Fondazione Lombardia per l'Ambiente

I DOSSIER

Seveso
vent'anni dopo

Dall'incidente al Bosco delle Querce

a cura di

Miriam Ramondetta
Alessandra Repossi

N.32

Miriam Ramondetta, laureata in Scienze Biologiche all'Università degli Studi di Milano, collabora dal '96 con la Fondazione Lombardia per l'Ambiente (*fla*) occupandosi della segreteria tecnico-scientifica delle 6 unità operative coinvolte nelle ricerche nell'area di Seveso e degli eventi legati alle *Iniziative Giovani Seveso* volti a sensibilizzare i giovani alla salvaguardia dell'ambiente. Sempre per la *fla* segue il coordinamento editoriale del volume e della versione su CD-ROM della Banca Dati dell'Ambiente.

Alessandra Repossi ha collaborato fino al 1991 con diverse testate giornalistiche. Ha lavorato per anni nel settore scientifico come traduttrice di documentazione tecnica. Addetto culturale del Consolato Generale di El Salvador fino al 1995, ha poi proseguito nell'attività di relazioni esterne per conto della *fla* nell'ambito dei rapporti con istituzioni scientifiche internazionali. Sempre per la Fondazione, cura l'edizione inglese delle pubblicazioni e dei CD-ROM, grazie all'esperienza acquisita nel lavoro di localizzazione di MS-Encarta '98.

Seveso
vent'anni dopo

Dall'incidente al Bosco delle Querce

a cura di
Miriam Ramondetta
Alessandra Repossi

Fondazione Lombardia per l'Ambiente

Foro Bonaparte 12 - 20121 Milano
tel. +39(2)809169
fax +39(2)72002398
flanet@flanet.org
http://www.flanet.org

Consiglio di Amministrazione

Presidente: Giovanni Bottari
Vicepresidente: Achille Cutrera
Consiglieri: Giordano Cassetta, Massimo Donati, Salvatore Giannella, Paolo Mantegazza, Emilio Massa, Roberto Schmid

Comitato Scientifico

Silvio Garattini, Angelo Cavallin, Renzo Compiani,
Emilio Gerelli, Giorgio Guariso, Alfredo Liberatori,
Gianfranco Mascazzini, Paola Vita Finzi

Coordinatore Scientifico: Antonio Ballarin Denti

Programma editoriale ideato e curato da: Salvatore Giannella

Coordinamento editoriale: Rosa Maria Panattoni

Illustrazioni e computer-grafica: Federico Stefanato

Fotocomposizione: L'Officina di Comunicazione, Milano

Stampa: Il Melograno, Cassina Nuova di Bollate, Milano

© 1998 Copyright Fondazione Lombardia per l'Ambiente
Propietà letteraria riservata.
Nessuna parte di questo volume può essere riprodotta o utilizzata sotto nessuna forma, senza permesso scritto, tranne per brevi passaggi in sede di recensione e comunque citando la fonte.

Indice

Prefazione pag. 9

Introduzione 13

Capitolo 1

IL FATTO E GLI INTERVENTI 17

1.1 Il fatto 18
1.2 Interventi istituzionali 21
1.3 Valutazione e gestione del danno ambientale 22
1.4 Valutazione dell'esposizione e del rischio per la popolazione 27
1.5 Interventi sanitari 29
1.6 Lo smaltimento delle scorie tossiche 31
1.7 Normativa 31
1.7.1 La "Direttiva Seveso" 31
1.7.2 La nuova direttiva europea 96/82/CE - "Direttiva Seveso 2" 33

Appendice
Caratteristiche chimico-fisiche di diossine e furani (PCDD e PCDF) 35

Capitolo 2

LA FONDAZIONE LOMBARDIA PER L'AMBIENTE 43

2.1 Attività di ricerca 44
2.2 Formazione 45
2.2.1 Borse di formazione 45
2.2.2 Iniziative Giovani Seveso 45

2.2.3 Corso di formazione per docenti di scuole secondarie superiori 45
2.2.4 Master post-universitario 46
2.3 Banche dati, applicazioni multimediali e internet 46
2.3.1 Banca dati delle ricerche 46
2.3.2 Dottori ambientali 46
2.3.3 Archivio storico multimediale degli eventi ambientali in Lombardia 47
2.3.4 Software & Ambiente. Catalogo nazionale del software per l'ambiente e il territorio (CD-ROM) 47
2.3.5 Internet 47
2.4 Attività editoriale e Comunicazione 47
2.4.1 Il piano editoriale 47
2.4.2 Convegni 48
2.4.3 Centro documentazione 48

Capitolo 3

LE RICERCHE DELLA FONDAZIONE 49

3.1 Valutazione della presenza attuale di diossina (TCDD) nell'atmosfera dell'area interessata dall'incidente ICMESA 54
3.1.1 Programma di ricerca relativo al 1997 62
3.2 Campionamento analitico di tetraclorodibenzo-*p*-diossina (TCDD) nel suolo, nella vegetazione e in indicatori biologici del Bosco delle Querce 63
3.2.1 Livelli di PCDD/F nel suolo 63
3.2.2 Livelli di PCDD/F nel biota 67
3.2.3 Programma di ricerca relativo al 1997 70
3.3 Studio su eventuali effetti della diossina (TCDD) sul sistema riproduttivo di donne esposte con un'età compresa tra 0,5 e 30 anni nel 1976 e sul sistema riproduttivo e immunitario di esposti *in utero* 70
3.3.1 Esposti *in utero* e sistemi riproduttivo e immunitario 73
3.3.2 *Sex ratio* in soggetti nati da genitori esposti 74
3.3.3 Programma di ricerca relativo al 1997 75
3.4 Epidemiologia molecolare degli effetti dall'esposizione a diossina nel territorio di Seveso 77

3.4.1 Studio della mortalità e incidenza 77
3.4.2 Studi di epidemiologia molecolare 82
3.4.3 Programma di ricerca relativo al 1997 84
3.5 Valutazione degli effetti della TCDD sul sistema riproduttivo della fauna dell'ecosistema "Bosco delle Querce" 85
3.5.1 Uccelli 87
3.5.2 Mammiferi 88
3.5.3 Comunità di insetti 88
3.5.4 Test di mutagenicità 89
3.5.4.1 Morfologia dello spermatozoo e studio sul DNA 89
3.5.4.2 Gametogenesi nel topo domestico e nel coniglio 90
3.5.4.3 Test sul micronucleo del midollo osseo 90
3.5.4.4 Genetica della mosca 90
3.5.5 Conclusioni 91
3.5.6 Programma di ricerca relativo al 1997 93
3.6 Valutazione della presenza attuale di 2,3,7,8-TCDD in prodotti alimentari dell'area di Seveso 93
3.6.1 Programma di ricerca relativo al 1997 97
3.7 Le Borse di formazione 98
3.7.1 Diritto ambientale comunitario e stato della sua applicazione nell'ordinamento nazionale e regionale: il caso degli ambienti ad alto rischio 99
3.7.2 Metodologie di valutazione del rischio di esposizione a inquinanti atmosferici tossici e persistenti 100
3.7.3 Studio cinetico delle reazioni di distruzione di composti organici su *fly ash* da inceneritori di RSU 101
3.7.4 Identificazione di bersagli cellulari in risposta a esposizione a diossine 102
3.7.5 Meccanismo di attività biologica delle policlorodibenzo-*p*-diossine (PCDD): sviluppo di modelli teorici e loro validazione sperimentale 103

Capitolo 4

IL CONVEGNO *CHIMICA, UOMO E AMBIENTE* 105

4.1 Gli interventi 107

Capitolo 5

IL BOSCO DELLE QUERCE 127

5.1 Le tappe più significative della gestione del Bosco delle Querce 128
5.2 Chi si è occupato del monitoraggio ambientale 131
5.3 Uno sguardo alle discariche 131
5.4 Il territorio 133
5.5 L'ambiente 134
5.6 Il terreno 135
5.7 La vegetazione 136
5.8 La fauna 137
5.9 Le zone del Bosco 138
5.10 Prospettive per il futuro 139

Appendice I
Direttiva 96/82/CE 141

Appendice II
Iniziative Giovani Seveso 185

Bibliografia 189

Prefazione

Più di venti anni fa, nel 1976, si verificava il drammatico incidente dell'ICMESA destinato a portare all'attenzione del mondo intero il nome del comune più colpito, Seveso, e facendone un simbolo di quanto precaria e irresponsabile possa essere una concezione dello sviluppo economico che prescinda dal rispetto dell'uomo e dell'ambiente. Dieci anni dopo l'incidente, nel 1986, veniva costituita dalla Regione Lombardia la Fondazione Lombardia per l'Ambiente destinata ad investire le sue risorse finanziarie e umane per sviluppare la base delle conoscenze tecnico-scientifiche indispensabili ad una efficace tutela dell'ambiente e della salute dell'uomo.

La Fondazione, a differenza degli enti territoriali a ciò preposti, non ha compiti e responsabilità istituzionali nella gestione e nel controllo dell'ambiente: è un ente morale, senza scopo di lucro, autonomo da condizionamenti economico-politici e pertanto in grado di sviluppare con razionalità e rigore la propria missione culturale e scientifica. In particolare non sono previsti dal suo statuto ruoli di intervento o anche solo di monitoraggio per ciò che riguarda il territorio di Seveso e dei comuni colpiti dell'incidente del 1976. Tuttavia, noi che in questi anni abbiamo amministrato e gestito la Fondazione, avvertiamo un legame ideale, morale e scientifico con gli uomini e le istituzioni che, durante gli otto anni del periodo di emergenza, si sono prodigati prima per circoscrivere e mitigare le conseguenze del disastro e poi per condurre la bonifica del territorio e il controllo della salute delle popolazioni coinvolte.

Avvertiamo a questo proposito una naturale continuità con l'azione svolta dall'Ufficio Speciale per Seveso nell'accrescere e coordinare una grande mole di indagini analitiche tossicologiche e ambientali atte a definire con sempre maggiore accuratezza le conseguenze dell'incidente. E ci sembra pertanto doveroso, nel presentare quest'opera, ringraziare e ricordare i due responsabili di questo Ufficio: l'avvocato Antonio Spallino, che resse l'Ufficio dal suo insediamento fino al 1979, e che ora, come Presidente del Centro di Cultura Scientifica Alessandro Volta, continua con successo una encomiabile azione di promozione e divulgazione del sapere scientifico; e il compianto ingegnere e senatore Luigi Noè che condusse a compimento l'azione intrapresa da Spallino con la forza della sua competenza tecnica e di una spiccata sensibilità sociale e civile.

Dunque la Fondazione, già all'indomani della sua capacità operativa (avvenuta nel 1991 con il conferimento del fondo economico di dotazione), volle affrontare la "Questione Seveso" attraverso una serie di iniziative che, oltre a proseguire le funzioni di monitoraggio ambientale a suo tempo avviate negli anni dell'emergenza, diffondessero anche nella comunità regionale e tra le popolazioni interessate una specifica sensibilità ambientale verso tutto ciò che nel male e nel bene aveva rappresentato la vicenda Seveso.

Questo libro si colloca pertanto in questo cammino, accanto alle ricerche condotte negli ultimi quattro anni nel territorio colpito dalla diossina (e relazionate in un capitolo di questo volume), al convegno internazionale organizzato nel 1996 in occasione del ventesimo anniversario dell'incidente, ai premi scolastici e alle borse di studio messe a disposizione dei giovani dei comuni colpiti nel 1976 per promuoverne interessi e formazione in campo ambientale e al volume recentemente pubblicato sulle normative comunitarie e nazionali che si collocano nell'ambito della famosa "Direttiva Seveso".

L'opera che ora presentiamo viene a colmare una grave lacuna di informazione su tutta la vicenda dall'epoca dell'incidente in poi. È infatti singolare che in tutta la pubblicistica sia tecnico-scientifica che di cronaca politica prodotta in questi vent'anni sulla vicenda ICMESA non sia mai emerso un tentativo di presentazione, razionale ed accessibile a un vasto pubblico, di ciò che dell'incidente si dovrebbe sapere: in merito al principale agente inquinante (la diossina), alle conseguenze sanitarie ed ambientali del suo rilascio a seguito dell'incidente, all'azione di bonifica del territorio culminata nella creazione del Bosco delle Querce, agli studi che sono tuttora in corso sulla presenza ed effetti a lungo termine della contaminazione da diossina.

Abbiamo così inteso dar vita a un'opera che potesse soddisfare una legittima ed encomiabile domanda di conoscenza per i tanti visitatori istituzionali che ogni anno da tutto il mondo giungono a Seveso (ecco perché il volume esce, oltre che in italiano, anche nell'edizione inglese); per gli amministratori locali del nostro paese che dall'analisi di questo incidente possono acquisire utili informazioni per le loro politiche ambientali; per i giovani che, nelle scuole e nell'università, hanno il dovere di sapere che cosa sia stato l'incidente di Seveso acquisendo al contempo un minimo di informazioni scientifiche sull'argomento, oggi più che mai attuale stante la crescente attenzione riservata dalla comunità scientifica e dalle istituzioni internazionali al controllo delle emissioni e agli effetti ambientali dei composti organici clorurati e delle diossine in particolare.

Rivolgo un sentito ringraziamento alle curatrici dell'opera, le dr. Miriam Ramondetta e Alessandra Repossi, collaboratrici dello staff tecnico interno della Fondazione, che hanno seguito con competenza professionale, dedizione e tenacia il lungo lavoro di raccolta e sistemazione del materiale che ha permesso la pubblicazione del libro.

Giovanni Bottari
Presidente
Fondazione Lombardia per l'Ambiente

Introduzione

La gran parte delle emergenze ambientali accadute negli ultimi anni in Europa può essere ricondotta a un carico eccessivo di sostanze chimiche presenti o rilasciate nell'ambiente. L'impetuoso sviluppo economico degli ultimi decenni è stato costantemente accompagnato da un elevato progresso scientifico e dall'innovazione tecnologica dell'industria chimica. Questo processo ha condotto alla commercializzazione e all'utilizzo in diversi settori di un numero e di una quantità sempre crescente di sostanze chimiche: la produzione mondiale di sostanze chimiche ha raggiunto circa 400.000.000 di tonnellate. Sono più di un milione i composti chimici inorganici e organici di sintesi. Di questi, almeno 100.000 vengono prodotti commercialmente ed immessi nel mercato (e quindi nell'ambiente) con un incremento di 2-3000 all'anno. Si hanno pertanto decine di migliaia di potenziali fonti di rischio per la salute dell'uomo e dei biosistemi ma, purtroppo, solamente per una minima frazione di questi sono disponibili dati tossicologici ed ecotossicologici[(*)].

Mentre in precedenza l'impatto chimico sull'ambiente era visto principalmente come un fattore di rischio solamente potenziale per l'uomo, a partire dagli anni '60 si è cominciato ad affrontare il rischio chimico con crescente interesse e sistematicità. Aparte alcuni precedenti segnali di minaccia chimi-

(*) Fonte: European Environment Agency, Europe's Environment - The Dobříš Assessment, Copenhagen 1995.

ca per l'ambiente (ad esempio, l'inquinamento da mercurio causa della patologia Minamata in Giappone, l'elevato quantitativo di mercurio rintracciato nei pesci in Svezia, l'eutrofizzazione delle acque di laghi, fiumi e oceani, l'inquinamento da PCB e DDT) solo recentemente è stato riconosciuto che le sostanze chimiche rilasciate nell'ambiente possono causare danni seri e duraturi in ogni comparto ambientale e alla salute dell'uomo.

Gli incidenti che avvengono all'interno di impianti industriali possono a loro volta contribuire in modi diversi al rilascio di sostanze pericolose nell'ambiente. Nei differenti comparti industriali esiste una vasta gamma di sostanze tossiche, infiammabili ed esplosive che vengono quotidianamente utilizzate, prodotte o processate ad alte temperature e ad alte pressioni e in gran quantità. Tali sostanze possono venire rilasciate accidentalmente e molto spesso provocano o originano da incendi, esplosioni o incidenti nel trasporto.

Alla fine del 1991 erano stati catalogati 121 incidenti nel Major Accident Reporting System (MARS)*, una banca dati in cui sono stati raccolti i casi più rilevanti di incidenti avvenuti in Europa, individuati sulla base della Direttiva del Consiglio europeo 82/501/CE, nota come "Direttiva Seveso".*

Le cause degli impatti degli incidenti rilevanti si distinguono per il fatto che, sebbene le attività originarie (es. energia elettrica, processi chimici e trasporti) siano pianificate e di norma continuative, i rischi e le pressioni ambientali associati agli incidenti non sono né routinari né pianificabili. Sebbene le statistiche relative agli incidenti avvenuti forniscano indicazioni su come agire in futuro, rimane impossibile prevedere con assoluta certezza dove e quando un incidente potrebbe verificarsi.

Se a ciò aggiungiamo la significativa incertezza collegata alla natura e all'ampiezza degli impatti che ne risultano, viene giustificata la considerazione degli incidenti quale sorgente significativa di rischio sociale nelle procedure di valutazione e gestione del rischio. Il rischio, in questo contesto, può essere definito quale natura e ampiezza di un effetto indesiderato in rapporto alla probabilità del suo verificarsi.

Questo libro nasce dunque dall'esigenza di fare il punto della situazione a distanza di vent'anni dall'incidente avvenuto all'impianto ICMESA di Seveso il 10 luglio 1976. Una sorta di volume riassuntivo, il cui punto di forza è rappresentato dai risultati delle ricerche promosse dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente a partire dal 1994. 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 libro non si rivolge esclusivamente a un pubblico specializzato e pertanto è stato redatto con un taglio divulgativo per facilitarne la comprensione a un'audience più vasta, pur rimanendo fedele alla sua funzione di strumento di studio o analisi per lettori del settore scientifico.

Il libro si articola in 5 capitoli ed è corredato inoltre da due appendici.

Nel ***capitolo 1*** *si ripercorrono le tappe dell'incidente attraverso la cronaca degli eventi. Vengono inoltre riportati gli interventi istituzionali e sanitari attivati nelle fasi di emergenza e in quelle successive. Un paragrafo a parte viene dedicato alla normativa comunitaria in termini di prevenzione e gestione di rischi industriali. Il capitolo è completato da alcune pagine più "tecniche" nelle quali vengono presentate le caratteristiche chimiche e fisiche e il meccanismo di azione delle famiglie di composti clorurati (policlorodibenzodiossine e policlorodibenzofurani) alle quali appartiene la diossina di Seveso.*

Rivolgiamo un sentito ringraziamento al prof. Gaetano Fara dell'Istituto di Igiene "G. Sanarelli" dell'Università degli Studi "La Sapienza" di Roma per la preziosa collaborazione offertaci per la stesura di questo capitolo.

Dall'evento accaduto a Seveso nasce nel 1986 la Fondazione Lombardia per l'Ambiente (fla), *le cui attività vengono brevemente illustrate nel* ***capitolo 2****: attraverso un percorso tematico, è possibile seguire i diversi campi di interesse e di azione della* fla, *che vedono impegnato un consistente gruppo di giovani studiosi dell'ambiente.*

Il ***capitolo 3*** *rappresenta il nucleo del volume: la* fla *ha promosso, a partire dal 1994, ricerche specifiche sul territorio colpito dalla diossina, che hanno riguardato tutti i comparti ambientali. Il particolare impegno che la* fla *ha sempre dimostrato in questo settore è confermato dai fondi destinati ai ricercatori che dal 1994 si occupano del progetto, che complessivamente coprono il 20% delle sue risorse finanziarie. Nel "progetto Seveso" sono coinvolti: la prof. Anna Arnoldi del Dipartimento di Scienze Molecolari Agroalimentari dell'Università di Milano, il prof. Pietro Alberto Bertazzi del Centro Ricerca Epidemiologica Occupazionale, Clinica e Ambientale (EPOCA) dell'Università di Milano, il prof. Sergio Facchetti del Centro Comune di Ricerca di Ispra, il dr. Roberto Fanelli dell'Istituto di Ricerche Farmacologiche "Mario Negri" di Milano, il prof. Paolo Mocarelli del Dipartimento Universitario di Patologia Clinica presso l'Ospedale di Desio, il dr. Paolo Lassini dell'Azienda Regionale delle Foreste, il prof. Carlo Alberto Redi del Dipartimento di Biologia Animale dell'Università di Pavia.*

Oltre alle ricerche, sono presentate anche le relazioni sintetiche finali dei

vincitori delle borse di studio bandite annualmente dalla fla *incentrate sul tema rischio industriale e diossine.*

Il ***capitolo 4*** *è invece dedicato interamente al convegno organizzato dalla Fondazione nel 1996: qualificati studiosi della comunità scientifica internazionale maggiormente coinvolti nelle ricerche sugli effetti della diossina sull'uomo e sull'ambiente sono stati invitati ad illustrare la propria esperienza, gli orientamenti e le valutazioni maturati in anni di attività.*

Nel ***capitolo 5****, l'ultimo del volume, viene tracciata la storia del Bosco delle Querce - sorto dopo la bonifica dell'area sul luogo più contaminato dall'incidente - dalla sua nascita, con la comparsa dei primi alberi, alla situazione attuale di crescita del neo-ecosistema. Il testo è corredato da una serie di immagini che mostrano le diverse zone del bosco e la varietà di piante arboree messe a dimora.*

Infine, due ***appendici****: la prima contiene il testo integrale della "Direttiva Seveso 2", recentemente approvata dall'Unione Europea per meglio regolamentare il settore del rischio chimico; la seconda illustra il nostro progetto* Iniziative Giovani Seveso *rivolto ai ragazzi di Seveso e dei comuni limitrofi maggiormente coinvolti nell'incidente. L'iniziativa consiste nella pubblicazione di due bandi di concorso, uno per gli studenti delle scuole medie inferiori e superiori, l'altro per gli studenti universitari, e ha lo scopo di sensibilizzare i giovani allo studio e alla salvaguardia della risorsa Ambiente.*

Antonio Ballarin Denti
Coordinatore Scientifico
Fondazione Lombardia per l'Ambiente

Capitolo 1

Il fatto e gli interventi

1.1 Il fatto

L'impianto chimico ICMESAS.p.A. (Industrie Chimiche Meda Società), 170 dipendenti, di proprietà della società Givaudan S.A. di Ginevra, a sua volta acquistata dal gruppo Hoffman Roche nel 1963, era situato nel comune di Meda al confine con la cittadina di Seveso, circa 15 km a nord di Milano (*foto 1*). Produceva intermedi per l'industria cosmetica e farmaceutica tra i quali, a partire dal 1969 e con produzione intensificata negli anni '70, il 2,4,5 triclorofenolo (TCP), composto tossico non infiammabile utilizzato come base per la sintesi di erbicidi.

