per la destinazione d'uso prevista dagli strumenti urbanistici, qualora i suddetti valori di concentrazione limite accettabili non possano essere raggiunti neppure con l'applicazione, secondo i principi della normativa comunitaria, delle migliori tecnologie disponibili a costi sopportabili. In tali casi per l'uso del sito devono essere previste apposite misure di sicurezza, piani di monitoraggio e controllo ed eventuali limitazioni rispetto alle previsioni degli strumenti urbanistici. I valori di concentrazione residui di sostanze inquinanti devono comunque essere tali da garantire la tutela della salute pubblica e la protezione dell'ambiente naturale o costruito.

*segue alla pagina successiva*

Tab. 3.1 – continua dalla pagina precedente.

Terminologia	Definizione
<b>Misure di sicurezza</b>	Gli interventi e gli specifici controlli necessari per impedire danni alla salute pubblica o all'ambiente derivanti dai livelli di concentrazione residui di inquinanti nel suolo, nel sottosuolo, nelle acque sotterranee e superficiali o dalla presenza di rifiuti stoccati sottoposti ad interventi di messa in sicurezza permanente, nonché le azioni di monitoraggio idonee a garantire, in particolare, il controllo nel tempo dell'efficacia delle limitazioni d'uso, qualora, pur applicando, secondo i principi della normativa comunitaria, le misure e le tecnologie disponibili a costi sopportabili, la bonifica ed il ripristino ambientale non consentono di rispettare i valori di concentrazione limite accettabili stabiliti dal D.M. (Ambiente) 471/1999 per la destinazione d'uso prevista dagli strumenti urbanistici o non sia possibile rimuovere la fonte inquinante costituita dai rifiuti stoccati.
<b>Ripristino ambientale</b>	Gli interventi di riqualificazione ambientale e paesaggistica, costituenti complemento degli interventi di bonifica, nei casi in cui sia richiesto, che consentano di recuperare il sito alla effettiva e definitiva fruibilità per la destinazione d'uso conforme agli strumenti urbanistici in vigore, assicurando la salvaguardia della qualità delle matrici ambientali.
<b>Messa in sicurezza permanente</b>	Insieme degli interventi atti a isolare in modo definitivo le fonti inquinanti rispetto alle matrici ambientali circostanti qualora le fonti inquinanti siano costituite da rifiuti stoccati e non sia possibile procedere alla rimozione degli stessi pur applicando le migliori tecnologie disponibili a costi sopportabili, secondo i principi della normativa comunitaria. In tali casi devono essere previste apposite misure di sicurezza, piani di monitoraggio e controllo, ed eventuali limitazioni d'uso rispetto alle previsioni degli strumenti urbanistici. I valori di concentrazione delle sostanze inquinanti nelle matrici ambientali influenzate dall'inquinamento derivante dai rifiuti stoccati non devono superare nel suolo, sottosuolo, acque sotterranee e acque superficiali i valori previsti nell'allegato 1 del D.M. (Ambiente) 471/1999.
<b>Inquinamento diffuso</b>	Contaminazione o alterazioni chimiche, fisiche o biologiche del suolo o del sottosuolo o delle acque superficiali delle acque sotterranee imputabili alla collettività indifferenziata e determinate da fonti diffuse.

Il D.M. (Ambiente) 1999/471 ha stabilito, in particolare, i limiti di accettabilità della contaminazione dei suoli con riferimento alla specifica destinazione d'uso degli stessi da utilizzarsi per individuare i "siti inquinati", definiti così come riportato in Tab. 3.1. Questi sono riportati nella Tabella 1 dell'Allegato 1 al D.M. (Ambiente) 471/1999 stesso.

Con riferimento alle diossine e ai furani, espressi come sommatoria delle PCDD e dei PCDF in termini di I-TEQ (per la cui definizione si rimanda all'Allegato 1 al presente rapporto), i valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e nel sottosuolo riportati nella Tabella 1 dell'Allegato 1 al D.M. (Ambiente) 471/1999 sono pari a  $10 \text{ ngI-TEQ (kgSS)}^{-1}$  per i siti a destinazione d'uso verde pubblico, verde privato e residenziale e a  $100 \text{ ngI-TEQ (kgSS)}^{-1}$  per i siti a destinazione d'uso commerciale ed industriale. Nelle premesse alla Tabella 1 e nelle note alla stessa non si fa alcun riferimento ad analisi statistiche dei dati (ad es. la media, la mediana, il 90-percentile, ecc.), per cui si può concludere che, per classificare un sito come "inquinato", è sufficiente il superamento dei suddetti valori di concentrazione limite accettabili in un solo punto.

I siti inquinati, a norma dell'art. 4, comma 1 del D.M. (Ambiente) 471/1999, fatto salvo quanto previsto dagli artt. 5 e 6, devono essere sottoposti "ad interventi di *messa in sicurezza d'emergenza*, di *bonifica e ripristino ambientale* per eliminare le fonti di inquinamento e le sostanze inquinanti o ridurre le concentrazioni delle sostanze inquinanti a valori di concentrazione almeno pari ai (...) valori di concentrazione limite accettabili".

Lo stesso art. 4 precisa però al comma 2 che "per ogni sostanza, i valori di concentrazione da raggiungere con gli interventi di *bonifica e ripristino ambientale* sono tuttavia riferiti ai valori del fondo naturale nei casi in cui, applicando le procedure di cui all'Allegato 2 ("Procedure di riferimento per il prelievo e l'analisi dei campioni"), sia dimostrato che nell'intorno non influenzato dalla contaminazione del sito i valori di concentrazione del fondo naturale per la stessa sostanza risultano superiori a quelli indicati nell'Allegato 3".