Foto 1 - *Lo stabilimento ICMESA (foto di Dino Fracchia).*

All'interno dell'ICMESA la lavorazione del TCP di norma avveniva mediante una reazione esotermica termostatata a 150-160°C. A temperature molto superiori si può innescare la produzione in concentrazioni elevate di un'impurità, la 2,3,7,8 tetraclorodibenzo-*p*-diossina (TCDD), indicata come diossina, molecola assai pericolosa per le caratteristiche di altissima tossicità, persistenza e stabilità ma poco conosciuta al tempo dell'incidente. Sabato 10 luglio 1976, alle ore 12:37, un'emissione atmosferica accidentale provocò l'inquinamento di un'a-

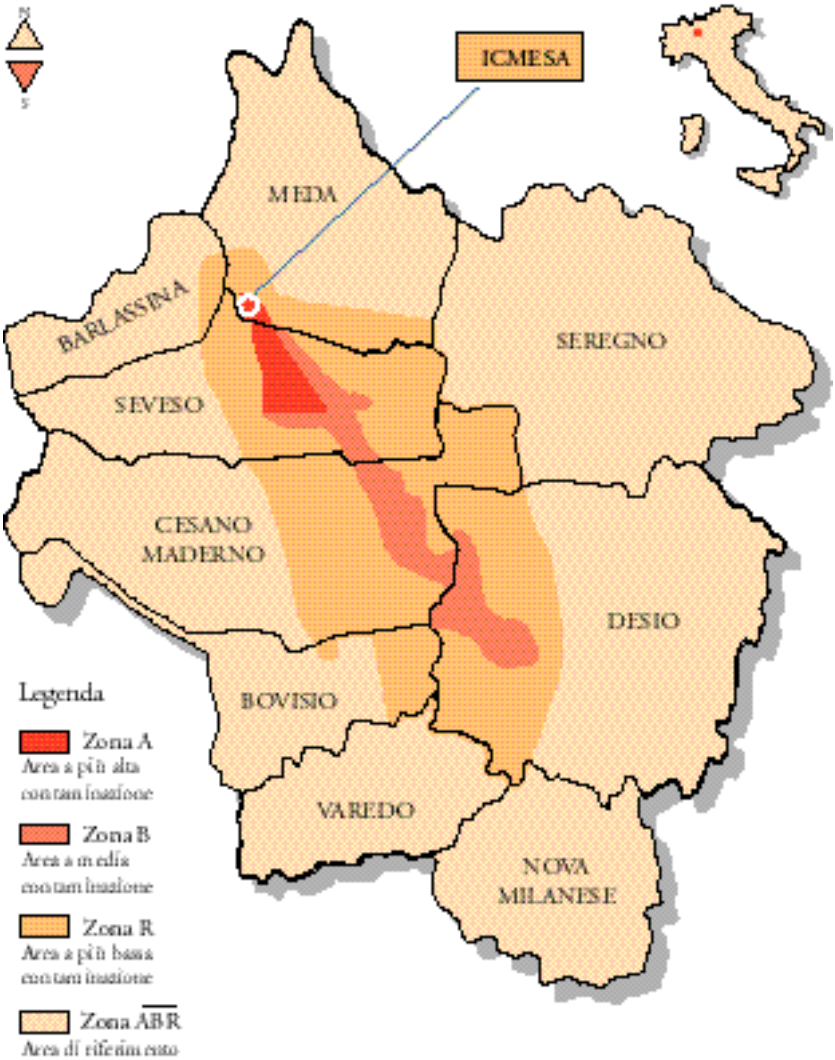

Figura 1.1 - *Mappa schematica della zona colpita dall'incidente ICMESA.*

rea di 1810 ettari nei comuni di Seveso, Meda, Desio, Cesano Maderno e, in misura minore, di altri 7 comuni, tutti della provincia di Milano (*figura 1.1*). L'emissione proveniva da un reattore di idrolisi alcalina di TCB (1,2,3,4 tetraclorobenzene) a 2,4,5 triclorofenato di sodio, un composto intermedio della preparazione di triclorofenolo.

Causa diretta dell'emissione fu una sovrapressione anomala causata da una reazione esotermica nella vasca del triclorofenolo, insorta nel reattore dopo qualche ora dalla sospensione delle operazioni, che provocò il cedimento del disco di rottura nella valvola di sicurezza: infatti, raggiunte le 4 atmosfere, il disco di rottura del reattore scoppiò, e a 250°C la TCDD, accompagnata dai citati prodotti, da glicol etilenico e da soda, fuoriuscì dallo scarico sul tetto, disperdendosi nell'atmosfera per la mancanza di un polmone di espansione. L'emissione di diossina per distillazione continuò per ore, seguita da semplice evaporazione sino a raffreddamento.

Contrariamente a quanto abituale in quel periodo dell'anno, soffiava un vento di 5 m/sec; la scia depositata dalla nube contaminò il terreno seguendo un percorso lineare per circa 6 km dalla fabbrica verso sud-est. La direzione della nube interessò aree abitate, ma la sua dispersione venne favorita dalla velocità del vento; in sua assenza i contaminanti si sarebbero distribuiti su una "fascia" ridotta, ma con concentrazioni di TCDD al suolo assai più elevate.

La miscela contenuta nel reattore al momento della sospensione delle operazioni era probabilmente costituita da circa 2030 kg di 2,4,5 triclorofenato di sodio (o altri prodotti di idrolisi di TCB), 540 kg di cloruro di sodio e circa 2000 kg di prodotti organici. Nella bonifica del reattore furono trovati 2171 kg di materiale, prevalentemente cloruro di sodio (1560 kg). Si può pertanto concludere che l'emissione atmosferica, costituita da una miscela di numerosi inquinanti tra i quali la diossina, sia stata dell'ordine di 3000 kg. Sul quantitativo di diossina contenuta nella nube tossica sono state riportate nella letteratura tecnica valutazioni assai disparate: si citano infatti valori che differiscono di vari ordini di grandezza, dai 300 g ai 130 kg.

L'ICMESA consigliò ai residenti della zona di non consumare prodotti agricoli e zootecnici locali. Inoltre dichiarò che verosimilmente la miscela fuoriuscita dal reattore conteneva triclorofenato, soda caustica, solventi e, probabilmente, altre sostanze tossiche di cui non si specificò la natura.

Lunedì 12 luglio venne chiuso l'edificio B, nel quale era installato il reattore. Già il giorno 13 si ebbe notizia del decesso di alcuni piccoli

animali, mentre il 14 cominciarono ad apparire i primi segni di infiammazione cutanea nei bambini. Il 17 luglio il direttore del Laboratorio Provinciale di Igiene e Profilassi di Milano, prof. Aldo Cavallaro, fu invitato dall'autorità sanitaria locale a un sopralluogo. Grazie alla sua lunga esperienza di chimico nel campo della sanità pubblica, il prof. Cavallaro poté sospettare il pericolo della dispersione di TCDD, sostanza, come già specificato, allora poco conosciuta: ottenne, d'accordo con la Regione, di raggiungere a Ginevra il quartier generale della Givaudan, dove si ammise la presenza di TCDD, che proprio allora i laboratori della Società stavano trovando nei campioni prelevati a Seveso nei giorni successivi all'incidente.

1.2 Interventi istituzionali

D'accordo con la Regione, con decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri (DCPM, 4.8.1976), il Ministero della Sanità istituì la **Commissione centrale tecnico-scientifica** (detta **Cimmino** dal nome del suo presidente), con il compito di formulare con urgenza proposte sulle misure precauzionali anche immediate da adottarsi e di studiare e proporre misure di decontaminazione.

Da parte sua la Regione Lombardia, immediatamente dopo l'incidente, nominò quattro **Commissioni** (**analitica, medico-epidemiologica, bonifica** e **veterinaria**) che, in coordinamento con la Commissione Cimmino, si occuparono del monitoraggio medico della popolazione, delle analisi, della decontaminazione del luogo e delle indagini di medicina veterinaria. Con delibera 488 del 2 giugno 1977, il Consiglio Regionale approvò i quattro **programmi** operativi definitivi, stilati dai competenti assessorati regionali in base alla legge regionale 17 gennaio 1977, n. 2, che riguardavano le seguenti aree di intervento:

- accertamenti e controlli sull'inquinamento del terreno, delle acque e della vegetazione e interventi di decontaminazione e di bonifica del terreno e degli stabili, anche per prevenire la diffusione dell'inquinamento;
- accertamenti e controlli sanitari, assistenza sanitaria e, in generale, tutela della salute pubblica nella zona colpita; accertamenti, controlli e interventi nel campo della profilassi medico-veterinaria e dell'assistenza zooiatrica;
- assistenza sociale e scolastica, compresa la fornitura di alloggi alle popolazioni sfollate;

- ripristino e ricostruzione delle strutture civili e abitative non recuperabili e realizzazione delle opere necessarie per il ristabilimento delle condizioni di vita adeguate alla particolare situazione della zona colpita e delle capacità produttive dei terreni agricoli interessati.

Inoltre vennero previsti interventi a favore di imprese singole o associate agricole, artigiane, turistiche e alberghiere, industriali e commerciali, che avevano subìto danni in conseguenza dell'inquinamento dovuto alle sostanze tossiche.

Per attuare questi programmi operativi e coordinare il lavoro, la Regione Lombardia, con legge regionale 17 giugno 1977, n. 27, istituì l'**Ufficio Speciale di Seveso**, nel quale all'epoca lavoravano circa 70 persone. Il Primo Incaricato dell'Ufficio fu l'avvocato Antonio Spallino (1977-'79), in seguito sostituito dal prof. Luigi Noè. Come previsto dalla legge, venne inoltre istituito l'Archivio dell'Ufficio Speciale, in cui furono raccolti e conservati tutti gli atti e documenti relativi agli interventi nella zona colpita.

Nel marzo 1987 l'Ufficio venne chiuso e tutta la documentazione dell'Archivio raccolta in 700 scatole e trasferita nella sede della Regione Lombardia.

1.3 Valutazione e gestione del danno ambientale

Tenendo conto della distribuzione dei danni e della presunta direzione della nube tossica si stilò, in base ai risultati dell'attività analitica svolta nei mesi successivi all'incidente, una prima mappa di contaminazione. L'area colpita venne divisa in tre zone, A, B, R, a contaminazione del suolo decrescente:

Zona	A	A/B	B	B/R	R
superficie (ha)	87,3		269,4		1430
abitanti	706		4613		30.774
concentrazione di TCDD ($\mu g/m^2$)	580,4÷15,5		4,3÷1,7		1,4÷0,9
valore medio di confine ($\mu g/m^2$)		50		5	
valore medio di confine (pg/g) o (ppt)		≃ 400		≃ 40	

La linea di confine tra le zone A e B venne stabilita laddove le concen-

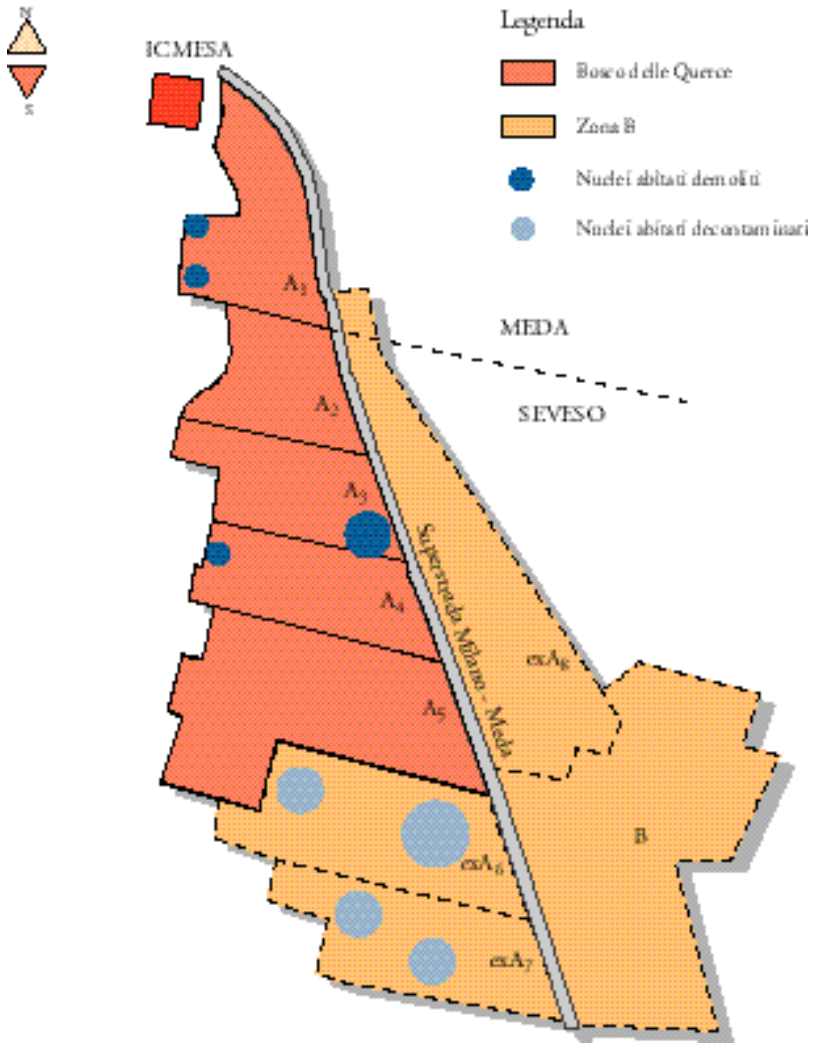

Figura 1.2 - *Distribuzione delle subzone A_1-A_8 a concentrazione di diossina decrescente. L'area comprendente le subzone da A_1 ad A_5 è stata bonificata a parco, il Bosco delle Querce, e le abitazioni presenti demolite. Gli edifici delle subzone A_6 e A_7 sono invece stati decontaminati con opportuni interventi.*

trazioni **medie** di TCDD nel suolo risultavano pari a ≤50 $\mu g/m^2$; il confine tra la zona B e la zona R venne fissato laddove la concentrazione media risultava pari a ≤50 $\mu g/m^2$. In tutti i casi, le linee di confine furono tracciate seguendo le preesistenti divisioni naturali o artificiali, in conformità ai quadri di contaminazione compilati.

Dato che la concentrazione di TCDD rilevata nei singoli punti di campionamento della **zona A** si estendeva per oltre quattro ordini di grandezza, la zona A venne suddivisa nelle subzone A_1 - A_8, ciascuna caratterizzata da livelli di TCDD via via inferiori (*figura 1.2*).

La Commissione bonifica, in collaborazione con quella Centrale tecnico-scientifica (Cimmino), si attivò tempestivamente valutando le prime ipotesi di bonifica. Vennero condotte ricerche sperimentali per accertare l'entità e la mobilità della diossina nel suolo e nel pulviscolo atmosferico, dimostrandone l'elevata persistenza e la scarsa mobilità. Ebbero invece esito nullo le ricerche sulle metodologie per aumentare la degradazione microbica della diossina con microrganismi selezionati e sull'utilizzo di opportuni concimi.

Il monitoraggio della distribuzione della diossina nel suolo, effettuato per oltre 17 mesi, dimostrò che la TCDD nella parte superiore del terreno, pari a oltre il 90% della diossina misurabile, si riduceva del 50% nei primi 5 mesi, a causa della fotodecomposizione, ma poi tendeva a stabilizzarsi (*foto 2*). Questa informazione fondamentale guidò tutti i successivi processi di recupero. Nella zona A, la cui bonifica si concluse nel 1977, venne rimosso l'intero strato superiore, fino a una profondità di 40 cm; tale materiale terroso, le macerie degli edifici demoliti e le attrezzature impiegate per le operazioni di bonifica furono collocati in due discariche speciali controllate di circa 300.000 m^3 situate a poca distanza dal sito dell'incidente. Una parte dell'area identificata come zona A (subzone A_1-A_5) venne, negli anni successivi, convertita a parco, il Bosco delle Querce (*vedi capitolo 5*).

Atitolo esemplificativo descriviamo le procedure di recupero adottate nelle subzone A_6 e A_7, caratterizzate da livelli di contaminazione relativamente bassi se paragonati con quelli di altre subzone della zona A.

Le subzone A_6 e A_7 avevano una notevole importanza sociale ed economica in quanto ospitavano circa il 67% della popolazione evacuata. Insieme si estendevano per circa 32 ettari; la loro minima distanza dall'ICMESA era 1200 metri. I livelli di TCDD nel suolo erano mediamente di circa 270 $\mu g/m^2$. La metodologia adottata per il recupero prevede la rimozione meccanica del suolo inquinato da TCDD dalla superficie in modo da raggiungere concentrazioni comprese entro i

limiti tollerabili: infatti, l'asportazione di 25 cm di suolo rimosse anche circa il 90% della TCDD presente. Allo scopo, vennero utilizzati diversi metodi di pulitura.

Foto 2 - *Monitoraggio dell'area colpita dalla nube tossica (foto di Dino Fracchia).*

Durante le operazioni di recupero, gli interni e gli esterni degli edifici vennero ripetutamente controllati attraverso test di pulitura o scrostatura; vennero prelevate le scorie dello strato superiore di terreno ed effettuati circa 700 test su 87 edifici e giardini situati nella zona. Al termine delle operazioni di recupero tutti i livelli di TCDD risultarono sotto i limiti tollerabili. Lo stesso vale per le aree agricole e di allevamento che vennero testate tramite prelievi di strati superiori di terreno in 56 siti selezionati. Costruzioni, giardini, aree agricole e di allevamento vennero infine ripristinate e accuratamente ricontrollate. In caso di risultati negativi, le operazioni di pulizia si ritenevano terminate e le autorità sanitarie autorizzavano il reingresso della popolazione evacuata. La distribuzione disomogenea della TCDD nel terreno e sulle superfici interne ed esterne delle costruzioni (da <0,01 fino a qualche $\mu g/m^2$) rese necessaria l'adozione di uno specifico approccio statistico che valutasse in maniera efficace la validità delle operazioni di recupero (*foto 3*).

Foto 3 - *Interventi di bonifica (foto di Dino Fracchia).*

La riabilitazione delle **zone B e R** fu iniziata nel 1977. La semplice aratura ridusse, nei primi 7 cm di terreno, i livelli di TCDD in maniera considerevole. L'efficacia dei trattamenti agricoli venne incrementata ripetendoli per tutto il 1977 e negli anni successivi. Il rapido effetto della diluizione venne accompagnato da lenti processi di degradazione della molecola di TCDD che venivano facilitati dal suo trasferimento dagli strati di terreno più profondi a quelli superficiali, rendendo così possibile l'azione di processi di demolizione fotochimica della diossina. L'aratura venne applicata anche al recupero di vaste aree di interesse agricolo.

I livelli di TCDD nelle **acque** superficiali e sotterranee e nei **sedimenti** fornirono risultati costantemente negativi, a riprova della bassa solubilità in acqua della TCDD (molecola fortemente lipofila).

Il **pulviscolo** volatile venne monitorato al fine di valutare la possibilità che le particelle contenenti TCDD fossero aerotrasportate dai suoli contaminati, in particolare durante i lavori di recupero. Si osservò che i depositi di caduta massima di TCDD si verificavano al principio dell'estate e diminuivano con l'aumentare della distanza dall'impianto.

I livelli di TCDD nella **vegetazione** diminuivano rapidamente con l'aumentare della distanza dall'ICMESA. Immediatamente dopo l'inci-

dente, i livelli di TCDD raggiunsero valori dell'ordine di qualche mg/kg (ppm), mentre nella vegetazione di nuova crescita degli anni seguenti i livelli diminuirono drasticamente di alcuni ordini di grandezza.

Appena dopo l'incidente si registrò un notevole incremento nella mortalità degli **animali**, principalmente conigli e pollame, nelle aree vicine all'impianto chimico. La mortalità nella zona A fu ovviamente maggiore che nelle zone B e R. È interessante notare che fu registrata una mortalità vicina al 100% nelle fattorie ove gli animali venivano nutriti con verdure provenienti dalla aree contaminate (e questo valeva anche per fattorie non necessariamente ubicate in aree fortemente inquinate), mentre un tasso di mortalità nettamente inferiore fu riscontrato in fattorie ove gli animali venivano nutriti con cibo confezionato o con verdure raccolte sia prima dell'incidente sia lontano dall'impianto ICMESA.

Sulla base dei risultati dei monitoraggi ambientali venne dunque vietato il consumo di cibo e animali provenienti dalle zone A, B e R. Successivamente venne deciso di abbattere gli animali allevati in fattorie ubicate in queste aree al fine di evitare il rischio di ingerimento di TCDD da parte della popolazione.

La misurazione della TCDD nel latte di mucca confermò che i livelli maggiori si riscontravano in campioni di latte provenienti da fattorie vicine all'impianto.