Poiché il citato Allegato 3 riguarda i "Criteri generali per gli interventi di messa in sicurezza d'emergenza, bonifica e ripristino ambientale; per le misure di sicurezza e messa in sicurezza permanente; criteri per gli interventi in cui si faccia ricorso a batteri, ceppi batterici mutanti e stimolanti di batteri naturalmente presenti nel suolo" e non riporta valori limite di accettabilità di alcun tipo, sembra di poter ritenere che il riferimento corretto debba riguardare l'Allegato 1 che concerne appunto "Valori di concentrazione limite accettabili nel suolo, nel sottosuolo e nelle acque sotterranee in relazione alla specifica destinazione d'uso dei siti, e criteri di accettabilità per le acque superficiali".

L'art. 5, comma 1 stabilisce invece, in deroga a quanto previsto dall'art. 4, che "qualora il progetto preliminare (...) dimostri che i valori di concentrazione limite accettabili, di cui all'articolo 3, comma 1, non possono essere raggiunti nonostante l'applicazione, secondo i principi della normativa comunitaria, delle migliori tecnologie disponibili a costi sopportabili, il Comune o, se l'intervento riguarda un'area compresa nel territorio di più comuni, la Regione, può autorizzare interventi di *bonifica e ripristino ambientale con misure di sicurezza*, che garantiscano, comunque, la tutela ambientale e sanitaria anche se i valori di concentrazione residui previsti nel sito risultano superiori a quelli stabiliti nell'Allegato 1. Tali valori di concentrazione residui sono determinati in base ad una metodologia di analisi di rischio riconosciuta a livello internazionale che assicuri il soddisfacimento dei requisiti indicati nell'Allegato 4" che riporta "Criteri generali per la redazione del progetto di bonifica". L'art. 5, comma 2 prevede espressamente che "il provvedimento che approva il progetto ed autorizza gli interventi di bonifica e ripristino ambientale di cui (sopra) deve stabilire le *misure di sicurezza* ed i piani di monitoraggio e controllo necessari ad impedire danni derivanti dall'inquinamento residuo e può fissare limitazioni temporanee o permanenti o particolari modalità per l'utilizzo dell'area. Tali prescrizioni possono comportare variazioni degli strumenti urbanistici e dei piani territoriali che si rendano necessarie per garantire l'attuazione delle misure di sicurezza e delle limitazioni o modalità d'uso del sito, ferma restando la destinazione d'uso".

L'art. 6 riguarda invece il caso in cui "la fonte inquinante sia costituita da rifiuti stoccati ed il progetto preliminare (...) dimostri che, nonostante l'applicazione delle migliori tecnologie disponibili a costi sopportabili, secondo i principi della normativa comunitaria, non sia possibile la rimozione dei rifiuti stessi". In tale situazione, a norma del comma 1, possono essere autorizzati interventi di *messa in sicurezza permanente e ripristino ambientale*.

È di assoluto interesse considerare che, a norma dell'art. 8, comma 1, "qualora i soggetti e gli organi pubblici accertino nell'esercizio delle proprie funzioni istituzionali una situazione di pericolo di inquinamento o la presenza di siti nei quali i livelli di inquinamento sono superiori ai valori di concentrazione limite accettabili di cui all'Allegato 1 ne danno comunicazione alla Regione, alla Provincia ed al Comune".

Gli eventuali interventi di *messa in sicurezza, bonifica e ripristino ambientale*, di *messa in sicurezza permanente* e le *misure di sicurezza* sono realizzati dal responsabile dell'inquinamento ed, in subordine, dal Comune territorialmente competente ovvero, ove questo non provveda o si tratti di siti che interessano il territorio di più comuni, dalla Regione (art. 14, comma 1).

Gli interventi di competenza del Comune o della Regione avvengono seguendo un ordine di priorità stabilito nel "Piano regionale per la bonifica delle aree inquinate" di cui all'art. 22 del D.Lgs. 22/97 (art. 14, comma 2).

I siti da bonificare compaiono in un apposito elenco predisposto dalle Regioni ai sensi dell'art. 17, comma 12 del D.Lgs. 22/97 denominato "Anagrafe dei siti da bonificare" (art. 17, comma 1).

Una particolare procedura riguarda le aree caratterizzate da "inquinamento diffuso", definite così come riportato in Tab. 3.1, per le quali l'art. 1, comma 5 prevede che gli interventi di *bonifica e ripristino ambientale* siano disciplinati dalla Regione con appositi piani.

### **3.2 Confronto con gli altri Paesi Membri dell'Unione Europea**

Una recente rassegna di normative dei diversi Paesi Membri dell'Unione Europea relativamente al controllo delle diossine commissionata dalla DG Ambiente della Commissione Europea e dal Ministero dell'Ambiente britannico (DETR, *UK Department of the Environment, Transport and the Regions*) alla società di consulenza AEA Technology plc (Abingdon, Oxfordshire, Regno Unito) è stata pubblicata nell'ottobre 1999.

Essa ha permesso di ottenere un esaustivo quadro comparativo delle normative e regolamentazioni nazionali sui criteri di qualità dei suoli in essere, preso atto che non esiste al riguardo alcuna normativa comunitaria di riferimento e che pertanto l'indicazione e valutazione dei parametri è lasciata alla libera scelta di ciascun Paese Membro.

**Tab. 3.2** – Quadro comparativo dei criteri di qualità dei suoli per specifica destinazione d'uso in essere nei Paesi Membri dell'Unione Europea che si sono dotati di *standard* (espressi in ngI-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup>) vincolanti per legge o aventi funzione di linee guida.

Destinazione d'uso suolo	Finlandia	Germania	Italia	Paesi Bassi	Svezia
	linee guida	linee guida	legge	linee guida	linee guida*
Pascolo mucche da latte				10	10
Agricolo	500	40		1.000	10
Verde pubblico/privato		100	10		10
Residenziale	500	1.000	10	1.000	10
Commerciale/Industriale		10.000	100		250

\* Gli *standard* tengono conto non solo di PCDD e PCDF, ma anche di PCB *dioxin-like*.

Uno schema riassuntivo dei risultati dello studio comparativo è riportato in **Tab. 3.2**, mentre nei successivi sottoparagrafi si riporta il dettaglio dei casi nazionali (Finlandia, Germania, Paesi Bassi e Svezia) desunti dal suddetto rapporto della Commissione Europea (1999) ed un commento finale.

### 3.2.1 Finlandia

Il Ministero dell'Ambiente (Dipartimento della Protezione Ambientale) ha proposto un valore guida di 2 ngI-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup> ed un valore limite di 500 ngI-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup> per i terreni contaminati ad uso residenziale ed agricolo.

### 3.2.2 Germania

Nel periodo 1992-1993 un apposito Gruppo di Lavoro sulle diossine costituito da membri dei Ministeri dell'Ambiente Federali e dei diversi Länder ha stabilito raccomandazioni e valori di riferimento sulla concentrazione delle diossine nei suoli. I risultati ottenuti sono i seguenti:



- sebbene, a scopo preventivo, la concentrazione di diossina equivalente nei suoli ad uso agricolo stabilita come obiettivo di lungo periodo non dovrebbe essere superiore a 5 ngI-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup>, allo stato attuale non si pongono restrizioni all'uso di suoli destinati alle produzioni alimentari se essi contengono concentrazioni di diossina equivalente nell'intervallo 5-40 ngI-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup>, purché tali suoli non vengano adibiti ad usi critici, quale ad esempio il pascolo, qualora sia possibile riscontrare un incremento dei livelli di diossine nei prodotti alimentari da essi ottenuti;
- la concentrazione di certi mangimi e prodotti alimentari viene invece vietata se la concentrazione di diossina equivalente supera i 40 ngI-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup>;
- non esistono sostanziali limitazioni per piante che hanno dimostrato minimi trasferimenti di diossine dal terreno, come ad es. i cereali;
- sono state stabilite inoltre linee guida per gli altri usi dei suoli: in particolare si prevede l'asportazione e sostituzione dei suoli destinati a parco giochi se la concentrazione di diossina equivalente supera i 100 ngI-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup>; lo stesso provvedimento deve essere adottato per i suoli a destinazione d'uso residenziale se la concentrazione di diossina equivalente supera i 1.000 ngI-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup>; il valore limite per le aree industriali è stato fissato invece pari a 10.000 ngI-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup>.

### 3.2.3 Paesi Bassi

Non sono stati definiti valori limite vincolanti per legge relativamente alle concentrazioni di diossina equivalente nei suoli, sebbene fin dal 1987 siano state proposte delle linee guida che stabiliscono i seguenti limiti di contaminazione:

- 10 ngI-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup> per le aree destinate a pascolo delle mucche da latte;
- 1.000 ngI-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup> per le aree residenziali e per gli altri usi agricoli.

### 3.2.4 Svezia

Esistono solo generiche linee guida per l'analisi di rischio di suoli contaminati da diossine. Esse non sono vincolanti per legge e sono applicabili al caso in cui terreni contaminati debbano subire un cambio di destinazione d'uso (residenziale, agricolo, ecc.). Le suddette linee guida, espresse come concentrazione di diossina equivalente nei suoli (tenendo conto non solo di PCDD e PCDF, ma anche dei cosiddetti PCB *dioxin-like*), sono le seguenti:

- 10 ngI-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup> per le aree destinate ad usi sensibili (agricolo, residenziale, verde pubblico);
- 250 ngI-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup> per le aree destinate ad usi meno sensibili (industriale, approvvigionamento idrico mediante acque di falda protette).

Se il livello di contaminazione di un suolo supera tali valori di riferimento, la decisione dell'opportunità dell'intervento di risanamento deve essere assunta caso per caso.

### 3.2.5 Commento finale

Da quanto desumibile dal rapporto citato nel preambolo al § 3.2 (AEA Technology, 1999), dei cinque Paesi Membri dell'Unione Europea che hanno stabilito criteri di qualità dei suoli in relazione alla loro specifica destinazione d'uso, solo l'Italia ha adottato tali criteri in forma vincolante per legge. Gli altri paesi hanno adottato esclusivamente linee guida.

I valori di concentrazione limite in vigore in Italia sono peraltro i più restrittivi in assoluto e sono paragonabili solo alle linee guida svedesi per quanto riguarda gli usi sensibili (verde pubblico, privato e residenziale).

È opportuno considerare che in Italia non sono stati stabiliti limiti per gli usi agricoli, demandando la loro valutazione ad analisi di rischio specifiche da effettuarsi caso per caso.

L'Italia ha stabilito anche valori di concentrazione limite accettabili nelle acque sotterranee (4 pgI-TEQ l<sup>-1</sup> per diossine e furani), cosa che non trova assolutamente riscontro nelle linee guida degli altri Paesi Membri dell'Unione Europea.

#### 4 LE RICERCHE DELLA FONDAZIONE LOMBARDIA PER L'AMBIENTE SUL TERRITORIO DI SEVESO NEL PERIODO 1994-2000

La Fondazione Lombardia per l'Ambiente annovera tra i propri specifici impegni statutari il monitoraggio del territorio di Seveso e di quelle zone che furono interessate dall'incidente del 1976 agli impianti dell'ICMESA.

La Fondazione Lombardia per l'Ambiente ha pertanto finanziato, fin dalla sua costituzione, specifiche ricerche sullo stato della contaminazione ambientale residua dell'area di Seveso, nonché attività di ricerca attinenti gli effetti dell'esposizione alla diossina sugli ecosistemi e sull'uomo.

Queste ricerche hanno riguardato lo studio della presenza di eventuale diossina residua nei vari comparti ambientali (aria, suolo, vegetazione) del comprensorio di Seveso; il monitoraggio degli effetti della TCDD sulla salute dell'uomo, mediante l'analisi di un vasto campione di popolazione appartenente a entrambi i sessi e a diverse fasce d'età; lo studio degli effetti sulla fauna del Bosco delle Querce e della tossicità dei prodotti alimentari provenienti dall'area colpita.