1.4 Valutazione dell'esposizione e del rischio per la popolazione

Su indicazione della Commissione regionale medico-epidemiologica, gli oltre 700 abitanti della zona A vennero evacuati. In base alle conoscenze acquisite venne infatti stabilito che l'evacuazione si rendeva necessaria laddove la diossina nel terreno superasse i 50 $\mu g/m^2$. Nella zona B, tipicamente agricola, gli originari livelli di contaminazione non superavano i 5 $\mu g/m^2$; in zona R erano addirittura inferiori a 2 $\mu g/m^2$. Pertanto, gli abitanti di queste due zone vennero solamente sottoposti a misure precauzionali differenziate quali il divieto di coltivare e consumare prodotti agricoli e zootecnici e l'allontanamento diurno di bambini e donne in gravidanza. I fattori di rischio considerati furono la presenza nella zona inquinata nel giorno dell'incidente e la permanenza fino all'evacuazione, eventuali animali morti vicini alla residenza, ingestione di alimenti della zona e presenza di ustioni o di cloracne (*tabella 1.1*).

Nel 1984 venne effettuata una nuova valutazione del rischio per gli abitanti della zona B. Se confrontata con quella del periodo appena successivo all'incidente, essa si avvalse di migliori e più affidabili informazioni analitiche. Vennero considerate le seguenti modalità di contaminazione:

- ingestione accidentale di terra;
- assorbimento tramite contatto dermico con il suolo;
- inalazione di polvere contaminata;
- contaminazione dell'acqua potabile;
- ingestione di vegetali coltivati in orti domestici;
- consumo di prodotti animali (principalmente polli e conigli) dell'area.

Oltre a ciò, al fine di rendere ancora più precisa la stima del rischio di contaminazione, si rese indispensabile un'analisi più dettagliata di ulteriori parametri quali il tasso di traslocazione della TCDD dal suolo alla vegetazione e ai prodotti vegetali coltivati, le abitudini alimentari dei residenti, compresi il consumo di uova e latte, non considerati nelle precedenti valutazioni. Una parte dell'analisi richiese lavoro sperimentale come l'uso di colture coltivate regolate e il controllo di fattorie di animali nella zona B.

ZONA B
- Intensificazione dell'igiene personale
- Divieto di allevare animali e coltivare prodotti vegetali
- Autorizzazione alla sola permanenza notturna nelle proprie case a bambini sotto i 12 anni e a donne incinte
- Astensione dalla procreazione
- Minimizzazione del livello di pulviscolo atmosferico (limite di velocità per i veicoli 30 km/h)
- Accurato svuotamento degli apparecchi elettrici di pulizia
- Proibizione della caccia per circa 8 anni

ZONA R
- Intensificazione dell'igiene personale
- Divieto di allevare animali e coltivare prodotti vegetali
- Obbligo di nutrizione degli animali da cortile con cibi provenienti da aree esterne alle zone A, B e R
- Proibizione della caccia per circa 8 anni

Tabella 1.1 - *Precauzioni adottate per i residenti delle zone B e R.*

1.5 Interventi sanitari

Tra i programmi operativi realizzati e coordinati dall'Ufficio Speciale ebbe fondamentale importanza quello sanitario; numerose sono state le strutture e gli istituti sanitari attivatisi fin dai momenti successivi all'incidente e tre le linee sulle quali il programma si sviluppava:

- **controllo sanitario sistematico delle persone colpite o a rischio:** disponibilità di ambulatori di pediatria, internistica, ostetricia-ginecologia, neonatologia, dermatologia, medicina del lavoro, oculistica, neurologia, immunologia, genetica e del laboratorio diagnostico (linea affidata ai Consorzi Sanitari di Zona e a istituti universitari convenzionati);
- **sorveglianza epidemiologica degli abitanti:** per rilevare incidenza e prevalenza di vari tipi di patologie e di variazione di eventi rari in popolazioni di cui andava identificato il rischio (linea affidata a strutture sanitarie locali);
- **ricerche di laboratorio sugli effetti della TCDD:** in modo da contribuire a orientare il programma di sorveglianza (linea affidata per convenzione a istituti di ricerca, universitari e non).

Poiché al tempo dell'incidente era possibile valutare l'esposizione alla diossina solo indirettamente (in base alla zona di residenza), cioè non esisteva un metodo di misura diretto della TCDD nel siero, i risultati dei test di laboratorio con valori del metabolismo alterati sarebbero diventati di estrema importanza.

Furono effettuati oltre 20 test di laboratorio comprendenti analisi sulla funzionalità epatica, renale, ossea, del sistema immunitario; sul metabolismo dei lipidi, sul sistema nervoso nonché studi sul tasso di aborti spontanei e sulla presenza di eventi malformativi congeniti. I test furono eseguiti su un campione di circa 17.000 persone nel periodo 1976-1984.

A conclusione di queste indagini, l'International Steering Committee, guidata dall'epidemiologo israeliano prof. Marcus Klingberg - che agì come alto consulente dell'Ufficio Speciale fino al 1984 - dichiarò che fino a quel momento l'unica conseguenza grave sulla salute era rappresentata dalla cloracne. Auspicò inoltre lo svolgimento di indagini per lo studio di possibili effetti a lunga scadenza, in quanto sia la natura della molecola stessa (stabilità e persistenza) che l'accumularsi di ulteriori studi nel tempo non potevano escludere la comparsa di danni anche a distanza di molto tempo. Infine, i dati raccolti durante il monitoraggio sanitario si basavano esclusivamente su misure indirette dell'esposizione a TCDD (zone di residenza) e quindi non furono

sufficienti a trarre conclusioni definitive. Nel 1987 al Center for Disease Control di Atlanta (Stati Uniti) alcuni studiosi (tra i quali il dr. Donald G. Patterson e il dr. Larry L. Needham) misero a punto una metodologia per misurare la concentrazione di diossina nel siero dei veterani del Vietnam, sulla quale si basò lo studio pilota condotto successivamente sulla popolazione di Seveso esposta. Ciò fu possibile grazie all'intuizione che ebbe nel luglio del 1976 il gruppo di ricercatori del Dipartimento universitario di Patologia Clinica dell'Università di Milano presso l'Ospedale di Desio, guidati dal prof. Paolo Mocarelli, direttore del dipartimento: congelarono a -20°C e conservarono, quando possibile, un campione di siero di ciascun soggetto esaminato.

I risultati di tali analisi confermarono l'elevata esposizione degli abitanti, soprattutto in zona A, con concentrazioni di TCDD in alcuni casi altissime (*figura 1.3*).

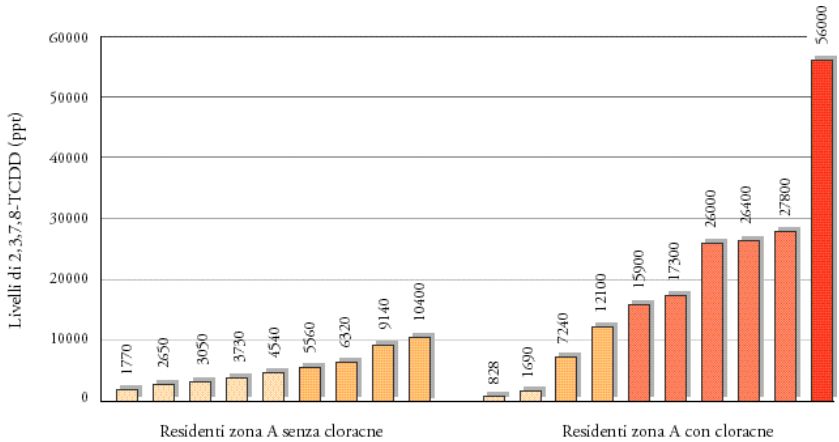

Figura 1.3 - *Livelli sierici di TCDD nei residenti di Seveso (zona A).*

Le indagini epidemiologiche sugli effetti della diossina sono tuttora in corso. Nel *capitolo 3* vengono presentati i risultati delle ultime analisi effettuate dai gruppi di ricercatori guidati dal prof. Mocarelli e dal prof. Pier Alberto Bertazzi dell'EPOCA, Centro di Ricerca Epidemiologica Occupazionale Clinica e Ambientale dell'Università di Milano.

1.6 Lo smaltimento delle scorie tossiche

Dopo i primi interventi rimase il problema relativo allo smaltimento delle scorie tossiche provenienti dall'interno del reattore esploso nell'impianto ICMESA. In Italia e in Svizzera non si riuscirono a trovare soluzioni adatte, e nel resto d'Europa nessun paese era disposto a smaltirle, nonostante l'esistenza di siti di smaltimento idonei e inceneritori ad alta temperatura. Nella primavera del 1982 le autorità italiane ottennero dalla Mannesmann Italiana il consenso a occuparsi delle scorie. La compagnia si impegnò a trasportare i rifiuti del reattore contenenti diossina a un sito autorizzato e, firmati gli accordi, finalmente il materiale venne asportato accuratamente dalla vasca di reazione in condizioni di massima sicurezza. I 41 fusti con il materiale vennero trasportati, con approvazione ufficiale sancita da un notaio, al luogo di destinazione.

I materiali derivanti dalle operazioni di bonifica, dalla demolizione degli edifici e dalla scarifica dei terreni, invece, furono raccolti in due vasche realizzate nei comuni di Seveso e Meda. Nella vasca A, sita nel comune di Seveso, vennero depositati i materiali rimossi nel territorio di Seveso e quelli provenienti dalla demolizione dell'ICMESA, per un volume totale di circa 200.000 m^3.

Nella vasca B, situata nel comune di Meda e adiacente al torrente Certesa, vennero accumulati i materiali rimossi dalla zona contaminata sita a nord dell'impianto e i fanghi contaminati da TCDD provenienti dal depuratore di Seveso, circa 80.000 m^3 di volume totale (*vedi capitolo 5*).

1.7 Normativa

1.7.1 La "Direttiva Seveso"

L'esperienza di Seveso aveva messo in luce l'inadeguatezza della legislazione per le industrie insalubri allora vigente in materia di "rischio industriale", protezione dei lavoratori e della popolazione. È stato proprio l'incidente verificatosi all'interno dello stabilimento ICMESA-Givaudan a stimolare l'avvio, nella Comunità europea, di una normativa finalizzata a sottoporre ad adeguato controllo gli impianti industriali considerati a maggior rischio per la popolazione e per l'ambiente. È stata infatti formulata la direttiva 82/501/CEE del 24 giugno 1982 riguardante le attività industriali "a rischio di incidente rilevante", comunemente chiamata "Direttiva Seveso". La strategia messa in atto dalla direttiva si prefigge due scopi principali: ridurre la

fonte e la possibile incidenza del rischio tecnologico, mediante l'analisi delle cause degli incidenti e la revisione delle caratteristiche degli impianti; attuare un sistema di prevenzione degli incidenti, mediante il ricorso a soluzioni epidistiche e a procedure finalizzate a garantire la sicurezza interna ed esterna dei siti industriali.
Le nozioni di base per la sua applicazione sono:

- "attività industriale", che si riferisce a qualsiasi attività di stoccaggio e manipolazione di sostanze pericolose all'interno dello stabilimento, comprese le attività di trasporto interne allo stabilimento; resta invece escluso il trasporto di sostanze pericolose verso l'esterno, soggetto a normativa specifica;
- "fabbricante", chiunque sia responsabile di un'attività industriale, introducendo una definizione ampia al punto da non consentire l'elusione della responsabilità attraverso meccanismi di delega di funzioni;
- "incidente rilevante", esplosione, incendio o emissione di sostanze tossiche, determinato dallo sviluppo incontrollato di un'attività industriale e idoneo a determinare conseguenze gravi, immediate o differite per la salute delle persone esposte all'interno o all'esterno dello stabilimento, e/o per l'ambiente esterno allo stabilimento;
- "sostanze pericolose", classificate in base alla tipologia dell'impianto in cui sono sottoposte a trattamento o stoccaggio e alla pericolosità attribuita alle singole attività industriali (*allegati II, III e IV*).

Sono stabiliti chiaramente gli obblighi dei fabbricanti e degli organi di controllo. Il fabbricante deve essere in grado di "dimostrare, a richieste delle autorità competenti, di aver provveduto all'individuazione dei rischi, all'adozione di appropriate misure di sicurezza, all'informazione, all'addestramento e all'attrezzatura, ai fini di sicurezza, di coloro che lavorano nel sito". In particolare, considerando che i pericoli possono derivare sia dalle sostanze che dai processi adottati, i fabbricanti dovranno rendere note sia le caratteristiche delle sostanze (quantità, caratteristiche chimico-fisiche, e causa della pericolosità) che quelle degli impianti (pericolosità della collocazione, tipo di processo, tipo di impianto, personale esposto al rischio, provvedimenti di sicurezza e misure di emergenza).

A loro volta gli organi di controllo dovranno in primo luogo vagliare l'opportunità di attivazione di ogni nuovo impianto, ricevere le notifiche, analizzare le informazioni, vigilare sull'appropriatezza dei piani di emergenza e di sicurezza, valutabili anche attraverso ispezioni o altre misure di controllo. È chiaramente espressa, anche in questa particolare area dei

controlli, l'importanza dell'informazione in modo da consentire la realizzazione in tempo reale di un efficace piano di emergenza.

La Direttiva Seveso e le sue successive modifiche sono state in gran parte recepite in Italia, con un ritardo di circa 4 anni rispetto ai tempi di attuazione fissati dalla normativa europea, nel DPR 175 del 17 maggio 1988, che ha fissato le regole per il controllo delle attività industriali a rischio di incidente rilevante.

1.7.2 La nuova direttiva europea 96/82/CE - "Direttiva Seveso 2"

Con l'approvazione della nuova direttiva n. 96/82/CE del 9 dicembre 1996 (riportata integralmente nell'*appendice I* di questo volume) l'Europa inaugura un sistema di seconda generazione relativo al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose.

L'obiettivo dichiarato della nuova direttiva è quello di rendere più efficace il sistema di controllo delineato dalla direttiva 82/501/CEE, ampliandone il campo di applicazione e intensificando gli scambi di informazione tra gli stati membri. In particolare la direttiva punta a modificare l'ambito applicativo della "Direttiva Seveso" in modo che le disposizioni si applichino a tutti gli stabilimenti, in cui determinate sostanze pericolose sono presenti in quantità consistenti e tali da comportare un pericolo di incidente rilevante. Il collegamento stabilito tra la semplice presenza di una sostanza pericolosa e il pericolo di incidente rilevante fa venir meno la distinzione tra impianti di processo e depositi, finora separati, utilizzata per delimitare il campo di applicazione della normativa sulle attività industriali a rischio. Un secondo aspetto particolarmente qualificante è l'accento posto sui sistemi di gestione del rischio e degli incidenti, basato sulla circostanza per cui la maggior parte degli incidenti è causata da errore di gestione. Anche le definizioni subiscono un ampliamento: scompare il riferimento all'attività industriale, mentre vengono introdotte le definizione di stabilimento e di impianto.

In tema di rischio industriale, la Fondazione Lombardia per l'Ambiente ha attivato nel corso del 1997, in collaborazione con la Regione, uno studio di controllo ambientale relativo al rischio industriale in Lombardia. Il progetto si sviluppa su tre linee: l'elaborazione delle linee guida per l'esame dei rapporti e delle dichiarazioni di sicurezza stabiliti nel citato DPR 175/88; la definizione di protocolli di intervento sul rischio incidentale e la formazione del personale regionale e non nel settore della prevenzione e controllo del rischio incidentale.

Appendice

Caratteristiche chimico-fisiche di diossine e furani (PCDD e PCDF)

Diossine e furani

Le **dibenzo-para-diossine** e i **dibenzofurani policlorurati** appartengono alla classe dei composti organici policiclici alogenati e hanno proprietà chimico-fisiche simili. Sono solidi e con elevati punti di fusione ed ebollizione. Sono inoltre scarsamente solubili in acqua e marcatamente lipofili.

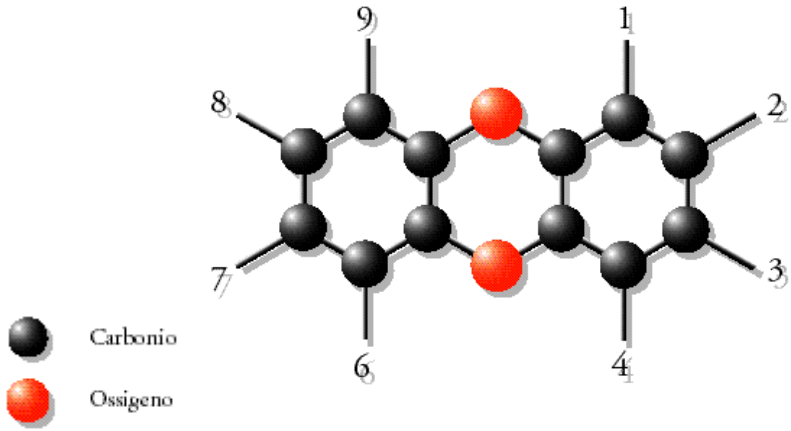

Figura 1 - *Molecola della dibenzodiossina con indicate le posizioni che possono legare atomi di cloro.*

Le diossine possono essere mono o poli clorurate, in qualunque delle 8 posizioni libere dei due anelli aromatici; pertanto, in teoria, esistono 75 isomeri possibili dovuti al differente grado di clorurazione (*figura 1*). Per esempio, la specie di diossina emessa nell'incidente ICMESA è la 2,3,7,8-TCDD (tetraclorodibenzo-*p*-diossina), la quale possiede 4 atomi di cloro nelle posizioni 2,3,7,8.

Fonti artificiali di PCDD e PCDF

I fenoli clorurati con almeno un cloro in posizione orto rispetto al gruppo idrossile e soprattutto i loro sali condensano a temperature superiori ai 300°C per formare dibenzo-*p*-diossine, in una reazione specifica (*figura 2*).

Il termine "congenere" include tutti i derivati alogenati di dibenzodios-

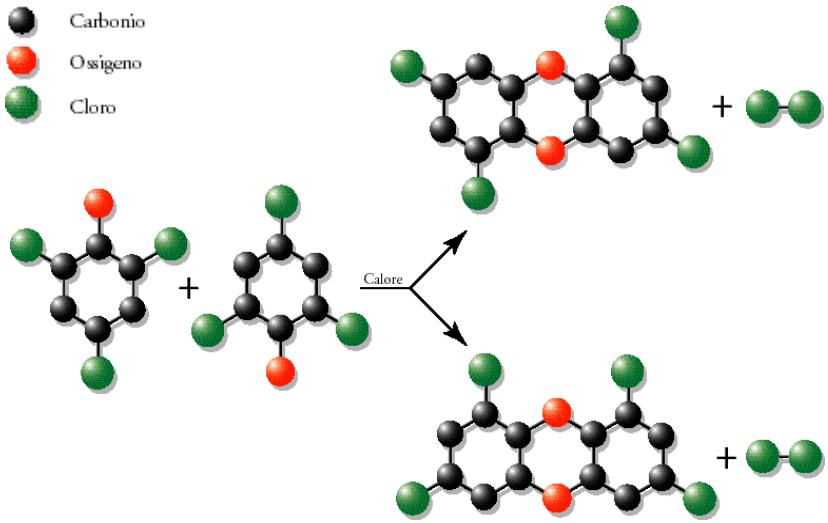

Figura 2 - *Reazione di condensazione dei fenoli clorurati.*

sine e dibenzofurani, indipendentemente dal grado o sito di sostituzione.

L'ubiquità di questi composti nell'ambiente sembra sorprendente, ma può essere spiegata da diverse ragioni: stabilità termica, scarsa volatilità, scarsa biodegradabilità ambientale ed elevata liposolubilità.

- *Stabilità termica*: la pirolisi[1] degli alcali a 800°C provoca la formazione di composti aromatici. Questi possono facilmente generare un alto numero di strutture poliaromatiche, compresi diossine e furani policlorurati, stabili e distruttibili solo a temperature superiori a 950°C.
- *Scarsa volatilità*: questi composti presentano una bassa tensione di vapore che ne impedisce la dispersione molecolare nell'aria, permettendola però a livello di adsorbimento sugli aerosol particolati. Pertanto possono risultare alquanto persistenti nel suolo.
- *Scarsa biodegradabilità ambientale*: tali molecole resistono facilmente sia agli attacchi biotici che a quelli abiotici e sono pertanto fortemente persistenti nell'ambiente. L'emivita[2] media della TCDD nel suolo è di circa 10 anni.

---

[1] *La pirolisi è il processo di decomposizione termica in cui il calore provoca la rottura di molecole complesse fino a ottenere molecole semplici, termicamente più stabili.*

[2] *L'emivita indica il tempo in cui il 50% delle molecole del composto in esame si decompone.*

- *Liposolubilità*: i composti clorurati e aromatici sono dei perfetti solventi di grassi. Nel caso delle PCDD e dei PCDF, il logaritmo del coefficiente di distribuzione ottanolo/acqua è molto elevato (>6): pertanto la catena alimentare è, attraverso i grassi assorbiti, il veicolo principale di trasporto e accumulo sia di diossine che di furani.

Dal punto di vista tossicologico, gli effetti di diossine e furani osservati sugli animali e sull'uomo sono dovuti alle seguenti proprietà, che la totalità delle molecole in oggetto possiedono:

- sono presenti in tracce ovunque nell'ambiente;
- hanno una configurazione molecolare molto stabile sia termicamente che biologicamente;
- sono altamente lipofili;
- la configurazione strutturale delle diossine spiega la maggior parte degli effetti osservati. Infatti, tra tutti i possibili congeneri, solo i composti contenenti quattro o più atomi di cloro, comprese le posizioni 2, 3, 7 e 8, sono importanti dal punto di vista tossicologico.
- Il livello di tossicità dipende dalla distribuzione nella struttura degli atomi di cloro (*tabella 1*).

La più recente metodologia di valutazione della tossicità degli isomeri 2,3,7,8 sostituiti si basa sul risultato dello studio NATO/CCMS che ha definito i fattori di tossicità equivalente (I-TEF= International Toxicity Equivalency Factors) riportati in *tabella 1*.