Il *budget* complessivo del periodo 1994-2000 è stato di 2.607 ML.

In **Allegato 2** si riportano schede di dettaglio sui nove progetti di ricerca condotti nel periodo 1994-2000, di seguito elencati:

- “Studio dell'influenza della TCDD sulla modificazione del rapporto fra i sessi (*sex ratio*)” (*budget* 570 ML; responsabile prof. Paolo Mocarelli; durata 1994-1997);
- “Epidemiologia molecolare degli effetti dell'esposizione a TCDD nell'area di Seveso” (*budget* 562 ML; responsabile prof. Pier Alberto Bertazzi; durata 1995-1997);
- “Valutazione della presenza attuale di 2,3,7,8-TCDD in prodotti alimentari dell'area di Seveso” (*budget* 221 ML; responsabili prof. Anna Arnoldi e dott. Roberto Fanelli; durata 1995-1999);
- “Valutazione degli effetti della diossina (TCDD) sul sistema riproduttivo della fauna murina in zona B ed R di Seveso; analisi del rapporto sessi in spermatozoi da topolini trattati con TCDD; analisi della relazione dose-effetto in *Musca domestica*” (*budget* 375 ML; responsabile prof. Carlo Alberto Redi; durata 1996-1999);

- “Valutazione della presenza attuale di 2,3,7,8 TCDD nell’atmosfera dell’area interessata dall’incidente ICMESA” (*budget* 399 ML; responsabile dott. Roberto Fanelli; durata 1995-1999);
- “Campionamento analitico della 2,3,7,8-TCDD in campioni del suolo e in organismi indicatori vegetali e animali delle zone B ed R di Seveso e comuni limitrofi” (*budget* 143 ML; responsabile prof. Sergio Facchetti; durata 1995-1999);
- “Monitoraggio degli aspetti bio-naturalistici degli ecosistemi vegetali e animali del Bosco delle Querce di Seveso e Meda e aree limitrofe” (*budget* 122 ML; responsabile dott. Paolo Lassini; durata 1998-1999);
- “Campionamento analitico della 2,3,7,8-TCDD residua in campioni di suolo, organismi indicatori vegetali e animali delle zone B ed R di Seveso e comuni limitrofi” (*budget* 143 ML; responsabile dott. Gunther Umlauf; durata 1999-2000);
- “Specie e ricchezza specifica della fauna del Bosco delle Querce; rischio biologico nella zona B” (*budget* 72 ML; responsabile prof. Carlo Alberto Redi; durata 1999-2000).

## 5 CONTAMINAZIONE DA DIOSSINE NELL'UNIONE EUROPEA

Nel presente capitolo si riportano informazioni sui livelli di contaminazione da diossine nei suoli dell'Unione Europea e si presenta un confronto con i valori della zona B di Seveso.

### 5.1 Livelli di contaminazione da diossine nei suoli dell'Unione Europea

Una recente rassegna di livelli di contaminazione ambientale da diossine nei diversi Paesi Membri dell'Unione Europea commissionata dalla DG Ambiente della Commissione Europea e dal Ministero dell'Ambiente britannico (DETR, *UK Department of the Environment, Transport and the Regions*) alla società di consulenza AEA Technology plc (Abingdon, Oxfordshire, Regno Unito) è stata pubblicata nell'ottobre 1999. Essa ha permesso di ottenere un esaustivo quadro comparativo dei livelli di contaminazione da diossine nei suoli di diverse aree dell'Unione Europea.

Uno schema riassuntivo dei risultati dello studio comparativo è riportato in **Tab. 5.1**, mentre in **Tab. 5.2** si riportano le concentrazioni tipiche di diossine registrate nell'Unione Europea nei diversi comparti ambientali.

Il suddetto rapporto della Commissione Europea (1999b) evidenzia come il suolo sia il ricettore naturale di composti persistenti e lipofili come le diossine che tendono ad essere adsorbiti dalla sostanza organica dei terreni e, una volta adsorbiti, tendono ad essere relativamente immobilizzati. I suoli sono quindi una matrice di accumulo con una "lunga memoria": ne consegue che i contributi di diossine ricevuti negli anni tenderanno ad accumularsi a causa della lunghissima semivita delle diossine nei suoli. In genere tali contributi arrivano al suolo attraverso diversi percorsi tra i quali i più importanti sono:

- la deposizione atmosferica;
- l'applicazione di fanghi di depurazione e compost;
- gli sversamenti accidentali o meno;
- l'erosione operata dagli agenti atmosferici su terreni contaminati adiacenti.

Tab. 5.1 – Quadro comparativo dei livelli di contaminazione da diossine (espressi in ngI-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup>) nei suoli di diversi Paesi Membri dell'Unione Europea (Commissione Europea, 1999b).

Paesi Membri	Foreste	Pascoli	Coltivabili	Aree rurali	Altri tipi	Contaminati*
Austria	<1,0-64	1,6-14				332
Belgio				2,1-2,3	2,7-8,9	
Finlandia						>90.000
Germania	10-30	<1,0-30	<1,0-25	1,0-5,0		30.000
Grecia					2,0-45	1.144
Irlanda	4,8	<1,0-13			<1,0-8,6	
Italia		<1,0-43	1,9-3,1		<1,0	
Lussemburgo	6,0			1,4	1,8-20	
Paesi Bassi				2,2-16		98.000
Spagna				<1,0-8,4	<1,0-24	
Svezia				<1,0		11.446
Regno Unito				<1,0-20	<1,0-87	1.585

\* I valori riportati sono relativi alle massime concentrazioni rilevate.

Tab. 5.2 – Concentrazioni tipiche di diossine registrate nell'Unione Europea nei diversi comparti ambientali (Commissione Europea, 1999b).

Comparto ambientale	Unità di misura	Intervalli tipici	Siti inquinati*
Suoli	[ngI-TEQ (kgSS) <sup>-1</sup> ]	<1-100	100.000
Sedimenti	[ngI-TEQ (kgSS) <sup>-1</sup> ]	<1-200	80.000
Aria (ambiente)	[fgI-TEQ m <sup>-3</sup> ]	<1-100	14.800
Aria (deposizione)	[pgI-TEQ m <sup>-2</sup> d <sup>-1</sup> ]	<1-100	-
Fanghi di depurazione	[ngI-TEQ (kgSS) <sup>-1</sup> ]	<1-200 (15-40)**	1.200
Abeti rossi/Aghi di pino ( <i>biomonitor</i> )	[ngI-TEQ (kgSS) <sup>-1</sup> ]	0,3-1,9	100

\* I valori riportati sono relativi alle massime concentrazioni rilevate.

\*\* I valori riportati tra parentesi rappresentano l'intervallo tipico dei valori medi.

Una volta che la contaminazione da diossine viene rilevata in un terreno si può realizzare una valutazione storica mirata a determinare quale sia stato il percorso di contribuzione predominante: a tal riguardo può essere utile uno studio approfondito sulla ripartizione dei diversi congeneri. In genere però è difficile risalire ad un evento acuto di contaminazione poiché le concentrazioni nei suoli tendono a riflettere anche la contaminazione di fondo di una più ampia fascia di territorio. Come conseguenza di questo, in genere le aree urbane presentano concentrazioni medie di diossine superiori a quelle rurali.

Entrando nell'analisi specifica dei dati riportati nelle Tab. 5.1 e 5.2 è possibile affermare che i dati rilevati sono statisticamente molto dispersi e spesso non è facile individuare le reali concentrazioni di fondo poiché i diversi programmi di monitoraggio a livello dei singoli Paesi Membri dell'Unione Europea sono stati condotti spesso con riferimento ad aree notoriamente più contaminate (come ad es. le aree prossime ad inceneritori di rifiuti o ad impianti di metallurgia secondaria) e non ad aree mediamente poco contaminate (quelle che realmente possono dare indicazioni sulle concentrazioni di fondo).

Da un confronto tra i dati di Tab. 3.2 e Tab. 5.2 emerge che taluni suoli aventi concentrazioni di diossine nell'intervallo di variazione tipico dell'Unione Europea ( $<1-100 \text{ ngI-TEQ (kgSS)}^{-1}$ , vedi Tab. 5.2) non potrebbero essere soggetti indiscriminatamente a qualunque destinazione d'uso in relazione agli *standard* di qualità più restrittivi previsti in Italia e Svezia ( $<10 \text{ ngI-TEQ (kgSS)}^{-1}$ ).

## 5.2 Livelli di contaminazione da diossine nei suoli della zona B di Seveso

I numerosi dati di contaminazione residua da diossina nella zona B di Seveso (vedi Fig. 5.1) raccolti dall'Environment Institute *Joint Research Center* (JRC, Centro Comune di Ricerca) di Ispra (VA) nel periodo 1997-1999 (vedi Fig. 5.2) sotto la direzione del prof. Sergio Facchetti, in una prima fase (vedi Tab. A2.6), e del dott. Gunther Umlauf, in una seconda fase (vedi Tab. A2.8), nell'ambito di attività di ricerca finanziate dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente, hanno consentito l'effettuazione di una prima serie di elaborazioni grafiche e statistiche utili per effettuare considerazioni tecniche di confronto con i limiti di cui al D.M. 471/1999 (vedi Tab. 3.2) e con i valori tipici di contaminazione riscontrati nei suoli dell'Unione Europea (vedi Tab. 5.1 e 5.2).