Pertanto, la tossicità totale di un campione contenente diossine e furani è funzione della concentrazione degli isomeri tossici e come tale può essere espressa.

L'**isomero 2,3,7,8 tetraclorurato** (la diossina di Seveso, TCDD, *vedi figura 3*) presenta caratteristiche che ne spiegano la specifica rilevanza:

- la sua acuta tossicità nella cavia, evidenziata già a uno stadio preliminare;
- un effetto dermatologico sull'uomo, dopo esposizione prolungata, chiamato cloracne;
- si forma alquanto velocemente da uno specifico precursore, il 2,4,5 triclorofenolo.

Fonti artificiali della TCDD

- Prodotti di reazioni secondarie nell'idrolisi alcalina del 1,2,4,5 tetraclorobenzene per la produzione di 2,4,5 triclorofenolo.
- Impurità di triclorofenolo industriale e derivati quali 2,4,5,-T e 2,4,5-TP.
- Impurità di numerosi pesticidi in concentrazioni da 0,1 a 40 ppm.

Posizioni sostituite da atomi di clori	Composto	I-TEF
2,3,7,8	Tetraclorodibenzodiossina (TCDD)	1
1,2,3,7,8	Pentaclorodibenzodiossina (PeCDD)	0,5
1,2,3,4,7,8	Esaclorodibenzodiossina (HxCDD)	0,1
1,2,3,7,8,9	Esaclorodibenzodiossina (HxCDD)	0,1
1,2,3,6,7,8	Esaclorodibenzodiossina (HxCDD)	0,1
1,2,3,4,6,7,8	Eptaclorodibenzodiossina (HpCDD)	0,01
1,2,3,4,6,7,8,9	Octaclorodibenzodiossina (OCDD)	0,001
2,3,7,8	Tetraclorodibenzofurano (TCDF)	0,1
2,3,4,7,8	Pentaclorodibenzofurano (PeCDF)	0,5
1,2,3,7,8	Pentaclorodibenzofurano (PeCDF)	0,05
1,2,3,4,7,8	Esaclorodibenzofurano (HxCDF)	0,1
1,2,3,7,8,9	Esaclorodibenzofurano (HxCDF)	0,1
1,2,3,6,7,8	Esaclorodibenzofurano (HxCDF)	0,1
2,3,4,6,7,8	Esaclorodibenzofurano (HxCDF)	0,1
1,2,3,4,6,7,8	Eptaclorodibenzofurano (HpCDF)	0,01
1,2,3,4,7,8,9	Eptaclorodibenzofurano (HpCDF)	0,01
1,2,3,4,6,7,8,9	Octaclorodibenzofurano (OCDF)	0,001

Tabella 1 - *Fattori di equivalenza per le diossine e i dibenzofurani (I-TEF = International Toxicity Equivalency Factors).*

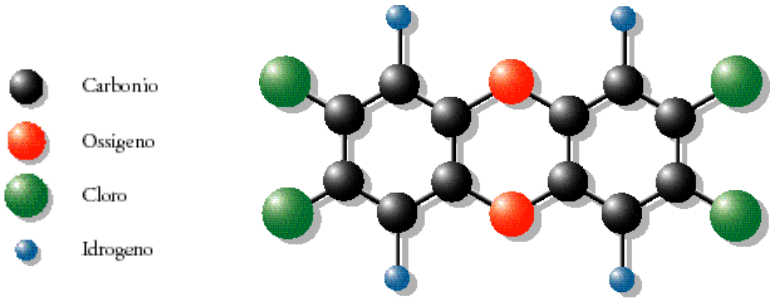

Figura 3 - *Molecola della 2,3,7,8-TCDD.*

- Impurità di certi bifenili policlorurati quali l'Arochlor 1254.
- Si forma durante la pirolisi del sale di sodio di 2,4,5-T e 2,4,5-TP (acido 2,4,5-triclorofenossipropionico).
- La TCDD è stata riscontrata in 23 campioni su 24 di 2,4,5-T in concentrazioni che variano da <0,01 ppm a >10 ppm (2,3,7,8-TCDD).

Fattori di inquinamento ambientale della diossina (TCDD)
Riguardo alla persistenza della molecola si è rilevato che nel suolo, dopo un anno di degradazione, il 50-60% delle concentrazioni originali (da 1 a 100 ppm) rimane invariato. Nella *tabella 2* vengono riportate le percentuali residue di TCDD dosata in due suoli a tre diverse concentrazioni su un periodo di 350 giorni:

	Concentrazione di TCDD dosata (ppm)	**% di TCDD riscontrata**				
suolo		**20 gg**	**40 gg**	**80 gg**	**160 gg**	**350 gg**
terreno argilloso	1	94	81	81	80	54
argilla/limo misto argilla	1	79	77	69	83	54
terreno argilloso	10	80	80	80	79	57
argilla/limo misto argilla	10	85	88	82	85	63
terreno argilloso	100	95	92	86	73	56
argilla/limo misto argilla	100	107	116	92	75	71

Metodi di controllo: a 700°C: decomposizione 50% dopo 21 secondi di esposizione. A 800°C: decomposizione completa dopo 21 secondi di esposizione.

Tabella 2 - *Percentuali di TCDD dosata in due suoli.*

Nelle acque, l'emivita della TCDD studiata su un modello di ambiente acquatico è risultata di circa 600 giorni, mentre la fotodecomposizione è da considerarsi trascurabile nelle soluzioni acquose.

Effetti biologici della diossina (TCDD)
L'importanza degli effetti tossici e biologici della TCDD dipende da diversi fattori: la specie animale in primo luogo e poi nutrizione, sesso ed età dell'animale stesso, nonché la sua curva di esposizione. Infatti,

nessuna specie animale presenta tutti gli effetti osservati. Le ricerche hanno convalidato un marcato effetto embriotossico e teratogenico su topo, coniglio e scimmia. Al contrario, la maggior parte dei test sulla genotossicità ha dato risultati negativi. La TCDD non crea addotti del DNA, mentre è comunemente riconosciuto che le diossine sono promotori di effetti cancerogenici. La *tabella 3* riassume i principali effetti

Effetto	Animale testato	Dose
Effetto letale/ esposizione acuta (LD_{50}[1]orale) (variazioni nella nutrizione)	Cavia Scimmia Ratto Topo Coniglio Cane Criceto	da 0,6 a19 μg/kg appross. 50 μg/kg da 20 a >3000 μg/kg da 114 a 2570 μg/kg da 115 a 275 μg/kg appross. 500 μg/kg da 1157 a >5050 μg/kg
Ipercheratosi (azione acnegenica)	Scimmia Coniglio Topo (senza coda)	da 0,001 μg/kg/j (9 mesi) 1μg/topico(4sett.) 1μg/topico(4sett.)
Epatotossicità	Ratto Topo	5 μg/kg/dose singola 50 μg/kg/giorno (3 sett.)
Porfiria epatica	Ratto Topo	1 μg/kg/sett. (45 sett.) 100 μg/kg/settimana
Immunotossicità	Cavia Topo Coniglio, ratto, criceto Scimmia	0,04 μg/kg/settimana 0,1 μg/kg/settimana
Teratogenicità	Topo	0,001 μg/kg/giorno
Fetotossicità	Scimmia Ratto Coniglio Topo	0,0007 μg/kg/giorno 0,01 μg/kg/giorno 0,25 μg/kg/giorno 3 μg/kg/giorno
Carcinogenicità	Ratto Topo	0,01 μg/kg/giorno 0,01 μg/kg/giorno
Genotossicità	Diversi test *in vitro* Diversi test *in vivo*	Nel complesso, inattivo Nel complesso, inattivo

[1] LD_{50} orale: dose letale per il 50% della popolazione testata.

Tabella 3 - *Effetti sperimentali della TCDD.*

sperimentali della TCDD analizzati utilizzando dosi attive su specie sensibili (le concentrazioni sono espresse in $\mu g/kg$ di peso corporeo dell'animale).

In riferimento all'uomo, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO, 1991) stabilisce una dose massima giornaliera (TDI - Tolerable Daily Intake) di 10 pg di PCDD e PCDF per kg di peso corporeo, assunta tramite cibo.

Per quanto riguarda le piante, esperimenti condotti su avena giovane e soia piantate in terreno argilloso contaminato da 60 ppb di TCDD hanno evidenziato un accumulo di 40 ppb TCDD.

Studio dell'azione nell'uomo

La più evidente implicazione di PCDD e PCDF per la salute dell'uomo è la cloracne, ascrivibile alla TCDD e probabilmente anche ad altri congeneri delle diossine.

La descrizione clinica di un certo numero di patologie alla pelle è ben nota. Inoltre è stato da tempo dimostrato che l'effetto acnegenico nel coniglio era ascrivibile alla diossina e non al suo puro precursore, il 2,4,5 triclorofenolo.

Nei soggetti affetti da cloracne comedoni e cisti sebacee acquisiscono pigmentazione gialla e un forte odore di cloro (probabilmente dovuto alla presenza concomitante di clorofenoli); questa patologia si manifesta generalmente da poche settimane a qualche mese dopo l'esposizione e a volte persiste per diversi anni.

Le lesioni compaiono dapprima in volto e successivamente su braccia, petto e organi genitali.

Sono stati registrati casi di porfiria a danno della pelle (pigmentazione grigio-marrone) e delle unghie, nonché casi di irsutismo nei chimici esposti a TCDD pura.

I rimedi farmacologici per manifestazioni acneiche locali risultano inefficaci, ma l'acido transretinoico 9,10 ha dimostrato di poter migliorare la dermatosi.

Nel *capitolo 3* di questo volume sono presentati i risultati delle ricerche effettuate sulla popolazione esposta (epidemiologia, effetti della TCDD) e sulla zona contaminata (livelli di TCDD nel terreno e in bioindicatori animali e vegetali).

Capitolo 2

La Fondazione Lombardia per l'Ambiente

La Fondazione Lombardia per l'Ambiente (*fla*) è stata istituita dalla Regione Lombardia nel 1986 come ente di carattere morale e scientifico per valorizzare l'esperienza e le competenze tecniche acquisite in seguito all'incidente di Seveso del 1976.

La Fondazione ha come compito statutario lo svolgimento di attività di studi e ricerche volte a tutelare l'ambiente e la salute dell'uomo con particolare attenzione agli aspetti relativi all'impatto ambientale di sostanze inquinanti.

Molteplici sono le attività della Fondazione: ne riportiamo di seguito le caratteristiche principali.

2.1 Attività di ricerca

La Fondazione è impegnata, in collaborazione con le Università lombarde e altri organismi di ricerca pubblici e privati, in diversi progetti di ricerca. Scopo di questi progetti, la cui durata è generalmente biennale, è la raccolta di nuovi dati, la messa a punto di tecniche di monitoraggio, la definizione di protocolli sperimentali su problemi ambientali e la stesura di specifiche raccomandazioni tecniche e linee guida da utilizzarsi per la valutazione delle politiche di settore da parte degli enti locali.

Questi i progetti che si sono conclusi nel 1996:

- *Gestione del territorio e smaltimento dei rifiuti tossici e nocivi*;
- *Effetti dell'inquinamento sui sistemi agro-forestali: tecniche biologiche di monitoraggio e recupero*;
- *La qualità dell'aria nell'area metropolitana milanese e i suoi riflessi sulla salute dell'uomo*.

Di questa prima generazione fa anche parte il progetto, tuttora in corso, dal titolo:

- *Indagini ambientali ed epidemiologiche su presenza ed effetti di TCDD nel territorio di Seveso*

che per il suo significato scientifico ed etico-sociale riveste un ruolo importante nell'ambito dell'attività di ricerca della Fondazione (*vedi capitolo 3*).

Nel corso del 1996 è stato avviato un secondo ciclo di progetti di ricerca:

- *Annuario dell'Ambiente della Lombardia 1997*;
- *Per una cartografia tematica lombarda: metodologie di raccolta, elaborazione e rappresentazione di dati ambientali territoriali*.

Sono inoltre in corso studi di pianificazione e controllo ambientale:

- *Il rischio industriale in Lombardia: criteri di valutazione e d'intervento*;
- *Il piano di risanamento dell'aria in Lombardia: metodologie e ipotesi di struttura*;
- *Gestione dei rifiuti solidi urbani e assimilabili in aree metropolitane europee*;
- *Manuale delle emergenze chimiche*;
- *L'impiego di dissipatori domestici nella provincia di Milano*;
- *Osservatorio permanente dell'emergenza chimica*.

2.2 Formazione

2.2.1 Borse di formazione

La Fondazione, al fine di individuare e valorizzare risorse professionali nell'attività di ricerca nel settore delle scienze ambientali, bandisce annualmente un concorso per borse di formazione per laureati, con durata bi o triennale. Queste borse, assegnate su base competitiva, richiedono oltre a un brillante *curriculum* del candidato, un progetto originale di ricerca, e l'assistenza di un tutore qualificato presso un istituto di ricerca della regione.

Al termine del progetto i risultati della ricerca vengono pubblicati dalla Fondazione e i progetti con i risultati più interessanti hanno la possibilità di diventare oggetto di un apposito progetto di trasferimento.

Negli ultimi 3 anni la Fondazione ha messo "in campo" nella ricerca ambientale più di 100 giovani laureati all'interno della regione Lombardia. Si tratta certamente di un prestigioso risultato conseguito in questo settore nella nostra regione e certamente uno dei più significativi a livello nazionale. Le relazioni conclusive di tutte le borse concluse sono state pubblicate nel volume *1.000 giorni di ricerca in Lombardia*.

2.2.2 Iniziative Giovani Seveso

Nel 1997 sono stati istituiti due nuovi bandi di concorso dedicati ai giovani dei comuni di Seveso, Cesano Maderno, Desio e Meda, con lo scopo di sostenere gli studi universitari orientati alla ricerca ambientale (bando per le università) e di premiare le iniziative artistiche e imprenditoriali aventi come tema la salvaguardia dell'ambiente (bando per le scuole medie superiori e inferiori). Per saperne di più, vedere l'*appendice II*.

2.2.3 Corso di formazione per docenti di scuole secondarie superiori

Nel 1997 la *fla*, nell'ambito dell'attività di formazione, ha attivato un corso

di educazione ambientale per docenti di scuole secondarie superiori dal titolo *Gli indicatori di qualità della vita urbana* della durata di 2 anni scolastici. Il corso è organizzato in collaborazione con la Regione Lombardia e il Provveditorato agli Studi di Milano ed è rivolto a insegnanti del biennio delle superiori provenienti da scuole di diverso indirizzo delle città di Milano e Lodi. Collaborano inoltre al progetto: il Cisem, l'Irrsae e il Labter *Laura Conti* dell'Università degli Studi di Milano.

2.2.4 Master post-universitario
Nell'ottica di un'educazione ambientale anche a livello post universitario, la *fla* si è impegnata a co-finanziare un master in gestione ambientale, organizzato dall'Università di Pavia, dal titolo *Gestione integrata dell'ambiente: ecologia, sicurezza e qualità*. Obiettivo del corso è preparare 20 specialisti in gestione ambientale capaci di operare sul mercato nazionale e internazionale.

2.3 Banche dati, applicazioni multimediali e internet

2.3.1 Banca dati delle ricerche
Con l'intento di fornire un servizio essenziale rivolto ad amministratori, funzionari e tecnici degli enti locali che quotidianamente devono affrontare problemi di gestione ed emergenze e che richiedono in tempi brevi di avere informazioni sulle competenze e sui dati tecnici disponibili nella letteratura scientifica, la Fondazione ha recentemente pubblicato la terza edizione della banca dati delle ricerche (volume *Banca Dati dell'Ambiente '97*): una documentazione completa e aggiornata con la quale vengono censiti i principali programmi di ricerca e formazione e i singoli progetti svolti da numerosi enti pubblici e privati che operano con indagini tecnico-scientifiche nel settore ambientale.

2.3.2 Dottori ambientali
Il volume *I dottori ambientali dalla A alla Z* raccoglie un riassunto delle tesi di laurea a soggetto ambientale discusse negli atenei italiani: questa banca dati è nata con l'intento di mettere a disposizione di chiunque opera in modo qualificato nel campo dell'ambiente tutto lo spettro di competenze e idee che hanno contribuito alla formazione dei giovani laureati nel settore. L'iniziativa è rivolta ai "professionisti dell'ambiente", amministrazioni locali, enti pubblici e privati nella speranza di valorizzare risorse umane e ricerche che altrimenti rimarreb-

bero nell'ombra. I dati raccolti nelle due pubblicazioni citate sono stati riuniti nell'edizione elettronica su CD-ROM *Ecolo '97* in versione bilingue italiano e inglese.

2.3.3 Archivio storico multimediale degli eventi ambientali in Lombardia

L'Archivio raccoglie alcuni tra gli eventi più significativi per rilevanza sociale e ambientale in formato multimediale ipertestuale. Scopo del lavoro è definire una metodologia di rilevazione e classificazione degli eventi ambientali.

2.3.4 Software & Ambiente. Catalogo nazionale del software per l'ambiente e il territorio (CD-ROM)

Il software ambientale è stato sviluppato allo scopo di organizzare e compilare un catalogo di tutto il software di materia ambientale prodotto da organismi (enti, istituti, aziende) che operano sul territorio nazionale. Al CD-ROM è stato allegato un opuscolo che elenca le caratteristiche dell'iniziativa, i programmi con le relative chiavi di consultazione, le note tecniche e le modalità di utilizzo.

2.3.5 Internet

La Fondazione ha aperto il sito web *www.flanet.org* che, nel corso del '98, ospiterà le informazioni sulle attività di ricerca, le iniziative culturali della Fondazione, tutte le sue banche dati e la presentazione delle attività editoriali.

2.4 Attività editoriale e Comunicazione

2.4.1 Il piano editoriale

Il piano editoriale della Fondazione Lombardia per l'Ambiente si articola in diversi settori:

- Pubblicazione di saggi, monografie, manuali, schede di formazione su temi di grande interesse. Queste opere sono rivolte a un pubblico ben specifico tra gli operatori del settore ambientale: amministratori locali, funzionari e tecnici degli enti locali, insegnanti e scuole, riviste e giornalisti, associazioni ambientaliste, gruppi di volontariato giovanile.
- Pubblicazione dei proceeding scientifici dei convegni e dei programmi finanziati dalla Fondazione. Questi volumi sono rivolti

alla comunità scientifica e agli operatori ad alta qualificazione tecnica del settore.
- *ACTA*: il rapporto annuale dell'attività della Fondazione.
- *Tesinbreve*: la serie, evoluzione di quella precedente (*Minima Naturalia*), è una selezione tra le migliori tesi di laurea dedicate a temi di carattere ambientale.
- *Workshop*: raccolta delle relazioni delle borse di studio bandite dalla Fondazione.
- *Ricerche & Risultati*: sono monografie curate da esperti del settore.
- *I dottori ambientali dalla A alla Z*: è una raccolta delle tesi di laurea e di dottorato di carattere ambientale discusse negli atenei italiani.

L'elenco delle pubblicazioni della Fondazione è contenuto in un catalogo dei libri e dei CD-ROM dal titolo *Index*.

2.4.2 Convegni

A parte il consueto Workshop annuale di presentazione dello stato di avanzamento dei progetti di ricerca collegati alle borse di formazione, la Fondazione Lombardia per l'Ambiente ha promosso i seguenti convegni scientifici:
- *Il ruolo dell'incenerimento nello smaltimento dei rifiuti*, Milano 25-26 ottobre 1994;
- *Rifiuti da attività industriali*, Milano 16 dicembre 1994.
- *Chimica, Uomo e Ambiente*, convegno internazionale sugli effetti sull'uomo e l'ambiente della diossina, Milano, 21 ottobre 1996. Nel capitolo 4 di questo volume sono riportati gli abstract di tutti gli interventi.
- *Software & Ambiente*, Milano 19 marzo 1997.
- *Ecolo '97*, Milano 19 giugno 1997.
- *Inquinamento da ozono nella valle Padana*, Milano 25-26 giugno 1997.
- *Annuario dell'Ambiente - Lombardia 1997*, Milano 2 dicembre 1997.

2.4.3 Centro documentazione

Il centro raccoglie oltre trenta riviste scientifiche internazionali sulle varie discipline ambientali, tra cui alcuni periodici come *Tree Physiology, Bioscience, Agroforestry Systems e Biotec* difficilmente reperibili nell'area milanese. A questi si aggiungono circa 400 pubblicazioni, compresi i working-papers di alcuni istituti di ricerca.

Capitolo 3

Le ricerche della Fondazione

Tra i progetti coordinati e finanziati dalla Fondazione, il progetto incentrato sui monitoraggi della presenza di diossina nei comparti ambientali del territorio di Seveso e sui suoi effetti di carattere tossicologico ed epidemiologico sulla popolazione interessata e sugli ecosistemi merita un posto a parte per il suo significato non solo scientifico ma anche etico-sociale. Lo sforzo della Fondazione per il controllo e la tutela del territorio di Seveso non rispecchia tanto compiti istituzionali in materia (la Fondazione è per statuto un semplice ente di ricerca scientifica senza scopo di lucro, ma anche dotato di piena autonomia e senza obblighi di carattere pubblico), quanto piuttosto una sorta di impegno morale discendente dalle origini storiche e dalle finalità ideali della nostra istituzione *(figura 3.1*).

I risultati del primo anno di indagini (che hanno permesso tra l'altro di accertare le condizioni di sicurezza dell'ambiente del parco delle Querce) sono stati presentati in un congresso scientifico internazionale organizzato dalla nostra Fondazione nell'ottobre '96 presso l'Università di Milano e che ha visto la partecipazione di numerosi e qualificati ricercatori esteri impegnati in ricerche sulla diossina anche in collaborazione con i progetti della Fondazione (*vedi capitolo 4*). Nella *figura 3.2* viene presentato il quadro completo delle ricerche promosse dalla Fondazione sugli effetti della TCDD nel territorio di Seveso.