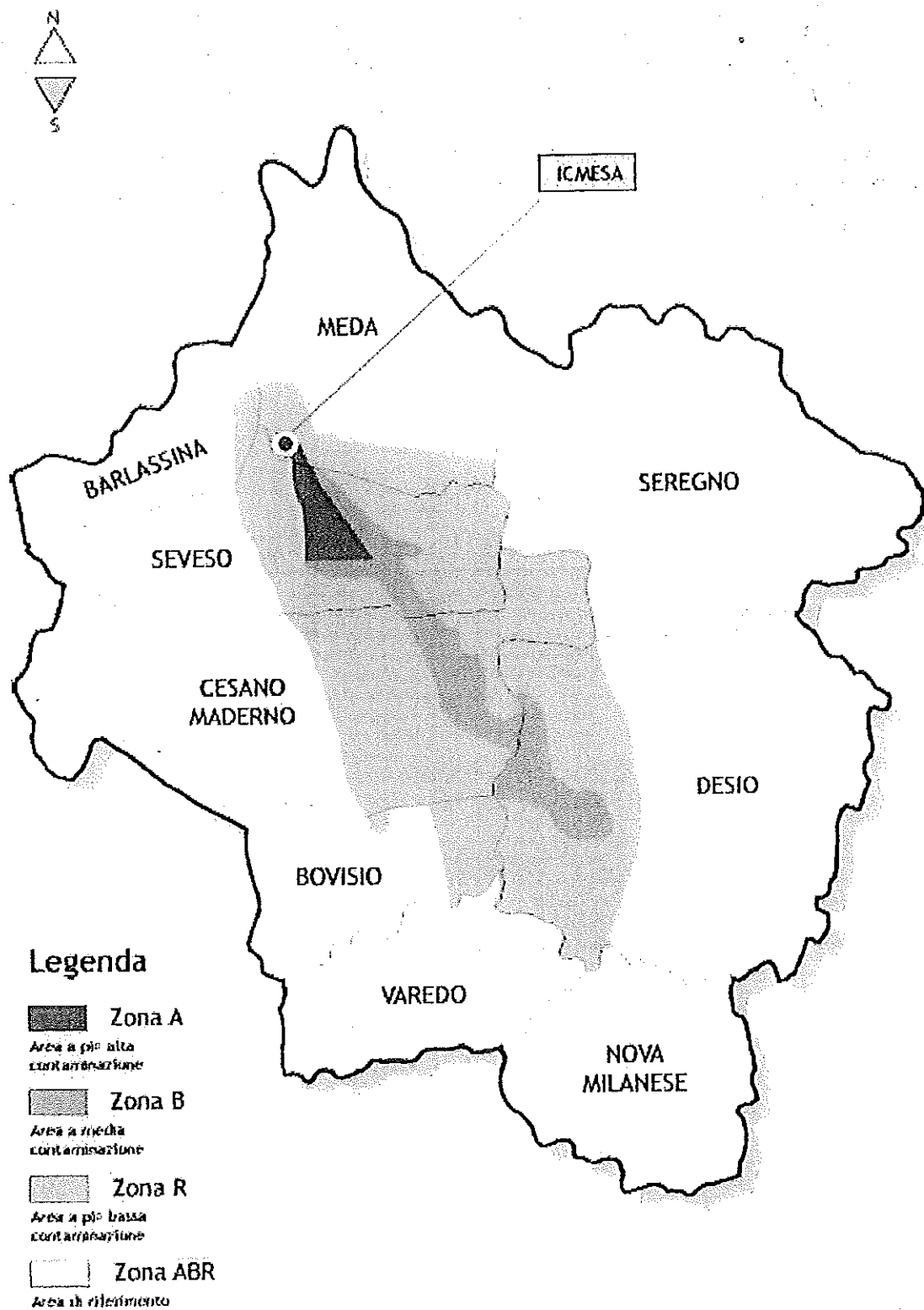


Fig. 5.1 – Definizione delle Zone A, B ed R.



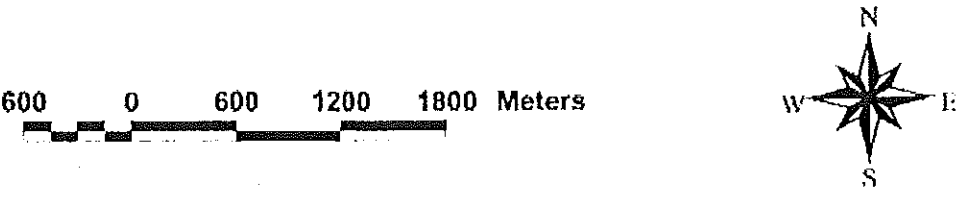
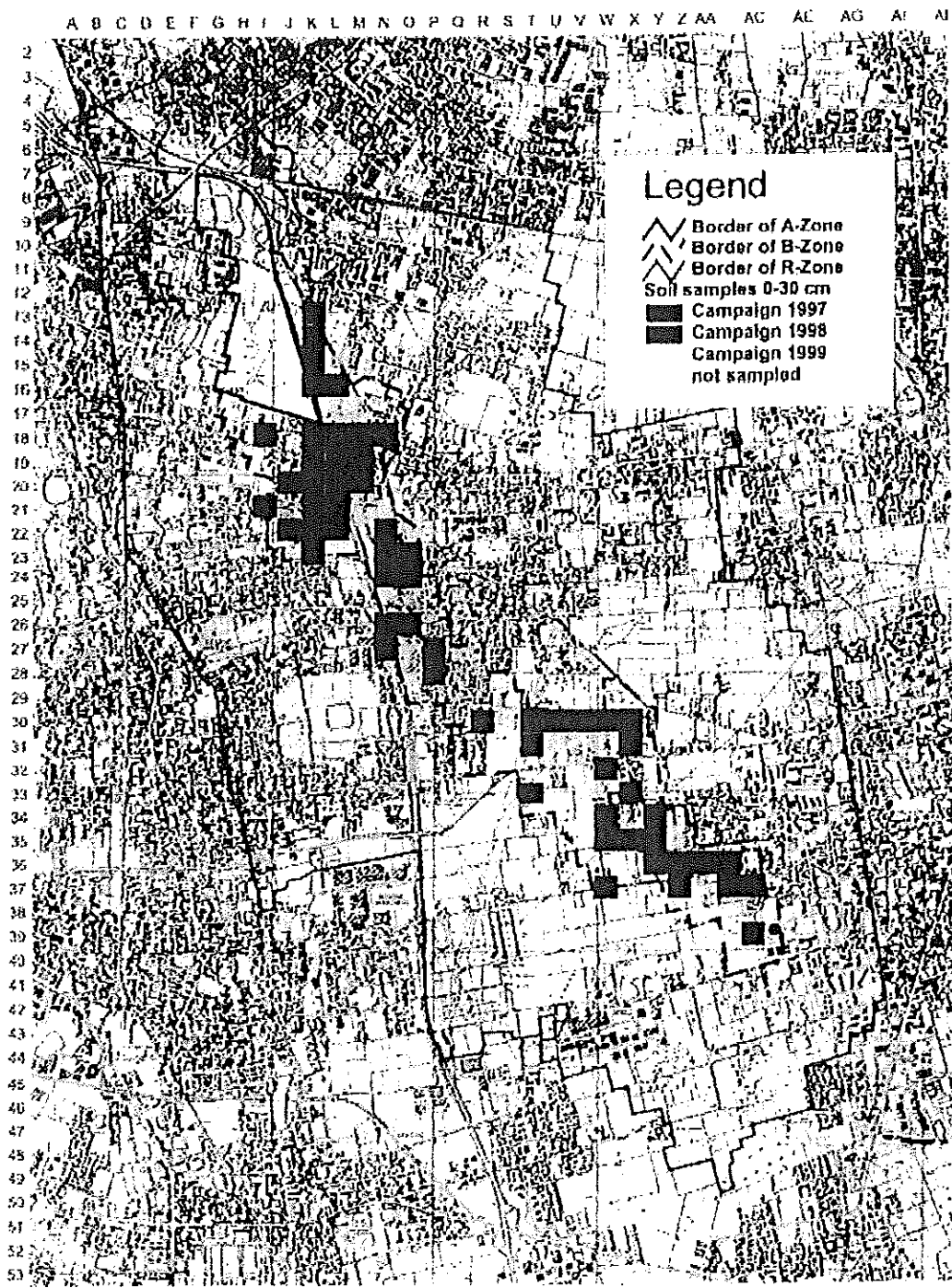


Fig. 5.2 – Dettaglio delle diverse campagne di campionamento dei suoli della zona B effettuate nel periodo 1997-1999.

I dati di base e le suddette elaborazioni sono riportati in Allegato 3.

I dati disponibili mostrano il quasi uniforme superamento del valore limite di 10 ngI-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup> e lo sporadico superamento del valore limite di 100 ngI-TEQ (kgSS)<sup>-1</sup>. A norma di legge la zona B è un sito inquinato (con riferimento alle destinazioni d'uso sia verde pubblico, verde privato e residenziale che commerciale ed industriale) anche se i valori di contaminazione sono paragonabili a quelli presenti in altri suoli comunitari non classificati come siti inquinati.

## 6 PERCHÉ L'ANALISI DI RISCHIO?

Nel presente capitolo si illustrano le motivazioni che hanno giustificato l'effettuazione dell'analisi di rischio relativamente alla zona B di Seveso e si descrivono le azioni conseguentemente intraprese dalla Regione Lombardia e dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente.

### 6.1 I presupposti normativi

Sulla base di quanto anticipato nel § 2.1, con riferimento alle diossine e ai furani, espressi come sommatoria delle PCDD e dei PCDF in termini di I-TEQ (vedi Allegato 1), i valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e nel sottosuolo previsti dal D.M. (Ambiente) 471/1999 sono pari a  $10 \text{ ngI-TEQ (kgSS)}^{-1}$  per i siti a destinazione d'uso verde pubblico, verde privato e residenziale e a  $100 \text{ ngI-TEQ (kgSS)}^{-1}$  per i siti a destinazione d'uso commerciale ed industriale.

È opportuno osservare che prima dell'entrata in vigore del D.M. 471/1999, la normativa regionale lombarda non indicava concentrazioni limite dei terreni per diossine e furani, motivo per cui, per l'intervento di bonifica dell'area di Seveso, erano stati presi come riferimento i valori guida previsti in Emilia-Romagna e Piemonte ( $1.000 \text{ ngI-TEQ (kgSS)}^{-1}$ ), addirittura 100 volte superiori a quello adottato a livello nazionale per siti a destinazione d'uso verde pubblico, verde privato e residenziale.

Dal momento che le più recenti indagini effettuate sull'area di Seveso da parte del JRC di Ispra (VA) sotto la direzione del prof. Sergio Facchetti, in un primo periodo, e del dott. Gunther Umlauf, successivamente, hanno mostrato che, seppur solo negli strati superficiali del suolo, la concentrazione delle diossine è in diversi punti della zona B superiore al limite di  $10 \text{ ngI-TEQ (kgSS)}^{-1}$  (vedi § 5.2 e Allegato 3): si deve concludere che tali aree devono essere classificate quali "siti inquinati" ai fini del D.M. 471/1999 e non potrebbero mantenere l'attuale destinazione d'uso, se non successivamente ad interventi di *messa in sicurezza d'emergenza*, di *bonifica* e *ripristino ambientale* per ridurre le concentrazioni delle sostanze inquinanti a valori di concentrazione non superiori ai valori di concentrazione limite accettabili.

L'art. 5, comma 1 del suddetto D.M. 471/1999 stabilisce però che “qualora il progetto preliminare (...) dimostri che i valori di concentrazione limite accettabili, di cui all'articolo 3, comma 1, non possono essere raggiunti nonostante l'applicazione, secondo i principi della normativa comunitaria, delle migliori tecnologie disponibili a costi sopportabili, il Comune o, se l'intervento riguarda un'area compresa nel territorio di più comuni, la Regione, può autorizzare interventi di *bonifica e ripristino ambientale con misure di sicurezza*, che garantiscano, comunque, la tutela ambientale e sanitaria anche se i valori di concentrazione residui previsti nel sito risultano superiori a quelli stabiliti nell'Allegato 1. Tali valori di concentrazione residui sono determinati in base ad una metodologia di analisi di rischio riconosciuta a livello internazionale che assicuri il soddisfacimento dei requisiti indicati nell'Allegato 4” (vedi Allegato 4 del presente rapporto). L'art. 5, comma 2 prevede espressamente che “il provvedimento che approva il progetto ed autorizza gli interventi di bonifica e ripristino ambientale di cui (sopra) deve stabilire le *misure di sicurezza* ed i piani di monitoraggio e controllo necessari ad impedire danni derivanti dall'inquinamento residuo e può fissare limitazioni temporanee o permanenti o particolari modalità per l'utilizzo dell'area. Tali prescrizioni possono comportare variazioni degli strumenti urbanistici e dei piani territoriali che si rendano necessarie per garantire l'attuazione delle misure di sicurezza e delle limitazioni o modalità d'uso del sito, ferma restando la destinazione d'uso”.

## 6.2 La risposta delle Istituzioni

Poiché è presumibile che il costo degli interventi necessari per bonificare la vasta area che presenta ancora concentrazioni residuali di diossine eccedenti i limiti di cui al D.M. 471/1999 sia molto rilevante, la Regione Lombardia ha inteso promuovere uno studio scientifico di analisi di rischio inteso ad individuare idonei interventi di bonifica e/o di ripristino ambientale con misure di sicurezza, in applicazione dell'art. 5, comma 1 del D.M. 471/1999, e ha costituito con D.D.G. Tutela Ambientale n. 8350 del 31 marzo 2000 (vedi Allegato 5) uno specifico Gruppo di Lavoro (GdL) tra Regione Lombardia, Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (ARPA) e Azienda Regionale delle Foreste (ARF, ora ERSAF).