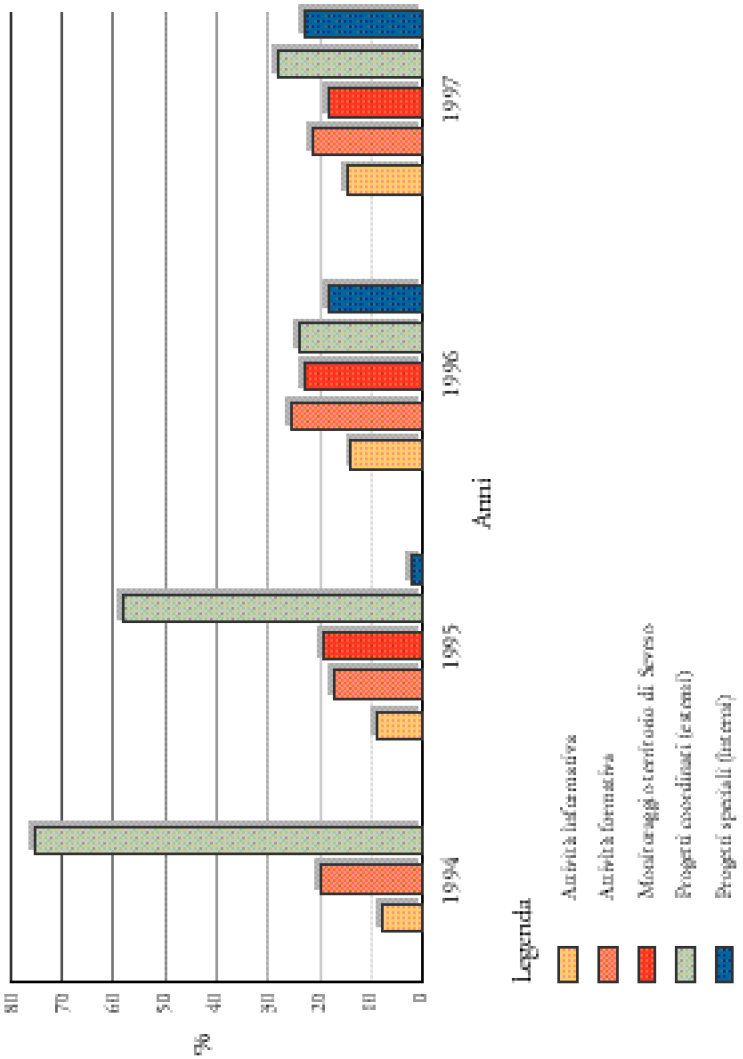

Figura 3.1 - *Settori di attività di ricerca della Fondazione in % del budget totale.*

EFFETTI SULLA SALUTE DELL'UOMO - Prof. Pietro Alberto Bertazzi, Università di Milano	
1995	*Epidemiologia molecolare degli effetti dell'esposizione a diossina (TCDD) nel territorio di Seveso (1ª fase)*
1996	*Epidemiologia molecolare degli effetti dell'esposizione a diossina (TCDD) nel territorio di Seveso (2ª fase)*
1997	*Epidemiologia molecolare degli effetti dell'esposizione a diossina (TCDD) nel territorio di Seveso (3ª fase)*
ARIA -Dr. Roberto Fanelli, Istituto di Ricerche Farmacologiche "Mario Negri"	
1995	*Valutazione della presenza attuale di diossina (TCDD) nell'atmosfera dell'area interessata dall'incidente ICMESA (1ª fase)*
1996	*Monitoraggio della presenza attuale di diossina (TCDD) nel particolato atmosferico e nelle deposizioni nell'area interessata dall'incidente ICMESA (2ª fase)*
1997	*Indagini relative alle sorgenti di diossine atmosferiche non correlate con l'incidente ICMESA presenti nell'atmosfera del territorio di Seveso* *Analisi di qualità delle acque del torrente Certesa per la valutazione di nuove tecniche di fitodepurazione*
FAUNA - Prof. Carlo Alberto Redi, Università di Pavia	
1996	*Valutazione degli effetti della diossina (TCDD) sul sistema riproduttivo della fauna dell'ecosistema del Bosco delle Querce*
1997	*Valutazione degli effetti della diossina (TCDD) sul sistema riproduttivo della fauna dell'ecosistema del Bosco delle Querce e nella ex-zona B*

(segue)

EFFETTI SULLA SALUTE DELL'UOMO - Prof. Paolo Mocarelli, Ospedale di Desio	
1995	*Studi su eventuali effetti della diossina (TCDD) sul sistema riproduttivo di donne esposte con un'età compresa tra 0,5 e 30 anni nel 1976 e sul sistema riproduttivo e immunitario di soggetti esposti* in utero *(1ª fase)*
1996	*Studi su eventuali effetti della diossina (TCDD) sul sistema riproduttivo di donne esposte con un'età compresa tra 0,5 e 30 anni nel 1976 e sul sistema riproduttivo e immunitario di soggetti esposti* in utero *(2ª fase)*
1997	*Approfondimento dello studio della capacità della diossina (TCDD) nel modificare il* sex ratio *in popolazione esposta*
SUOLO, VEGETAZIONE - Prof. Sergio Facchetti, Centro Comune di Ricerca - Ispra	
1995	*Campionamento analitico di diossina (TCDD) nel suolo, nella vegetazione e in indicatori biologici del Bosco delle Querce (1ª fase)*
1996	*Campionamento analitico di diossina (TCDD) nel suolo, nella vegetazione e in indicatori biologici del Bosco delle Querce (2ª fase)*
1997	*Campionamento analitico per l'identificazione della diossina (TCDD) residua nel suolo e in indicatori biologici della ex-zona B di Seveso*
CATENA ALIMENTARE - Prof. Anna Arnoldi, Università di Milano	
1996	*Valutazione della presenza attuale di diossina (TCDD) in prodotti alimentari dell'area di Seveso (1ª fase)*
1997	*Valutazione della presenza attuale di diossina (TCDD) in prodotti alimentari dell'area di Seveso (2ª fase)*

Figura 3.2 - *Unità operative del "Progetto Seveso": indagini analitiche ed epidemiologiche su presenza ed effetti di 2,3,7,8-TCDD nel territorio di Seveso.*

3.1 Valutazione della presenza attuale di diossina (TCDD) nell'atmosfera dell'area interessata dall'incidente ICMESA

dr. Roberto Fanelli
Istituto di Ricerche Farmacologiche "Mario Negri"

In questo studio abbiamo indagato la miscela di diossina liberatasi nell'aria in seguito all'incidente del 1976 al fine di verificare se la mobilizzazione di particelle di suolo arricchite di 2,3,7,8-TCDD, o volatiliz-

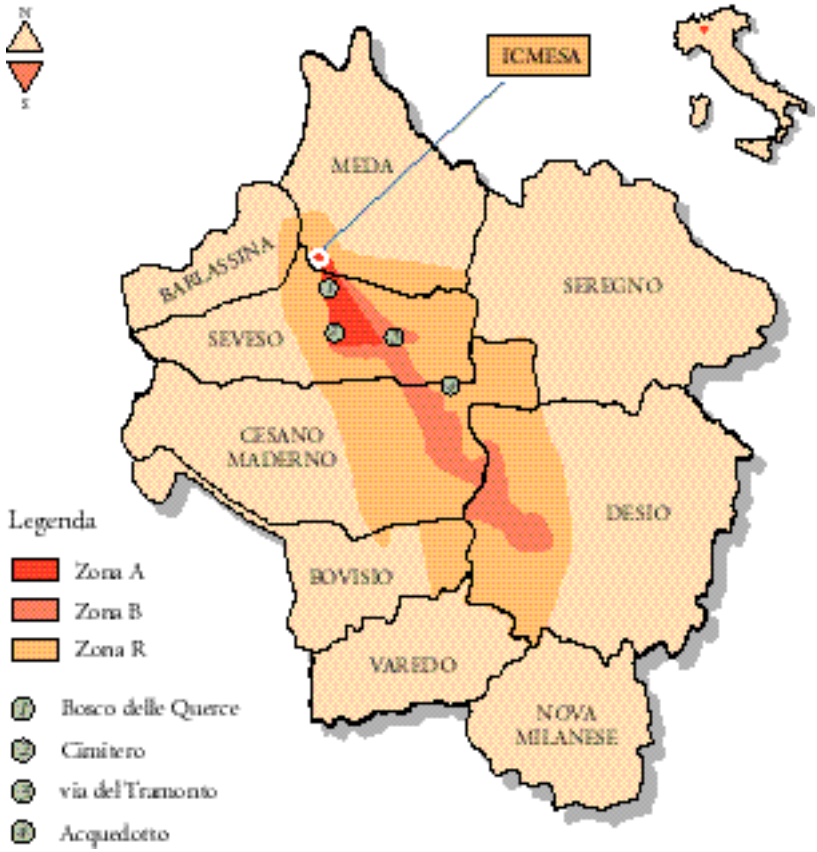

Figura 3.3 - *Mappa della zona contaminata con indicazione dei siti di campionamento.*

zazione, ha influenzato il contenuto atmosferico di PCDD e PCDF in quest'area. Sono stati inoltre misurati i profili omologhi, le concentrazioni di PCDD/F, e i livelli degli equivalenti di tossicità (TEQ), al fine di indagare le origini e l'attuale esposizione dell'uomo a questi inquinanti.

Nei primi due anni di indagine, dopo la messa a punto delle metodologie per il prelievo di grandi quantità di aria per la cattura degli isomeri di diossina presenti, è stata eseguita una campagna di prelievo a Seveso e nella zona scelta come controllo (*figura 3.3*).

Quattro prelievi sono stati eseguiti nei quattro siti prescelti nell'area di Seveso sulla base dei livelli di contaminazione dopo l'incidente: *Bosco delle Querce* e *Cimitero* nella zona A, *via del Tramonto* nella zona B e *Acquedotto* all'interno della zona R. Una ulteriore postazione di controllo è stata posizionata a Milano (*via Eritrea*), vicino all'Istituto "Mario Negri", in una zona ad alto traffico. Al *Bosco delle Querce* e in *via Eritrea* sono stati misurati i parametri meteorologici (temperatura, velocità e direzione del vento, umidità relativa, stabilità atmosferica, pressione, radiazione solare). In *via del Tramonto* è stato raccolto un campione di suolo superficiale, al fine di ottenere un "marchio distintivo" per il

Località	Codice di campionamento	Data	Volume aria analizzata (m^3)
Seveso: Bosco delle Querce (zona A)	1B 2B 3B 4B	15-17/03/95 20-22/03/95 22-24/03/95 24-27/03/95	1634 2063 1665 2421
Seveso: via del Tramonto (zona B)	1T 2T 3T 4T	15-17/03/95 20-22/03/95 22-24/03/95 24-27/03/95	1424 1432 1584 2208
Seveso: Acquedotto (zona R)	1A 2A 3A 4A	15-17/03/95 20-22/03/95 22-24/03/95 24-27/03/95	1050 1946 1649 1019
Seveso: Cimitero (zona A)	5C	30-31/03/95	1404
Milano: via Eritrea (sito di controllo)	1M 2M 3M 5M	15-17/03/95 20-22/03/95 22-24/03/95 30-31/03/95	1199 1163 1175 1145

Tabella 3.1. - *Parametri di campionamento.*

quadro isomerico delle tetraclorodibenzo-*p*-diossine relativo al suolo coinvolto nell'incidente (*tabella 3.1*). La base razionale della ricerca è stata quella di evidenziare un eventuale differente contenuto dell'isomero 2,3,7,8 rispetto agli altri isomeri presenti nell'aria nei campioni di Seveso in rapporto a campioni prelevati in un'area di controllo. L'eventuale maggiore presenza relativa di questo isomero, che costituiva sostanzialmente l'unica forma isomerica rilasciata durante l'incidente ICMESA, avrebbe costituito una evidenza che l'atmosfera era arricchita localmente in diossina proveniente da sorgenti ancora attive (particolato proveniente da suolo, fenomeni evaporativi, ecc.). Infatti le attività di bonifica effettuate dopo l'incidente avevano avuto come obiettivo il raggiungimento di concentrazioni nel suolo sicure dal punto di vista tossicologico ma comunque sempre misurabili vista l'estrema sensibilità delle tecniche analitiche oggi disponibili. Queste considerazioni, unite al fatto che l'isomero 2,3,7,8-TCDD ha una vita media nel suolo estremamente elevata (maggiore di 10 anni) portavano a concludere che a Seveso possono esistere porzioni di suolo che hanno una composizione isomerica di TCDD con un contenuto relativo di 2,3,7,8-TCDD più elevato di quello presente in aree urbane e quindi in grado di influenzare la composizione atmosferica della miscela di tetraclodibenzodiossine presente normalmente nell'atmosfera urbana, arricchendola per l'isomero 2,3,7,8 attraverso fenomeni di dispersione del pulviscolo e di evaporazione.

L'analisi di un campione di terreno superficiale prelevato in un'area incolta nei pressi della stazione di campionamento sita in via del Tramonto (ex zona B) ha dato come risultato un contenuto di 2,3,7,8-TCDD pari a 47 ppt, paragonabile ai livelli presenti nel suolo in molte aree industriali non interessate da incidenti specifici. L'analisi relativa agli altri isomeri mostra, però, un profilo molto differente da quello normalmente trovato in altre aree urbane. Infatti, mentre in questi siti l'isomero 2,3,7,8 costituisce di norma una piccola percentuale del complesso delle tetraclorodiossine (in genere inferiore a 5%), nel caso del campione prelevato a Seveso l'isomero 2,3,7,8 è preponderante rispetto alla somma degli altri isomeri (superiori al 90%).

Questo dato, anche se unico e quindi da verificare, suggerisce che la presenza di questo composto sia un residuo dell'incidente ICMESA a conferma dell'interesse dell'indagine.

I risultati delle analisi eseguite sui campioni di aria raccolti nel territorio di Seveso e nella zona di controllo a Milano mostrano la presenza di quantità misurabili di isomeri TCDD in tutti i campioni

analizzati. Circa quindici isomeri sono identificabili nei campioni. Nella *tabella 3.2* vengono riportati i dati relativi alle diossine e furani totali e ai rispettivi isomeri 2,3,7,8.

Le concentrazioni delle TCDD totali presenti variano rispettivamente da un minimo di 0,3 ad un massimo di 21 pg/m^3. Questi valori sono generalmente più elevati di quelli ottenuti in altre indagini su campioni di aria di altre città, ma paragonabili a quelli riscontrati in aree ove sono installati inceneritori di rifiuti solidi urbani o si trovano fonti di emissioni industriali. Le percentuali dell'isomero 2,3,7,8-TCDD espresso come percentuale delle tetraclorodibenzodiossine totali variano da 2,2 a 5% e non è possibile evidenziare alcuna differenza significativa tra i campioni raccolti a Seveso e quelli della zona controllo di Milano. Queste percentuali sono tipiche della miscela di diossina generata da fonti di combustione, indicando un contributo irrilevante di 2,3,7,8-TCDD dal suolo.

Dalle indagini condotte durante il primo anno di ricerca è possibile trarre alcune preliminari conclusioni.

In primo luogo è stato dimostrato che nel territorio di Seveso possono esistere porzioni di suolo la cui composizione isomerica in tetraclorodibenzodiossine è diversa da quella dei suoli di aree urbane/industriali non interessate da incidenti specifici, essendo più arricchita per l'isomero 2,3,7,8-TCDD.

La composizione media dell'aria del territorio interessato dall'indagine, in secondo luogo, non è significativamente diversa da quella esistente nell'area di controllo (Milano), per quanto riguarda la composizione isomerica in tetraclorodibenzodiossine. Non sembra quindi probabile un arricchimento dell'atmosfera da parte di sorgenti locali.

Le ricerche relative al secondo anno di attività del progetto hanno riguardato due tipi di indagine.

La **prima** si è occupata del completamento delle attività analitiche relative ai campioni prelevati il primo anno. Dopo l'incidente di Seveso è stato dimostrato che la famiglia composta dai numerosi isomeri delle diossine si muove nell'ambiente anche a enormi distanze dalle sorgenti (inceneritori, attività industriali, traffico ecc.) e che quindi è possibile misurare, ovunque, con tecniche specificamente messe a punto, le loro concentrazioni. Questo rende possibile la valutazione dell'esposizione complessiva della popolazione alle diossine provenienti da sorgenti non correlate con l'incidente ICMESA, fornendo altresì informazioni sul tipo di sorgenti presenti sul territorio. Le analisi sono state estese alla determinazione di tutti gli isomeri delle diossine presenti nell'at-

Composto	Campione							
	1B	2B	3B	4B	1T	2T	3T	4T
TCDD totali	0,57	0,36	0,71	21,03	0,63	0,48	1,85	12,05
2,3,7,8-TCDD	0,03	0,02	0,02	0,09	0,02	0,02	0,05	0,06
PeCDD totali	1,40	0,78	1,56	40,69	0,59	1,24	4,57	4,26
1,2,3,7,8-PeCDD	0,08	0,02	0,08	0,51	0,05	0,06	0,08	0,19
HxCDD totali	3,26	0,70	3,91	52,69	0,75	4,20	5,81	10,57
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,44	0,03	0,10	0,57	0,03	0,08	0,10	0,12
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,31	0,05	0,18	2,68	0,09	0,12	0,19	0,73
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,27	0,04	0,21	1,81	0,05	0,07	0,22	0,47
HpCDD totali	0,77	0,40	1,04	15,64	0,91	0,72	3,58	5,66
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,45	0,25	0,46	7,02	0,50	0,35	1,66	2,59
OCDD	1,03	1,26	1,32	7,24	1,01	1,67	2,37	3,60
TCDF totali	5,03	1,22	7,42	45,38	1,86	2,83	9,50	15,50
2,3,7,8-TCDF	0,65	0,11	0,45	0,58	0,37	0,13	0,80	0,74
PnCDF totali	5,10	1,71	6,16	44,87	1,89	3,51	11,57	10,00
1,2,3,7,8-PnCDF	0,52	0,10	0,63	3,72	0,24	0,33	0,66	0,88
2,3,4,7,8-PnCDF	0,81	0,12	0,53	2,96	0,48	0,18	0,56	1,63
HxCDF totali	4,97	1,38	10,53	72,55	4,30	3,66	14,18	22,97
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,77	0,15	1,11	5,00	0,65	0,33	1,16	2,06
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,62	0,11	0,87	3,63	0,60	0,25	0,91	2,06
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,33	<0,02	0,10	0,51	0,04	<0,02	0,10	0,19
2,3,4,7,8,9-HxCDF	0,83	0,19	1,26	12,12	0,48	0,27	1,33	7,50
HpCDF totali	0,93	0,38	1,85	17,33	0,68	1,35	4,87	7,01
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,49	0,23	1,25	10,32	0,29	0,87	3,01	4,95
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,10	0,04	0,10	1,21	0,08	0,14	0,42	0,53
OCDF	0,64	0,28	0,68	6,07	0,58	0,63	1,94	2,59
TEQ	**0,926**	**0,168**	**0,801**	**4,897**	**0,538**	**0,299**	**0,934**	**2,487**
PCDD+PCDF totali	**23,69**	**8,47**	**35,18**	**323,49**	**13,19**	**20,28**	**60,25**	**94,21**
Rapporto PCDF/PCDD	**2,37**	**1,42**	**3,12**	**1,36**	**2,40**	**1,44**	**2,31**	**1,61**

Legenda: TCDD=tetraclorodibenzo-*p*-diossine; PnCDD=pentaclorodibenzo-*p*-diossine; HxCDD=esaclorodibenzo-*p*-diossine; HpCDD=eptaclorodibenzo-*p*-diossine; OCDD=octaclorodibenzo-*p*-diossine; TCDF=tetraclorodibenzofurani; PnCDF=pentaclorodibenzofurani; HxCDF=esaclorodibenzofurani; HpCDF=eptaclorodibenzofurani; OCDF=octaclorodibenzofurani.

(segue)

Composto	Campione								
	1A	2A	3A	4A	5C	1M	2M	3M	5M
TCDD totali	1,54	0,29	1,24	4,61	0,60	0,62	0,43	1,29	0,61
2,3,7,8-TCDD	0,05	0,01	0,03	<0,005	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03
PeCDD totali	5,85	0,89	1,55	6,09	1,39	0,98	0,63	1,87	1,30
1,2,3,7,8-PeCDD	0,15	0,07	0,13	0,14	0,20	0,04	0,03	0,06	0,04
HxCDD totali	5,58	4,19	3,21	2,66	2,29	1,32	0,95	1,36	1,89
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,23	0,16	0,15	0,06	0,31	0,14	0,07	0,06	0,06
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,25	0,16	0,25	0,16	0,30	0,33	0,05	0,11	0,15
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,22	0,11	0,21	0,10	0,25	0,19	0,05	0,08	0,09
HpCDD totali	1,08	0,49	1,27	3,07	0,59	1,10	0,27	0,75	0,94
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,70	0,26	0,68	1,49	0,30	0,60	0,16	0,28	0,42
OCDD	1,92	1,23	1,56	2,11	0,63	1,72	0,28	1,32	0,75
TCDF totali	6,74	1,47	6,07	10,63	2,97	2,30	1,93	5,14	1,26
2,3,7,8-TCDF	1,26	0,13	0,29	0,26	0,12	0,28	0,15	0,21	0,06
PnCDF totali	11,45	1,72	4,99	7,01	3,14	2,49	0,97	3,52	1,57
1,2,3,7,8-PnCDF	0,93	0,14	0,58	0,51	0,40	0,26	0,09	0,34	0,20
2,3,4,7,8-PnCDF	2,23	0,18	0,53	0,41	0,35	0,40	0,07	0,29	0,12
HxCDF totali	10,64	1,73	5,57	10,59	3,74	3,81	0,72	6,26	2,91
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,97	0,13	0,64	0,84	0,46	0,43	0,06	0,62	0,19
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,19	0,15	0,60	0,54	0,45	0,38	0,07	0,54	0,12
1,2,3,7,8,9-HxCDF	<0,02	<0,02	0,14	0,33	0,10	0,18	0,06	0,07	<0,02
2,3,4,7,8,9-HxCDF	1,51	0,46	0,75	1,45	0,65	0,35	0,08	0,47	0,47
HpCDF totali	1,33	0,38	1,36	3,28	0,82	0,63	0,32	1,58	0,99
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,74	0,24	0,88	2,22	0,48	0,42	0,22	0,83	0,46
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,08	0,03	0,08	0,19	0,07	0,04	<0,02	0,13	0,10
OCDF	0,60	0,45	0,80	1,32	0,29	0,66	0,16	0,78	0,33
TEQ	**1,768**	**0,281**	**0,707**	**0,718**	**0,595**	**0,497**	**0,136**	**0,450**	**0,240**
PCDD+PCDF totali	**46,72**	**12,85**	**27,63**	**51,37**	**16,47**	**15,64**	**6,65**	**23,87**	**12,56**
Rapporto PCDF/PCDD	**1,93**	**0,81**	**2,13**	**1,77**	**1,99**	**1,72**	**1,60**	**2,62**	**1,29**

Tabella 3.2 - *PCDD e PCDF (pg/m^3)*[(1)] *in campioni di aria.*

[(1)] *1 pg=10^{-12} g*

mosfera prelevata, sia nelle tre locazioni di Seveso che in quella di Milano, in modo da permettere il calcolo della esposizione della popolazione in termini di equivalenti di tossicità (TEQ). Gli equivalenti di tossicità (TEQ) vengono anch'essi illustrati nella *tabella 3.2*.

Questa analisi tiene in considerazione la tossicità dei diversi isomeri di PCDD/F che legano gli isomeri sostitutivi alla più tossica 2,3,7,8-TCDD. La concentrazione di ogni isomero viene moltiplicata per un fattore equivalente di tossicità (TEF) al fine di ottenere il relativo equivalente di tossicità (TEQ). Per quanto riguarda la 2,3,7,8-TCDD, il TEF è 1. La somma dei TEQ dei diversi isomeri permette la valutazione della tossicità dovuta alla miscela di diossina (*vedi capitolo 1*).

I risultati di questa indagine hanno dimostrato che, qualitativamente, la composizione isomerica delle famiglie di diossine e furani policlorurati nell'atmosfera di Seveso è sovrapponibile a quella del sito di controllo di Milano e molto somigliante al profilo tipico delle sorgenti di emissione legate a processi di combustione. Le concentrazioni di TEQ (*tabella 3.2*) variano dai 0,136 pg TEQ/m^3 nel campione 2M (Milano) ai 4,897 nel campione 4B (Bosco delle Querce). Come le concentrazioni di PCDD/F, i TEQ sono sostanzialmente maggiori nei campioni di Seveso che in quelli di Milano. La *figura 3.4* mette a confronto i TEQ medi di questo studio con quelli dei campioni d'aria prelevati in diverse città europee. I livelli registrati a Milano sono paragonabili a quelli di altre città industriali, così come quelli di Seveso. Questi dati sono comunque parziali, si riferiscono cioè ad un limitato tempo di campionatura, e dovrebbero venire confermati da campioni maggiormente rappresentativi, prelevati su un arco di tempo più esteso (periodo annuale), durante la campagna di monitoraggio relativa al terzo anno di attività (*vedi di seguito Programma di ricerca relativo al 1997*).

Il **secondo** campo di indagine ha riguardato la messa a punto di un sistema di monitoraggio dell'aria "a lungo termine" per ottenere risultati più significativi circa la concentrazione di diossine nell'aria relativa a periodi più lunghi (mesi) rispetto a quelli del primo anno di indagine che erano relativi a un periodo di tempo piuttosto limitato (15 giorni).

Per evitare nuovi investimenti per lo sviluppo di centraline di prelievo, si sono studiate modifiche alla velocità e frequenza di prelievo in modo da coprire con il minore impiego di energie il massimo periodo di copertura. Al termine delle prove si è scelta una soluzione di compromesso che, mantenendo invariata la velocità di campionamento (evitando di variare le caratteristiche fondamentali della centralina) permette di campionare l'aria per un periodo di 3 mesi. La frequenza di

Figura 3.4 - *Livelli di TEQ (pg/m³) in campioni di aria provenienti da alcune città europee industrializzate e dai siti analizzati in questo studio.*

campionamento è di 15 minuti di attività ogni 2 ore ininterrottamente, permettendo la raccolta di circa 10.000 m^3 ogni 90 giorni.

Considerando che nell'arco di tempo di 3 mesi vengono filtrati circa 10.000 m^3 di aria è stato necessario verificare che il prelievo di questi enormi volumi di aria fosse compatibile con le capacità di ritenzione del filtro. È stato quindi verificato con un esperimento apposito che il recupero degli standard marcati di diossine depositati sul filtro dopo il passaggio di 10.000 m^3 di aria fosse presente in quantità sostanziali.

I risultati hanno dimostrato che il recupero di uno standard di 2,3,7,8-TCDD ^{13}C depositato sul filtro all'inizio del prelievo è stato del 74,7 % dell'iniziale dopo il passaggio di circa 10.000 m^3 di aria, dimostrando così la tenuta sostanziale dell'efficienza di adsorbimento del filtro in poliuretano.

3.1.1 Programma di ricerca relativo al 1997

Le attività di ricerca dell'Unità Operativa dell'Istituto "Mario Negri" per l'anno 1997 sono state orientate al completamento delle indagini relative alle sorgenti di diossine atmosferiche non correlate con l'incidente ICMESA e alla messa a punto di protocolli per la valutazione dell'efficienza di nuove tecniche di fitodepurazione delle acque del torrente Certesa, che attraversa le aree interessate dall'incidente.

Per quanto concerne il primo punto, i dati relativi alla misura di diossine atmosferiche ottenuti a Seveso nei due anni precedenti avevano dimostrato che non esiste un contributo della diossina residua dell'incidente ICMESAai livelli di diossine atmosferiche. È stato altresì dimostrato che, perlomeno nel periodo di indagine considerato, i livelli atmosferici di diossine sul territorio di Seveso sono significativamente più elevati di quelli determinati a Milano nello stesso periodo. Le concentrazioni rilevate sono dell'ordine di quelle riscontrate nelle zone fortemente industrializzate in vicinanza di sorgenti primarie, il profilo isomerico rilevato è somigliante a quello riscontrato nelle emissioni legate a attività di combustione.

È di sicuro interesse stabilire se esistono sorgenti di questo tipo sul territorio del comune di Seveso e in quelli limitrofi per identificare le emissioni più rilevanti e nel caso introdurre interventi correttivi per migliorare la qualità dell'aria nel comune di Seveso.

L'indagine ha previsto la verifica della presenza ed eventuale incidenza quantitativa di sorgenti quali traffico, impianti di smaltimento rifiuti, impianti industriali rilevanti per il territorio di Seveso.

Le attività di ricerca hanno compreso indagini sul territorio per l'in-

ventario delle sorgenti, indagini sperimentali per l'evidenziazione e la caratterizzazione delle sorgenti e del loro contributo alla qualità dell'aria.

Relativamente al secondo obiettivo (in collaborazione con l'Azienda Regionale delle Foreste, che intende sviluppare un progetto sperimentale di fitodepurazione delle acque del torrente Certesa che coinvolge l'uso della zona del Bosco delle Querce) è stata avviata la messa a punto di un protocollo analitico sperimentale che permetta di valutare sulla base di dati oggettivi le capacità di depurazione/degradazione del sistema. Il progetto si è proposto di valutare l'efficienza di diverse situazioni sperimentali di fitodepurazione nel migliorare le caratteristiche di qualità dell'acqua del torrente che scorre nelle vicinanze del Bosco delle Querce. Il progetto ha previsto un'indagine preliminare per determinare le caratteristiche di qualità dell'acqua del torrente consistente nella valutazione dei parametri classici di qualità quali pH, conducibilità elettrica, anioni, cationi, metalli pesanti, BOD, COD, sostanze organiche inquinanti (pesticidi, fenoli, residui industriali, ecc.).

Questi dati saranno di supporto sia alla scelta delle specie da utilizzare negli esperimenti di fitodepurazione, sia alla classificazione di eventuali sorgenti specifiche di inquinamento. In una seconda fase, una volta scelti i marker più significativi di qualità dell'acqua, si eseguiranno valutazioni di efficacia degli esperimenti di fitodepurazione misurando i parametri scelti a monte e a valle dell'intervento. Si tenterà, ove possibile, di eseguire dei bilanci di massa dei parametri più significativi.

3.2 Campionamento analitico di tetraclorodibenzo-*p*-diossina (TCDD) nel suolo, nella vegetazione e in indicatori biologici del Bosco delle Querce

prof. Sergio Facchetti
Istituto dell'Ambiente - Centro Comune di Ricerca, Ispra - Varese

3.2.1 Livelli di PCDD/F nel suolo

Durante i primi due anni di ricerca (1995 e 1996) è stata condotta un'indagine analitica per il controllo dei livelli di concentrazione di diossina (l'isomero 2,3,7,8-TCDD) nel suolo, nei vegetali e in alcuni indicatori biologici del Bosco delle Querce.

Il campionamento del suolo è stato preceduto da un esame dei dati analitici relativi alle precedenti campagne di indagine, dei quali i più attendibili sono apparsi quelli reperiti durante la campagna 1980-'81, ottenuti prima della bonifica del suolo mediante scarificazione, condot-

ta dall'Ufficio Speciale per Seveso della Regione Lombardia. Nella *figura 3.5* viene presentata una quadrettatura corrispondente a 25 metri di lato relativa all'area A_3 sovrapposta alla mappa del Bosco delle Querce.

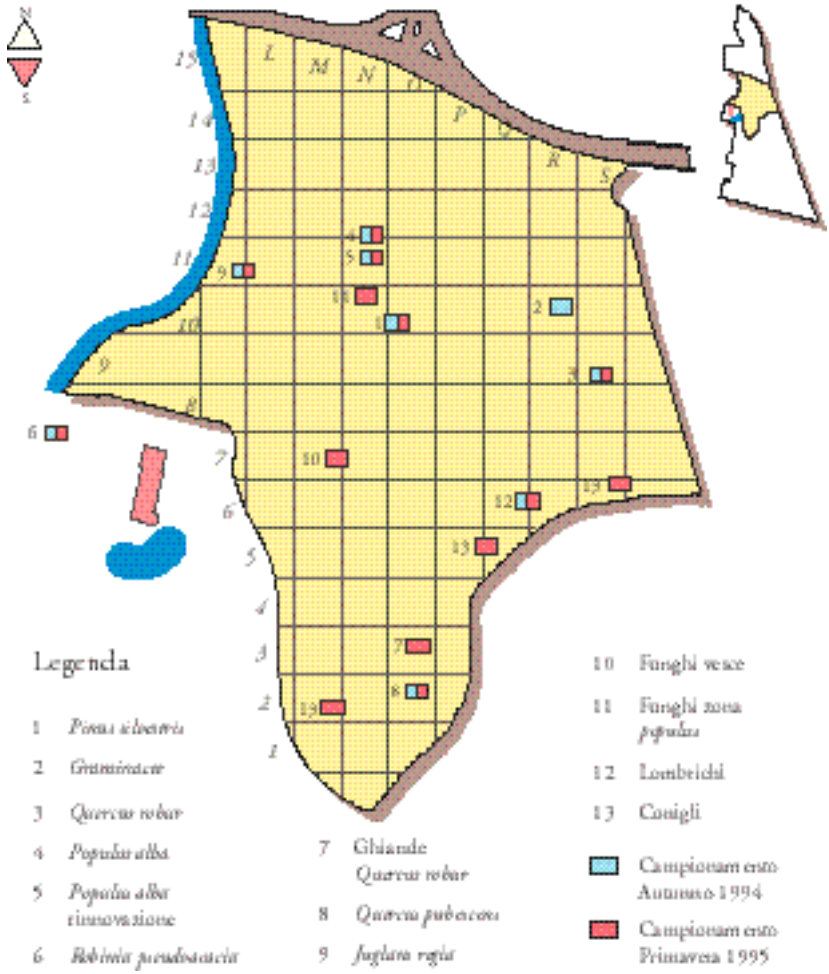

Figura 3.5 - *Quadrettatura della zona A_3 con indicazione dei siti di campionamento e specie analizzate.*

Per ottimizzare il numero di prelievi, sulla griglia sistematica di campionamento, già utilizzata nella mappatura del 1980-'81, si è effettuata una linea di campionamento a "transetto" tracciando perpendicolarmente alla linea della colonna O linee parallele tra loro. Per ciascun punto di prelievo sono stati effettuati due carotaggi a due profondità 0-15 cm e 15-30 cm. I risultati relativi ai campioni di suolo prelevati durante le diverse campagne sono presentati nella *tabella 3.3*.

Siti di campionamento	**Dati 1980-'81**	**Campagna 1995-'96**			
	strato superficiale (0-15 cm)	**strato superficiale (0-15 cm)**		**strato profondo (15-30 cm)**	
	$C_{(2,3,7,8\text{-TCDD})}$ ng/g	**$C_{(2,3,7,8\text{-TCDD})}$ pg/g**	**I-TEF pg/g**	**$C_{(2,3,7,8\text{-TCDD})}$ pg/g**	**I-TEF pg/g**
L11	9,2	15	16	2,1	2,8
L12	<4,2	6,4	8,1	3,8	5,0
M9	5,8	13	16	6,2	8,4
M14/M15	12,5	1,6	2,9	1,5	2,6
N7	10	0,11	0,91	0,15	0,74
N11/O11	13	0,23	1,2	0,41	1,0
O1	9,2	0,49	2,3	1,8	2,6
O2	9,2	0,85	3,4	0,74	3,3
O5	<4,2	0,17	1,4	0,48	1,7
O8	7,1	0,27	1,8	0,66	1,6
O10	4,6	0,2	1,0	0,10	1,0
O12	5,4	1,6	5,4	1,6	2,7
O13	7,1	-	-	38	39
O14	15	6,7	8,9	5,3	7,4
P8	10	0,35	4,2	roccia	roccia
Q5	6,3	-	-	0,34	0,80
Q8	12,5	2,0	13	1,5	16
Q9	17,5	3,3	3,7	2,1	2,4
Q10	16,7	6,1	8,7	6,0	8,7
Q11	<4,2	0,35	2,3	-	-
R8	12	3,1	10	1,8	4,4
S8	6,3	0,90	2,9	-	-
S9	<4,2	0,55	2,0	1,6	2,0

Tabella 3.3 - *Concentrazioni di 2,3,7,8-TCDD e I-TEF in campioni di terreno (strato superficiale e profondo - terreno asciutto).*

Il confronto tra i risultati ottenuti nel corso di questa indagine e quelli della mappatura degli anni 1980-'81 evidenzia una diminuzione della concentrazione dell'isomero 2,3,7,8-TCDD a riprova di una buona decontaminazione del terreno. La diminuzione della concentrazione di TCDD meno marcata si riscontra nella zona nord del Bosco delle Querce (siti di campionamento L11, L12, M9, O14, Q10) che a tutt'oggi presenta il maggior carico di PCDD/F nello strato superficiale di terreno.

Un esame puntuale dei risultati mostra tuttavia il permanere di una disomogeneità dei valori di concentrazione. Così nel campione di superficie L11 si rilevano 15 pg/g contro 0,11 pg/g nel campione N7; ugualmente nel campione profondo prelevato nel punto M9 si misurano 6,2 pg/g contro 0,15 pg/g nel corrispondente campione N7.

La maggior parte dei 41 campioni di suolo non mostra evidenti differenze di concentrazione di 2,3,7,8-TCDD nello strato superficiale (0-15 cm) e in quello profondo (15-30 cm); tuttavia, il campione L11 mostra una differenza significativa tra la concentrazione nella frazione superficiale e in quella profonda, 7 volte più elevata nella parte superficiale. Ciò indica che la bonifica non è stata eseguita in modo uniforme e dimostra la presenza di una localizzazione dei maggiori carichi residui.

I valori della concentrazione nello strato inferiore, invece, risultano compresi tra 0,10 e 38 pg/g 2,3,7,8-TCDD (0,80 e 39 pg/g I-TEF).

Se vengono considerati solamente gli I-TEF (*vedi capitolo 1*), tutti i 41 campioni di suolo hanno concentrazioni tipiche delle zone industriali. Ad esempio la media di 20 pg I -TEF/g nel suolo è considerata carico urbano standard in città grandi quali Amburgo. Per quanto riguarda i campioni con I-TEF inferiori a 5 pg/g, (circa il 70% dei campioni analizzati), la 2,3,7,8-TCDD generalmente influisce poco sul grado totale di tossicità. Ciò indica che la loro tossicità totale dovuta a PCDD/F deriva principalmente dalle deposizioni atmosferiche della regione industriale di Milano e dimostra la positiva bonifica di queste località.

Tuttavia nei campioni che presentano maggiori livelli di I-TEF la tossicità totale è dominata dalla 2,3,7,8-TCDD (siti L11, L12, M9, O13, O14, Q10) oppure si riscontra un notevole contributo da parte del 2,3,4,8,9 PeCDF (siti Q8 e R8).

Di solito, la 2,3,7,8-TCDD ha rilevanza minima per la tossicità da PCDD/F nella deposizione atmosferica. È noto che il tipico contributo di 2,3,7,8-TCDD alla tossicità totale dei gas in uscita dagli inceneritori di rifiuti è di circa il 4%. I campioni della deposizione di massa raccolti nel 1992 in 7 città industriali nel Nordrhein Westfalen (Germania)

presentavano un apporto medio di 2,3,7,8-TCDD pari al 6±2% della tossicità totale. Sembra pertanto ovvio che l'elevato contributo della 2,3,7,8-TCDD alla tossicità totale di alcuni campioni di suolo del Bosco delle Querce derivi ancora dall'emissione del 1976.

Riguardo il rischio tossicologico associato a queste concentrazioni, è necessario operare un confronto con le soglie poste dalla legislazione.

Tutti i campioni di suolo - eccetto un campione di sottosuolo a O13- risultano sotto il livello massimo di I-TEF posto dalla legislazione italiana per uso agricolo del terreno, che è pari a 20 pg I-TEF/g di suolo. Confrontando questi valori con altre legislazioni, ad esempio quella tedesca, il 70 % dei campioni risulta entro i valori I-TEF per uso agricolo illimitato (<5 pg/g), mentre il restante 30% risulta entro il livello consentito per uso agricolo limitato (5-40 pg/g). La legislazione tedesca non richiede alcuna operazione di bonifica a questi livelli.

Tuttavia, prima di classificare l'area analizzata come "innocua" si devono considerare ulteriori aspetti: primo, la concentrazione di diossina nei campioni prelevati differisce di più di due ordini di grandezza. Questa grande variabilità nelle concentrazioni indica che si potrebbero riscontrare anche maggiori concentrazioni se si aumenta il numero dei campioni. Secondo, i limiti posti dalla legislazione nazionale sono riferiti al "normale carico atmosferico" del terreno, considerando che, spesso associati con particelle di combustione, si depositano al suolo PCDD/F che provocano l'aumento del valore I-TEF.

I PCDD/F altamente clorurati sono meno volatili della 2,3,7,8-TCDD o del 2,3,4,5,8-PeCDF, responsabili della quasi totalità della tossicità nei campioni >5 pg di I-TEF/g. Ciò significa che, a livelli identici di I-TEF, il terreno che contiene quantità maggiori di PCDD/F a bassa clorurazione (nonché maggiore volatilità, come la 2,3,7,8-TCDD) può provocare più "tossicità" per l'uomo via evaporazione di un terreno il cui I-TEF sia costituito principalmente da PCDD/F ad alta clorurazione (e quindi a più bassa volatilità).

In ultimo, la mobilità e la bio-reperibilità di un composto puro depositato nel suolo durante un incidente potrebbero essere significativamente maggiori di quelle di un composto che deriva dal "normale carico atmosferico" e che generalmente viene assorbito nelle particelle atmosferiche.

3.2.2 Livelli di PCDD/F nel biota

I livelli di 2,3,7,8-TCDD, così come quelli di I-TEF, nel biota (esclusi quelli nel fegato dei conigli) non risultano eccedere le concentrazioni del suolo. Il livello di concentrazione in piante, funghi e lombrichi è com-

preso tra <0,1 e 29 pg/g per la 2,3,7,8-TCDD (da 0,2 a 38 pg I-TEF/g (*tabella 3.4*). Come riferimento, si ricorda che i PCDD/F della vegetazione nelle regioni urbane e industriali è compreso tra 1 e 10 pg I-TEF/g di peso secco. I campioni del biota che possono essere considerati indicatori passivi dell'aria ambientale, quali le foglie di quercia, gli aghi di conifera, i campioni di erba e muschio, presentano fino a 22 pg I-TEF/g. Sembra chiaro che più i campioni crescono vicini a terra, maggiore è l'apporto di 2,3,7,8-TCDD alla tossicità totale. I campioni di alberi a foglie presentano apporti pari al 10% , valore ancora compreso nella "normale" deposizione atmosferica. I campioni d'erba presentano fino al 50 % di apporto di 2,3,7,8-TCDD, a indicare un'evaporazione della TCDD dal terreno. In uno dei campioni di muschio (1994), la tossicità totale deriva quasi esclusivamente dalla 2,3,7,8-TCDD (19 pg/g su 22 pg di I-TEF/g). Ciò sta a indicare che, se il suolo è contaminato, l'evaporazione di 2,3,7,8-TCDD è un importante veicolo di ingresso per piante che crescono nello strato di confine tra suolo e aria.