In occasione della prima riunione del suddetto GdL, tenuta il 6 aprile del 2001 in Regione Lombardia, le istituzioni partecipanti hanno individuato nella Fondazione il soggetto più

idoneo, per competenza tecnico-scientifica, a svolgere l'analisi di rischio condotta mediante comprovate metodologie riconosciute a livello internazionale, ai sensi dell'art. 5, comma 1 e dell'Allegato 4 del D.M. 471/1999.

Conseguentemente al nuovo assetto della Giunta Regionale lombarda, le competenze in materia di bonifica di siti inquinati sono state attribuite all'Assessorato alle Risorse Idriche e Servizi di Pubblica Utilità che nell'agosto 2001 ha incaricato la Fondazione Lombardia per l'Ambiente di farsi carico del coordinamento organizzativo del GdL e della sua segreteria tecnico-scientifica.

Sulla base delle risultanze della prima riunione del suddetto GdL tenuta sotto il coordinamento dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente (12 novembre 2001), con D.D.G. Risorse Idriche e Servizi di Pubblica Utilità n. 2933 del 28 febbraio 2002 (vedi Allegato 6), il GdL stesso è stato integrato con i rappresentanti dei comuni di Seveso, Cesano Maderno, Desio e Meda.

### **6.3 Le azioni della Fondazione Lombardia per l'Ambiente**

Il 20 febbraio 2001 la Commissione "Seveso" del CdA della Fondazione Lombardia per l'Ambiente ha incaricato il prof. Antonio Ballarin Denti e l'ing. Giuseppe Pastorelli di costituire un apposito Comitato Scientifico con la finalità di condurre l'analisi di rischio. Tale Comitato, costituito da esperti nazionali di analisi e chimica degli inquinanti, epidemiologia e tossicologia è stato finanziato integralmente dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente. La composizione del Comitato Scientifico di progetto (presieduto dal prof. Antonio Ballarin Denti per tutto il 2001 e dal dott. Massimo Donati dall'inizio del 2002) è stata la seguente:

- prof. Antonio Ballarin Denti (Fondazione Lombardia per l'Ambiente);
- prof. Pier Alberto Bertazzi (Università degli Studi di Milano);
- dott. Alessandro Di Domenico (Istituto Superiore di Sanità);
- dott. Massimo Donati (Fondazione Lombardia per l'Ambiente);
- prof. Sergio Facchetti (Università degli Studi di Milano);
- dott. Roberto Fanelli (Istituto di Ricerche Farmacologiche "Mario Negri");
- ing. Giuseppe Pastorelli (Fondazione Lombardia per l'Ambiente).

Il Comitato Scientifico si è riunito in 9 occasioni:

- 21 maggio 2001;
- 23 luglio 2001;
- 21 novembre 2001;
- 4 dicembre 2001;
- 22 gennaio 2002;
- 27 marzo 2002;
- 27 maggio 2002 (in sessione plenaria con il GdL);
- 22 luglio 2002;
- 28 marzo 2003 (approvazione della bozza finale del presente rapporto).

Il dettaglio delle attività del Comitato Scientifico è documentato nei § 7-9.

## 7 ELABORAZIONI PRELIMINARI SUI DATI DISPONIBILI

Nel presente capitolo si presentano le elaborazioni preliminari, condotte dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente su indicazione del Comitato Scientifico di cui al § 6.3, sui dati di contaminazione disponibili. Esse sono:

- la georeferenziazione della popolazione residente nella zona B (eseguita dall'ing. Paola Torricelli per quanto riguarda l'elaborazioni dati e dall'arch. Annamaria Rivolta per quanto riguarda la restituzione cartografica);
- l'elaborazione geostatistica finalizzata alla mappatura dei dati di contaminazione del suolo (eseguita dal dott. Giacomo Gerosa per quanto riguarda l'elaborazioni dati e dall'arch. Annamaria Rivolta per quanto riguarda la restituzione cartografica).

### 7.1 Georeferenziazione della popolazione residente nella zona B

Basandosi sui dati presentati nell'Allegato 3, si è effettuata la georeferenziazione della popolazione residente nella zona B con riferimento ai comuni di Seveso, Cesano Maderno e Desio. Ciò ha avuto lo scopo di correlare le concentrazioni di diossine rilevate in funzione della densità abitativa.

In sostanza ad ogni maglia  $150 \times 150 \text{ m}^2$  sono stati associati i nomi delle vie e il numero degli abitanti residenti, nonché le concentrazioni di 2,3,7,8-TCDD (per brevità TCDD), I-TEQ ed il loro rapporto (TCDD/I-TEQ) che rappresenta una sorta di indicatore della presenza di diossina legata all'incidente di Seveso (2,3,7,8-TCDD) rispetto alle altre forme di diossine che possono essersi depositate sul suolo provenendo da fonti diverse.

Il dettaglio dell'elaborazioni è riportato in Allegato 7. Nelle Tabb. 7.1-7.3 viene fornita una sintesi delle suddette elaborazioni.

Come risulta dai dati riportati nelle Tabb. 7.1-7.3, l'area maggiormente estesa e con maggiore densità abitativa è associabile al comune di Cesano Maderno, mentre l'area con le maggiori concentrazioni di diossine è associabile al comune di Seveso. Il rapporto TCDD/I-TEQ è in media sempre superiore a 0,85, confermando il fondamentale ruolo ancora svolto dalla 2,3,7,8-TCDD propria dell'incidente di Seveso rispetto alle altre diossine di fonte differente.