L'I-TEF dei campioni del biota che sono più strettamente legati al suolo, come i lombrichi (I-TEF compreso tra 4,7 e 38 pg/g), risulta ancora più dominato dalla 2,3,7,8-TCDD. Anche nei funghi, che avevano quantità molto inferiori di I-TEF (1,0 e 0,2 pg/g), la 2,3,7,8-TCDD apporta circa il 50% della tossicità totale.

Si può vedere che la situazione post-incidente dell'area campionata continua a influenzare il biota nel suolo o vicino a esso, in conseguenza della evaporazione di TCDD dal suolo o attraverso ingerimento da parte di organismi che abitano il terreno.

Una situazione speciale si verifica nel caso del fegato del coniglio selvatico, per il quale sono stati prelevati solo campioni esemplificativi. Sebbene l'I-TEF vari da 228 a 418 pg/g, la concentrazione di 2,3,7,8-TCDD è bassa e non apporta più del 6 % alla tossicità totale. L'I-TEF è costituito per più del 60 % da 2,3,4,7,8-PeCDD, seguito da tetra e esafurani. Dato che, al momento, non esistono dati di riferimento disponibili dell'esterno della zona A, non è possibile relazionare il contributo di I-TEF alla storia post-incidente dei siti. L'elevata abbondanza di 2,3,4,7,8-PeCDD e di altri furani indica piuttosto un impatto di fonti non specifiche. Ad esempio, il fegato di lepre selvatica che popola i dintorni di una discarica a rischio a Muechehagen, Germania, presenta una simile distribuzione isomerica con valori di I-TEF circa 2 volte inferiori.

Specie	Autunno 1994			Primavera 1995			Autunno 1996		
	sito	$C_{(TCDD)}$	I-TEF	sito	$C_{(TCDD)}$	I-TEF	sito	$C_{(TCDD)}$	I-TEF
Funghi diff.specie	N10/N11	0,5	1,0						
Funghi diff.specie	M7	0,1	0,2						
Lombrichi diff.specie	Q5/Q6	9,9	13	Q5	18	24	K9 L7 L9 L12 S9	29 1,6 2,1 21 7,1	38 4,7 5,7 24 15
Muschio diff. specie	L10	19	22	L10	0,83	4,6	K9 L7 L9 L12 N13 Q11 S9	4,8 0,39 0,45 0,77 1,1 1,2 1,5	6,7 2,7 3,3 2,6 4,4 3,6 4,2
Robinia pseudoacacia	a ovest di A_2	0,34	3,4	a ovest di A_2	0,31	2,9			
Pinus silvestris	N10	<0,1	0,7	N9	0,1	1,4			
Quercus robur	R-9/S-9	0,1	1,8	R8/S8	<0,1	1,1			
Arrenatherum elatium				Q8/Q9 R8/R9	1,9	3,8			
Typhoides arunidacea				Q8/Q9 R8/R9	3,1	5,4			
Poa trivialis				Q8/Q9 R8/R9	0,17	0,95			
Conigli Selvatici	$A_{2/3}$	8,2 19 5,4	228 351 418						

Tabella 3.4 - *Concentrazione di 2,3,7,8-TCDD e I-TEF nel biota (pg/g matrice secca).*

3.2.3 Programma di ricerca relativo al 1997

Per completare la valutazione della contaminazione residua di 2,3,7,8-TCDD nelle zone esposte alla nube tossica proveniente dall'ICMESA, l'indagine è stata estesa ai punti della zona B, nei quali si era riscontrata una contaminazione superiore a 2 microgrammi per metro quadrato nel corso delle mappature eseguite dall'Ufficio Speciale per Seveso negli anni 1983, '84, '85.

Il piano analitico ha previsto il prelievo e l'analisi di 45 campioni di suolo, di 10 campioni di muschio e di 10 popolazioni di lombrichi. Data l'alta densità degli insediamenti urbani che caratterizza entrambe le zone, i prelievi sono stati effettuati in accordo con i proprietari delle abitazioni e con le autorità pubbliche.

Come indicato nella *figura 1.2* del capitolo 1, le subzone A_6, A_7, e A_8 sono state in seguito inglobate nella zona B. La zona B era da intendersi area a medio livello di inquinamento le cui aree agricole non hanno subito trattamenti di bonifica, ma solo di tipo agricolo.

3.3 Studio su eventuali effetti della diossina (TCDD) sul sistema riproduttivo di donne esposte con un'età compresa tra 0,5 e 30 anni nel 1976 e sul sistema riproduttivo e immunitario di esposti *in utero*

prof. Paolo Mocarelli
Università degli Studi di Milano, Dipartimento Universitario di Patologia Clinica Ospedale di Desio, Milano

Le conoscenze dirette degli effetti della TCDD sulla specie umana sono scarse. Le ricerche sperimentali pongono oggi in evidenza la necessità di valutare se l'uomo sia più sensibile alla esposizione alla diossina durante la vita fetale piuttosto che durante la vita adulta, se possono essere evidenziati a livello adulto danni eventualmente indotti sull'embrione, danni riguardanti il sistema immunitario e riproduttivo, e se sono rilevabili nella donna effetti antiestrogenici su tessuti come la mammella e l'endometrio. La popolazione di Seveso è l'unica a poter essere utilizzata per questi studi, oltre che per dovere etico e sociosanitario, perché è possibile conoscere l'esposizione iniziale alla TCDD della maggior parte delle persone tramite campioni di siero congelati, perché sono stati esposti bambini e adulti di entrambi i sessi e perché alcune delle donne contaminate hanno avuto figli le cui condizioni possono essere oggetto di indagine in relazione agli effetti di una esposizione *in utero*.

Scopo della ricerca è di fornire informazioni sul funzionamento del sistema riproduttivo di donne esposte da giovani (0,5-30 anni nel 1976) a tetraclorodibenzodiossina (TCDD), sul funzionamento del sistema riproduttivo e sulle condizioni di salute di maschi e femmine esposti a TCDD *in utero*. Lo studio, suddiviso in due linee principali di ricerca, è nella sua prima fase: è stata prevista infatti una durata almeno triennale.

Le due ricerche partono entrambe da osservazioni raccolte negli ultimi anni che sembrano indicare una tossicità della TCDD per il sistema produttivo e immunocompetente anche superiore alla sua cancerogenicità, come recentemente sottolineato dalla Environmental Protection Agency degli Stati Uniti.

Alcuni dati raccolti nella prima fase della ricerca confermerebbero ulteriormente l'ipotesi che le diossine e i policlorobifenili (PCB) possano agire come "estrogeni esogeni ambientali" e ridurre la capacità riproduttiva e immunitaria della specie umana oltre che di animali, sia per soggetti esposti in età adulta, ma soprattutto *in utero*.

La prima linea di ricerca ha individuato le donne interessate allo studio di età compresa fra 0,5 e 30 anni al tempo dell'incidente, le donne con cloracne nel 1976-'77, residenti sia nelle zone direttamente coinvolte (zona A e zona B), sia in aree non contaminate da TCDD.

Queste persone sono state invitate a rispondere a un questionario che copre la storia personale e i fattori di rischio per la riproduzione, il cui scopo è di verificare lo sviluppo sessuale e la capacità riproduttiva. Il questionario è stato redatto in collaborazione con il dr. Vercellini della Clinica Ostetrica dell'Università di Milano e la prof. Eskenasi dell'Università di Berkeley, che partecipano al progetto.

Successivamente gli stessi soggetti sono stati sottoposti a una serie di indagini biochimico-cliniche (controllo di funzionalità renale, epatica, midollare e immunologica).

Il lavoro preliminare fondamentale è stato quello di determinare il contenuto di TCDD nei campioni di siero prelevati nel 1976-'77 a donne di zona Afra 0,5 e 30 anni al momento dell'incidente (*tabella 3.5*).

Il contenuto di TCDD relativo ai campioni di siero di 23 bambine e un'adolescente con cloracne tipo 1,2 (la più lieve) residenti in zona R, è riassunto nella *tabella 3.6*.

I risultati confermano una forte contaminazione da TCDD per oltre il 50% delle persone di zona A, ipotesi avanzata sulla base di precedenti e più parziali rivelazioni su altri soggetti della stessa zona.

In questa fase sono inoltre emersi almeno due elementi di notevole interesse. Il primo è che circa il 7,5% delle donne residenti in zona A non

	Età nel 1976		
	0,5-10 anni	**11-30 anni**	**0,5-30 anni**
n. di donne	62	94	156
concentrazione minima (ppt)	0	0	0
concentrazione massima (ppt)	56000	6320	56000
media delle concentrazioni	3136	788	1721
mediana[1] delle concentrazioni	458	195	291
P_{25}[2]	181	81	97
P_{75}[3]	1590	762	1018

Soggetti negativi (TCDD ≤20 ppt) = 11 (7,5%).

[1], [2], [3] Il 50 (mediana), 25 e 75% delle donne esaminate presentavano concentrazioni di diossina inferiori ai valori indicati.

Tabella 3.5 - *Distribuzione della concentrazione plasmatica di TCDD nel 1976-'77 in donne di zona A di età compresa tra 0,5 e 30 anni nel 1976.*

Età (1976)	Donne residenti in zona R	Dosate[1]	Negative per TCDD (≤20ppt)
0,5-5 anni	4	3 (75%)[1]	2
6-10 anni	38	20 (53%)	8
11-15 anni	0	0	0
16-20 anni	1	1 (100%)	0
>20 anni	0	0	0
	43	24 (56%)	10

[1] in parentesi, la % dei dosaggi sul totale.

Tabella 3.6 - *Femmine con cloracne 1,2 (tipo lieve) in zona R nel 1976.*

risulta esposto a TCDD. Il secondo è che circa il 44% delle donne di zona R classificate nel 1977 come cloracne 1,2 alle quali è stata misurata la concentrazione di TCDD, su campioni del 1977-'78, è risultato negativo.

Le conseguenze di queste osservazioni sono rilevanti non solo per questo studio, ma anche in prospettiva delle ricerche sulla popolazione di Seveso.

Alla luce di questi dati è stato quindi deciso di non considerare più esposti i soggetti in base al semplice criterio della zona di residenza nel 1976, ma solo persone risultanti avere, nel periodo 1976-'80, un livello sierico di TCDD maggiore di 20 ppt (espresso rispetto ai lipidi plasmatici). Soggetti con valori inferiori sono stati considerati come controlli non esposti.

Un esame preliminare fa presumere che sia tra il 20% e il 30% il numero di donne non esposte in zona B.

È stato anche concordato di ampliare l'indagine alle donne di uguali classi di età della zona B, per le quali sia disponibile un campione di siero del periodo 1976-'80 in cui misurare la concentrazione di TCDD.

Nel 1996 è continuato l'invito a rispondere al questionario, a sottoporsi alla serie di indagini biochimiche-cliniche (vedi sopra) e a sottoporsi a ecografia addominale per esame degli organi genitali.

3.3.1 Esposti *in utero* e sistemi riproduttivo e immunitario

La **seconda linea di ricerca** concerne gli effetti della TCDD in soggetti esposti *in utero*, cioè nati nel periodo 1977-'85, entro 7-8 anni dalla esposizione materna a TCDD. Questo tempo corrisponde a circa 1 emivita (tempo di dimezzamento della concentrazione iniziale di diossina).

In questa prima fase sono stati reclutati i soggetti interessati ed è

Numero di donne	**21**
Concentrazione minima (ppt)	0
Concentrazione massima (ppt)	5730
Media delle concentrtazioni	570
Mediana[(1)] delle concentrazioni	161
P_{25}[(2)]	75
P_{75}[(3)]	463

Soggetti negativi (TCDD ≤20 ppt) = 2 (9,5%).

[(1)], [(2)], [(3)] Il 50 (mediana), 25 e 75% delle donne esaminate presentavano concentrazioni di diossina inferiori ai valori indicati.

Tabella 3.7 - *Distribuzione della concentrazione plasmatica di TCDD nel 1976-'77 in donne di zona Ache hanno avuto figli tra il 1 luglio 1976 e il 30 giugno 1979.*

stata misurata la TCDD in alcuni dei loro campioni di siero. Per quel che riguarda i campioni raccolti nel periodo 1976-'77 a donne che hanno avuto figli fra il 1 luglio 1976 e il 30 giugno 1979, è stata rilevata una esposizione abbastanza elevata (*tabella 3.7*).

3.3.2 *Sex ratio* in soggetti nati da genitori esposti

Nel corso del 1996, durante lo studio dei nati dopo il 1976 da genitori esposti si è verificata fino al 1994 la distribuzione per sesso nella zona A dopo l'esposizione a TCDD.

Delle 74 nascite avvenute tra aprile 1977 (10 mesi dopo l'incidente) e dicembre 1985, si è riscontrato un eccesso di femmine con una *sex ratio* (maschi/femmine) pari a 0,54, cioè circa la metà di quanto normalmente previsto, poiché generalmente il numero di nati maschi è circa lo stesso delle femmine (*tabella 3.8*).

Tra il 1985 e il 1994 si sono verificate 124 nascite da coppie di zona A e il rapporto maschi/femmine è tornato normale. Le coppie nelle quali

	TCDD nel siero (1976) [1]		Nascite	
	Padre	Madre	Maschi	Femmine
1[2]	1490	485	0	1
2[2]	2340	960	0	2
3[2]	1420	463	0	1
4[2]	509	257	0	1
5[2]	444	126	0	2
6[2]	436	434	0	1
7[2]	208	245	0	1
8[2]	176	238	0	1
9[2]	104	1650	0	2
10[3]	65,4	26,6	1	0
11[3]	55,1	27,6	1	0
12[3]	29,6	36,5	1	0
13[3]	29,3	non rilevato	1	1

[1] espresso come lipidi del siero in ppt.
[2] alte esposizioni a TCDD misurate come livelli di TCDD nel siero.
[3] basse esposizioni a TCDD misurate come livelli di TCDD nel siero.

Tabella 3.8 - *Distribuzione del sesso di nati (17 casi) tra aprile 1977 e dicembre 1984 da genitori di zona A che nel 1976 presentavano diversi livelli di TCDD.*

almeno uno dei due componenti presentava livelli di diossina superiori a 400 ppt hanno avuto solo figlie femmine. Per le coppie invece con livelli inferiori di diossina nel siero si sono verificate nascite di maschi e di femmine.

3.3.3 Programma di ricerca relativo al 1997

I risultati degli anni precedenti sembrano mostrare quindi una diretta associazione tra esposizione dei genitori a TCDD e sesso dei nascituri, aprono nuovi interrogativi e spostano l'asse di queste ricerche che nel corso del 1997 sono continuate con il progetto di ricerca dal titolo *Approfondimento dello studio della capacità della TCDD nel modificare il* sex ratio allo scopo di individuare il ruolo del padre o della madre, la concentrazione di TCDD necessaria per ottenere questo effetto e la sua durata nel tempo.

Le osservazioni emerse dagli studi precedenti, prime nella specie umana, ne richiamano alcune sperimentali che hanno dimostrato un effetto di sregolazione endocrina da parte di pesticidi, PCB, fenoli e diossine. Vengono definiti sregolatori endocrini quelle sostanze chimiche che interferiscono nelle vie con le quali gli ormoni controllano lo sviluppo, la crescita, il metabolismo ed il normale funzionamento di organi e apparati.

Si ricorda ad esempio che effetti sullo sviluppo causati da DDE, prodotto metabolico del DDT che blocca l'azione del testosterone, sono stati rilevati negli alligatori del lago Apopka in Florida.

In diverse osservazioni sperimentali sono state misurate negli animali o nell'ambiente le concentrazioni delle sostanze chimiche che hanno effetti sregolatori, mentre solo in pochi casi si è riusciti a stabilire chiari legami eziologici. Questo fatto è dovuto alla disponibilità di pochi indicatori affidabili.

Uno degli indicatori più sensibili dell'azione sregolatrice (estrogenica o anti-estrogenica) di PCB, di pesticidi e diossine, è l'incremento dei tumori del testicolo. Questi ultimi si sono triplicati negli ultimi trent'anni e sono più frequenti nei soggetti giovani.

Si tratta di un tumore relativamente raro ed è quindi un indicatore che dimostra la propria significatività in studi relativi a popolazioni estese. Un altro indicatore di sregolazione endocrina sembrerebbe essere la diminuzione, negli ultimi decenni, del numero di spermatozoi negli uomini delle società industriali. Ma su questo dato le opinioni sono discordi.

È invece considerato un indicatore molto potente di sregolazione endocrina la modificazione del *sex ratio*.

Questo effetto non era stato finora descritto per la TCDD neppure a livello sperimentale.

Diventa quindi prioritario acquisire ulteriori informazioni per cercare di rispondere a interrogativi del tutto nuovi che si possono così riassumere:

- qual è la concentrazione sierica di TCDD che induce la modificazione del *sex ratio*?
- è più rilevante l'esposizione del padre o quella della madre?
- quanto influisce l'esposizione di entrambi i genitori?
- questo effetto è reversibile?

Queste domande si configurano in ipotesi di ricerca e si possono affrontare disponendo di una più ampia popolazione così da aumentare il numero dei soggetti presumibilmente esposti da cui attingere le informazioni pertinenti. Ciò si può realizzare prendendo in considerazione le persone residenti nel 1976 in alcune aree delle zone B ed R con maggiori concentrazioni sieriche di TCDD (comunque molto inferiori che in zona A).

Dalle premesse riportate ci si è proposti di indagare:

- la distribuzione del *sex ratio* nei nati da soggetti residenti nel 1976 nelle aree più contaminate della zona B e della zona R confrontandola con quella rilevata in zona A;
- la rilevanza dell'esposizione paterna o materna (o di entrambi) nel determinare il *sex ratio*;
- la durata (e la reversibilità?) della modificazione del *sex ratio*.

L'indagine è stata condotta su alcuni campioni di popolazione delle zone B ed R, per un totale di circa 4500-5000 persone, secondo la seguente metodologia: sono state ricostruite le coorti di persone di età fra i 15 e i 50 anni residenti nel 1976 nelle aree più contaminate delle zone B e R e per ognuno dei soggetti sono stati rilevati gli eventuali figli registrandone la data di nascita e il sesso.

Il *sex ratio* dei figli di questi soggetti "esposti", nati fra il giugno 1977 e il dicembre 1984, è stato poi confrontato con quello dei nati nel periodo gennaio 1970-marzo 1977 da residenti nelle stesse aree così da ottenersi un gruppo di "controllo interno" alla popolazione.

Le informazioni sono state rilevate anche per quei soggetti che hanno cambiato residenza dopo il luglio 1976.

3.4 Epidemiologia molecolare degli effetti dell'esposizione a diossina nel territorio di Seveso

prof. Pietro Alberto Bertazzi
Università degli Studi di Milano , EPOCA Centro Ricerca Epidemiologica Occupazionale, Clinica e Ambientale

L'attività svolta durante questi due anni ha riguardato diversi aspetti degli effetti a lungo termine della TCDD nella popolazione interessata dall'incidente. Le indagini hanno riguardato:

- studio della mortalità per i 20 anni successivi all'evento;
- studio dell'incidenza dei tumori di diverso tipo e sede nello stesso periodo;
- indagini di epidemiologia molecolare sugli effetti della diossina e su fattori di suscettibilità genetica.

3.4.1 Studio della mortalità e incidenza

Gli studi sulla mortalità e incidenza del cancro sono stati pianificati per analizzare possibili effetti a lungo termine. Le zone A, B e R comprendevano parte del territorio dei due distretti sanitari della Regione Lombardia. Tutti gli individui residenti in tale territorio dalla data dell'incidente a tutt'oggi furono registrati. I residenti delle tre zone contaminate vennero considerati esposti al rischio. Quelli del territorio circostante incontaminato vennero adottati come popolazione di riferimento; dividevano con i primi le principali caratteristiche dovute ad abitudini sociali e culturali, a sfondo abitativo e lavorativo.

Il controllo di tutti i soggetti di studio fu portato avanti indipendentemente dal loro stato di esposizione, utilizzando i medesimi criteri e metodi e compiendo l'analisi sul medesimo arco di tempo. Una volta localizzata la persona, si otteneva il quadro di vita complessivo. Per quanto riguarda lo studio sull'incidenza del cancro, il collegamento tra le informazioni fornite dagli ospedali del territorio lombardo (circa 9.000.000 abitanti) e i dati dei membri della coorte in esame ha permesso l'identificazione dei soggetti di studio ammessi/dimessi con una diagnosi riferita al cancro. Il tasso di accertamento per l'incidenza del cancro risultò vicina al 95%.

I risultati relativi alla mortalità nel decennio successivo all'incidente sono stati resi noti e quelli degli anni successivi stanno per essere pubblicati. In nessuna delle tre zone contaminate la mortalità per cancro risultò differire da quella della popolazione di riferimento. Nella zona A, l'esiguo numero di residenti purtroppo non ha permesso una valida

interpretazione dei risultati. Tra la popolazione maschile della zona B la mortalità per cancro risultò al di sopra delle aspettative (*tabella 3.9*).

Si è registrata un'incidenza tre volte superiore per quanto riguarda il

Causa del decesso	Zona A RR[1]	Zona A 95%IC[2]	Zona B RR[1]	Zona B 95%IC[2]	Zona R RR[1]	Zona R 95%IC[2]
Tutte le cause	1,0	0,7-1,4	0,9	0,8-1,1	1,0	1,0-1,1
Tutti i tumori	**0,4**	**0,2-1,0**	**1,1**	**0,9-1,3**	**0,9**	**0,8-1,0**
Apparato digerente	0,2	0,0-1,4	0,9	0,7-1,3	0,9	0,8-1,0
Esofago	-	-	0,4	0,7-1,3	1,6	1,1-2,4
Stomaco	-	-	0,8	0,4-1,5	0,9	0,7-1,1
Colon	-	-	0,8	0,3-2,0	0,8	0,6-1,2
Retto	-	-	2,9	1,4-6,2	1,1	0,7-1,8
Tratto epatobiliare	-	-	0,6	0,2-1,5	0,7	0,5-1,0
Fegato	-	-	0,6	0,2-1,7	0,7	0,5-1,0
Pancreas	1,9	0,3-13,5	0,6	0,1-2,2	0,8	0,5-1,3
App. respiratorio	0,8	0,3-2,2	1,2	0,9-1,7	0,9	0,8-1,1
Reni	1,0	0,4-2,6	1,2	0,9-1,7	0,9	0,8-1,1
Pleura	-	-	5,3	1,6-17,5	0,8	0,2-2,5
Sarcoma dei tessuti molli	-	-	-	-	2,1	0,7-6,5
Tratto genito-urinario	0,7	0,7-5,3	1,0	0,5-1,8	1,0	0,8-1,3
Prostata	-	-	1,2	0,6-2,8	1,2	0,8-1,7
Vescica	2,3	0,3-16,8	0,9	0,3-3,0	0,9	0,6-1,5
Cervello	-	-	0,8	0,1-5,5	1,3	0,7-2,5
Tiroide	-	-	4,9	0,6-39,0	-	-
Lifoemopoietico	-	-	2,3	1,3-4,2	0,8	0,5-1,2
Hodgkin	-	-	3,3	0,8-14,0	-	-
Non Hodgkin		-	1,5	0,4-6,0	1,1	0,5-2,1
Mieloma	-	-	1,1	0,2-8,2	0,8	0,3-2,0
Leucemia	-	-	3,1	1,4-6,7	0,8	0,4-1,5
Linfatico	-	-	2,9	0,7-12,3	1,3	0,5-3,2
Mieloide	-	-	3,3	1,0-10,6	0,6	0,2-1,8

[1] Se il rischio relativo (RR) è maggiore di 1 il fenomeno in esame è in aumento, se è minore di 1 il fenomeno è in diminuzione. Ad esempio i casi di tumore del pancreas (zona A) sono quasi raddoppiati (RR = 1,9), mentre quelli al fegato sono leggermente diminuiti (RR = 0,7).
[2] Intervallo di Confidenza (IC): contiene il valore di RR con una probabilità pari al 95%.

Tabella 3.9 - *Mortalità 1976-1991 per tumori maligni nella popolazione di Seveso. Uomini. Tutte le età.*

cancro delle vie rettali, mentre si è riscontrato un modesto aumento della mortalità dovuta al cancro dei polmoni. I decessi dovuti a neoplasmi linfoemopoietici risultano ampiamente in eccesso, specialmente le leucemie. Il tasso di mortalità nella zona R è risultato simile a quello della popolazione di riferimento, sebbene i sarcomi dei tessuti molli presentassero un aumento del rischio due volte superiore. Nella *tabella 3.10* sono presentati i risultati relativi alle donne. La popolazione femminile della zona A presentava una maggiore mortalità per cancro, specialmente riguardo l'apparato digestivo. Nella zona B, i rischi risultarono aumentati per i neoplasmi linfoemopoietici, in particolare con un rischio relativo sei volte maggiore per il sarcoma di Hodgkin e il mieloma. I decessi dovuti a cancro delle vie respiratorie, del seno, dell'utero e alle ovaie sono stati meno del previsto. Nella zona R, risultarono delle deviazioni da quanto previsto in relazione a cancro osseo, anche se non si sono osservati casi di sarcoma dei tessuti molli.

Per quanto riguarda i risultati dello studio sulla mortalità dovuta a cause non maligne, segnali insoliti furono ottenuti nella zona A, quella a più alta contaminazione. Gli uomini risultarono più esposti a mortalità da malattie cardiovascolari, specialmente ischemia cronica. La mortalità dovuta a questa causa risultò aumentata anche nelle zone B e R, sebbene con valori di rischio relativo (RR) inferiori. Le conseguenze dell'incidente possono rappresentare una spiegazione plausibile per gli eccessi registrati. Due aspetti in particolar modo dovrebbero essere presi in considerazione: l'esperienza del disastro, con il suo fardello di stress psicosociale, e l'esposizione chimica. Entrambe possono aver contribuito a questi eccessi, più plausibilmente aggravando delle condizioni di salute già compromesse, come documentano i tipi di decesso verificatisi appena dopo l'incidente, l'età avanzata delle persone colpite e la grande presenza delle malattie cardiovascolari. Tra i maschi della zona A, la mortalità dovuta a malattie del tratto respiratorio risultò aumentata. Tale eccesso principalmente riguardava malattie croniche ostruttive bronchiali-polmonari (COPD) e, analogamente all'eccesso delle malattie croniche ischemiche, si verificarono immediatamente a ridosso dell'incidente e colpirono i soggetti più anziani. Questo quadro rende ragionevole l'ipotesi che gli stessi fattori determinanti considerati per i decessi dovuti a patologie cardiovascolari possano aver anche aggravato le patologie respiratorie. Per le donne si è registrato un aumento della mortalità anche per patologie respiratorie nella zona A (1 decesso), ma specialmente nella zona B (8 decessi). Fattori maggiormente esplicativi potrebbero forse essere la

Causa del decesso	Zona A RR[1]	Zona A 95%IC[2]	Zona B RR[1]	Zona B 95%IC[2]	Zona R RR[1]	Zona R 95%IC[2]
Tutte le cause	1,1	0,7-1,5	1,0	0,9-1,1	1,0	1,0-1,1
Tutti i tumori	**1,2**	**0,6-2,2**	**0,9**	**0,7-1,2**	**0,9**	**0,8-1,0**
Apparato digerente	1,5	0,6-3,6	0,8	0,5-1,3	0,9	0,8-1,1
Stomaco	0,9	0,1-6,7	1,0	0,5-2,2	1,0	0,8-1,3
Colon	2,6	0,6-10,5	0,6	0,2-1,9	0,8	0,6-1,2
Tratto epatobiliare	-	-	1,1	0,4-3,1	0,8	0,6-1,3
Fegato	-	-	1,3	0,4-4,0	0,6	0,3-1,1
Altri digerente	8,1	2,0-32,8	0,6	0,1-4,5	0,8	0,4-1,5
App. respiratorio	-	-	0,5	0,1-2,0	1,1	0,8-1,6
Polmone	-	-	0,6	0,1-2,3	1,0	0,7-1,6
Ossa	-	-	2,6	0,3-19,4	2,4	1,0-5,7
Sarcoma dei tessuti molli	-	-	-	-	-	-
Melanoma	9,4	1,3-68,8	-	-	0,6	0,2-2,0
Seno	0,6	0,1-3,9	0,8	0,4-1,5	0,8	0,6-1,0
Utero	-	-	0,3	0,0-2,4	1,1	0,8-1,7
Ovaie	2,4	0,3-16,5	-	-	1,0	0,6-1,6
Cervello	-	-	3,2	1,0-10,3	1,1.	0,5-2,4
Tiroide	-	-	3,2	0,4-24,5	0,8	0,2-3,6
Limfoemopoietico	-	-	1,8	0,8-3,8	0,9	0,6-1,4
Hodgkin	-	-	6,5	1,5-30,0	1,9	0,6-5,8
Non-Hodgkin	-	-	-	-	0,9	0,4-1,8
Mieloma	-	-	6,6	2,3-18,5	1,0	0,4-2,5
Leucemia	-	-	0,6	0,1-4,0	0,9	0,5-1,6

[1] Se il rischio relativo (RR) è maggiore di 1 il fenomeno in esame è in aumento, se è minore di 1 il fenomeno è in diminuzione. Ad esempio i casi di tumore del tessuto linfoemopoietico (zona B) sono quasi raddoppiati (RR = 1,8), mentre quelli al fegato sono leggermente diminuiti (RR = 0,7).
[2] Intervallo di Confidenza (IC): contiene il valore di RR con una probabilità pari al 95%.

Tabella 3.10 - *Mortalità 1976-1991 per tumori maligni nella popolazione di Seveso. Donne. Tutte le età.*

documentata azione immunotossica della diossina. Ciò potrebbe aver compromesso i meccanismi di protezione e difesa contro le infezioni respiratorie che giocano un ruolo fondamentale nella storia delle COPD. Si registrarono aumenti di decessi anche per il diabete mellito nelle donne delle zone A e B. Questi risultati assumono importanza

alla luce delle recenti indagini in altre popolazioni esposte a diossina. La mortalità dovuta a cirrosi epatica non risultò aumentata.

I risultati sull'incidenza del cancro relativi alla prima decade post-incidente sono riassunti nella *tabella 3.11*. I casi di cancro nella zona A furono troppo esigui per permettere conclusioni significative (sette casi tra gli uomini e sette tra le donne). Nella zona B, ove il rischio relativo per tutti i tipi di cancro era di 1,0 quattro specifici rischi relativi hanno attirato l'attenzione: due aumenti (tratto epatobiliare e tessuto linfoemopoietico) e due diminuzioni (seno e utero). Il fegato è certamente un organo bersaglio della tossicità della TCDD. Il registrato aumento epatobiliare veniva principalmente supportato da cancro primario del fegato negli uomini e da cancro dei condotti biliari e della cistifellea nelle donne. Altro sito indicato quale sede di azione della TCDD è il tessuto linfoematopoietico. L'aumento nella zona B risultò due volte superiore e riguardò donne e uomini. In particolare, il sarcoma linforeticolare tra gli uomini e il mieloma multiplo tra le donne hanno dimostrato incrementi statisticamente significativi. L'incidenza alquanto bassa dei cancri dovuti a estrogeni (seno e utero) risultò

	Uomini			Donne		
Tipo di tumore	**Oss**	**RR (1)**	**95% IC (2)**	**Oss**	**RR (1)**	**95% IC (2)**
Tutti i tipi	**76**	**1,1**	**0,9-1,4**	**36**	**0,8**	**0,6-1,1**
Apparato digerente	18	0,9	0,6-1,5	12	1,1	0,6-1,9
Tratto epatobiliare	5	1,8	0,7-4,4	5	3,3	1,3-8,1
Fegato, primario	4	2,1	0,8-5,8	-	-	-
Tratto biliare e cistifellea	1	2,3	0,3-17,6	4	4,9	1,8-13,6
Polmoni	18	1,1	0,7-1,8	-	-	-
Seno	-	-	-	10	0,7	0,4-1,4
Tessuto ematopoietico	8	2,1	1,0-4,3	6	1,9	0,8-4,4
Sarcoma linforeticolare	3	5,7	1,7-19,0	1	2,3	0,3-16,9
Mieloma multiplo	2	3,2	0,8-13,3	2	5,3	1,2-22,6
Leucemia	2	1,6	0,4-6,5	2	3,7	0,9-15,7

(1) Se il rischio relativo (RR) è maggiore di 1 il fenomeno in esame è in aumento, se è minore di 1 il fenomeno è in diminuzione.
(2) Intervallo di Confidenza (IC): contiene il valore di RR con una probabilità pari al 95%.

Tabella 3.11 - *Incidenza del cancro, 1977-1986, in siti selezionati a Seveso, zona B.*

anch'essa di grande interesse, dato che la TCDD è nota esercitare una potente azione antiestrogena. Il risultato più importante nella zona R fu, invece, l'elevato rischio per il sarcoma dei tessuti molli, insieme alla decisa diminuzione del rischio per il cancro uterino. Il sarcoma dei tessuti molli è un altro tumore che numerosi studi hanno associato all'esposizione a TCDD. L'aumento nella zona R fu doppio e riveste notevole significato statistico di confine.

In relazione all'ipotesi di associazione tra la casistica del cancro registrata e l'esposizione a TCDD, riveste importanza il fatto che l'aumento più significativo del cancro epatobiliare, dei neoplasmi ematologici e dei sarcomi dei tessuti molli, così come le più drastiche diminuzioni del cancro all'utero (principalmente del *corpus uteri*) e al seno, furono registrati tra gli individui da più tempo residenti nell'area contaminata. Tenendo conto di alcuni limiti dello studio (mancanza di markers dell'esposizione individuale, breve latenza e numero limitato della popolazione per alcuni tipi di cancro), i risultati dei precedenti studi sperimentali ed epidemiologici, insieme ai meccanismi di conoscenza sulla tossicità della diossina, corroborano l'ipotesi che gli eccessi osservati per cause neoplastiche, sebbene basati su un numero limitato di decessi, possano venire associati con l'esposizione alla diossina.

3.4.2 Studi di epidemiologia molecolare

Numerosi studi sperimentali indicano che la 2,3,7,8 tetraclorodibenzo-*p*-diossina (TCDD) ha azione teratogena e cancerogena nell'animale. Nell'uomo invece, l'associazione tra TCDD e cancro è ancora discussa.

Come già ricordato sopra, nell'area dell'incidente ICMESAdel 1976, in una popolazione di circa 30.000 persone residenti in zona contaminata da TCDD, poste a confronto con 300.000 soggetti non esposti, è stata notata una incidenza aumentata in modo significativo per tumori del tratto epatobiliare, di altre sedi dell'apparato digerente, di neoplasie del sistema linfatico ed emopoietico e di sarcomi dei tessuti molli. L'associazione di tale incremento con l'esposizione a TCDD è altamente probabile, ma richiede ulteriori indagini.

Alcuni studi di epidemiologia precedenti supportano tale associazione, ma altri non hanno confermato l'ipotesi. Una plausibile spiegazione della discrepanza potrebbe risiedere nel possibile ruolo di fattori individuali di suscettibilità. Tale ipotesi è anche corroborata dal riscontro di cloracne nell'area di Seveso in soggetti con basse concentrazioni plasmatiche di TCDD e la sua assenza in soggetti con concentrazioni assai elevate.

L'avvenuta chiarificazione di molti aspetti del meccanismo d'azione della TCDD permette di ipotizzare i fattori di suscettibilità coinvolti. Pressoché tutti gli effetti della esposizione a TCDD sono mediati dal legame del composto con il recettore Ah (*Aryl hydrocarbon*). Il complesso TCDD-AhR entra nel nucleo cellulare dove forma un dimero con il prodotto del gene *arnt* (*aryl hydrocarbon nuclear translocator*). L'interazione del dimero con specifici segmenti di DNApermette l'induzione di alcuni geni. I più studiati sono il CYP1A1, il CYP1A2 e, più recentemente, il CYP1B1 del sistema P450.

L'ipotesi dello studio è che, assieme alla entità della dose di TCDD assorbita, fattori di suscettibilità individuale geneticamente determinati (oltre a quelli acquisiti, eventualmente connessi ad abitudini personali, attività lavorativa, ecc.) abbiano un ruolo rilevante nel determinare l'insorgenza della cloracne e dei tumori associati alla esposizione a TCDD. In particolare, si intende verificare se esiste una variazione inter-individuale nell'azione di alcuni dei geni coinvolti nel meccanismo d'azione della TCDD nell'uomo.

L'esame di questa supposizione può consentire le seguenti operazioni:

- valutare il ruolo rispettivo, nonché le possibili interazioni dell'esposizione a TCDD, dei fattori di suscettibilità individuale e di altri fattori di rischio legati alla professione, ad abitudini personali, alla dieta, ecc., nel determinare l'inusuale frequenza di alcune neoplasie evidenziate dallo studio di incidenza;
- descrivere le diverse componenti causali e la reale entità del rischio cancerogeno indotto a una popolazione da una contaminazione territoriale da TCDD;
- chiarificare ulteriormente il meccanismo d'azione della TCDD nell'uomo.

I risultati di tali indagini, unitamente a quelli dello studio di incidenza che nel frattempo prosegue, hanno una evidente ricaduta in termini di *risk assessment* e di impostazione e gestione di interventi sanitari in simili episodi di contaminazione.

Lo studio è articolato in tre fasi. La **prima fase**, completata nel corso del 1995, prevedeva lo studio di 60 soggetti residenti in zona altamente contaminata e 60 residenti in zona non contaminata, suddivisi in fasce di età (20-30; 40-50; 65-75) e abitudini di fumo. Lo scopo è stato di esaminare la distribuzione di un certo numero di marcatori di suscettibilità individuale e di effetto biologico precoce, finora caratterizzati solo parzialmente nell'uomo, e di validare le procedure e i metodi di laboratorio per analizzarli. Tramite questionario sono state raccolte

notizie su altri fattori che oltre a sesso, età, abitudine al fumo ed esposizione potrebbero spiegare la variabilità dei markers nella popolazione. Nel corso del 1996 si sono concluse le analisi di laboratorio dei marcatori d'interesse della prima fase e l'analisi statistica dei risultati di laboratorio in congiunzione con i dati raccolti tramite questionario.

La **seconda fase** esamina soggetti affetti in passato da cloracne e soggetti con uguale età e sesso, della stessa area, non affetti da cloracne. Sono stati coinvolti 100 soggetti cloracneici e 100 controlli. L'ipotesi è che, data una comune condizione di esposizione, siano fattori di suscettibilità individuale a caratterizzare i casi rispetto ai non-casi.

Analoga è l'ipotesi da verificare nella **terza fase**, nella quale soggetti con patologia neoplastica verranno messi a confronto con soggetti non malati, della stessa età e sesso, provenienti dalla stessa zona. Vengono inclusi i tipi di cancro per i quali esiste una ipotesi di associazione con la TCDD: sarcoma dei tessuti molli, linfoma non-Hodgkin, tumori del fegato e delle vie biliari, dell'apparato respiratorio, della mammella e della cute. Lo studio avviene su casi incidenti identificati con la collaborazione dei medici curanti e su casi prevalenti reclutati nei maggiori centri ospedalieri della zona.

3.4.3 Programma di ricerca relativo al 1997

Nel corso del 1997 si è dato inizio alla prevista terza fase del progetto in atto. Analogamente all'ipotesi formulata per la seconda fase dello studio (fattori di suscettibilità individuale), nella terza sono stati analizzati soggetti viventi o deceduti che hanno contratto patologia neoplastica dopo l'incidente ICMESA.

Come specificato sopra sono stati inclusi i tipi di tumore per i quali esiste un'ipotesi di associazione con la TCDD. Circa un centinaio di soggetti affetti da tali patologie neoplastiche sono stati confrontati con altrettanti soggetti non malati, della stessa età e sesso, provenienti dalla stessa zona.

Sono stati impiegati gli indicatori biologici e molecolari di seguito indicati:

- **Livelli plasmatici attuali di TCDD**, informativi anche dell'esposizione iniziale e trascorsa, grazie agli studi condotti sull'emivita del composto. La loro determinazione permette la definizione delle condizioni di esposizione superando i limiti della definizione "ecologica" finora utilizzata.
- **Espressione del recettore Ah in linfociti.** Il legame della TCDD con questo recettore è un passaggio essenziale (anche se non suf-

ficiente) per l'azione della TCDD. Lo scopo di questa analisi è evidenziare, in termini quantitativi, le differenze interindividuali nell'espressione del recettore Ah, e quindi la diversa suscettibilità all'esposizione alla TCDD.

- **Gene arnt.** Il prodotto di questo gene forma un dimero col complesso AhR-TCDD, necessario per il legame con il DNA. Il gene viene esaminato con analisi RFLP usando l'enzima di restrizione Mspl. Soggetti con mutazioni del gene potrebbero essere "resistenti" agli effetti della TCDD.
- **Genotipo CYP1A1 espressione (mRNA), attività EROD.** CYP1A1 è indotto dal complesso AhR-TCDD. Il prodotto proteico di questo gene, cioè il P4501A1, catalizza gli enzimi AHH (Aryl Hydrocarbon Hydroxylase) ed EROD (Etossi-resurefin-O-dietilasi) che possono attivare composti chimici (es. benzo(a)pirene) in composti elettrofilici capaci di legarsi covalentemente con il DNAe produrre effetti tossici/cancerogeni. Soggetti con alleli varianti del gene CYP1A1 hanno modificata inducibilità e perciò modificata suscettibilità agli effetti della TCDD.
- **Valutazione del genotipo dell'enzima Glutatione transferasi, gruppo μ, su linfociti.** Lo scopo di questo studio è evidenziare una possibile suscettibilità individuale all'effetto tossico di idrocarburi policiclici aromatici, diossina e altri composti, legata all'assenza di entrambi gli alleli del gene che codifica per l'enzima di detossificazione Glutatione transferasi (GSTμ nullo).

3.5 Valutazione degli effetti della TCDD sul sistema riproduttivo della fauna dell'ecosistema "Bosco delle Querce"

prof. Carlo Alberto Redi
Università degli Studi di Pavia, Dipartimento di Biologia Animale

L'area di Seveso, maggiormente inquinata dalla 2,3,7,8 tetraclorodibenzo-*p*-diossina (TCDD) dopo l'incidente ICMESA del 1976 è stata ricostruita artificialmente e trasformata in bosco composto principalmente da querce, da radure e da zone con vegetazione a cespuglio, chiamato Bosco delle Querce, parco cittadino.

L'ecosistema del Bosco delle Querce è abbastanza giovane, in quanto la prima riforestazione risale al 1985. Si estende su un'area di circa 42 ettari ed è stato studiato insieme all'ecosistema di altri 10 parchi suburbani la cui area variava da 18,8 a 831,8 ettari (*tabella 3.12*). La diversità

di habitat, stimata secondo l'indice di Shannon, variava da 1,25 a 3,59, con Seveso pari a 2,07. Maggiore è il valore di quest'indice, più marcata è la diversità ambientale dell'area, con più tipi di habitat a supporto di una comunità animale maggiormente diversificata.

Parco	Area (ha)	Perimetro (km)	Indice di forma	Isolamento	Diversità dell'habitat
Boscoincittà	90,7	7,55	2,24	-8,7	3,11
Forlanini	69,6	4,15	1,4	-5,7	2,38
Groane[1]	831,8	24,72	2,65	-22,3	3,4
Lambro	277,6	14,08	2,38	-6	3,59
Monza[1]	388,1	8,92	1,28	-16,8	2,4
Sempione	61,3	3,77	1,36	-1,6	2,76
Bosco delle Querce	**40,7**	**3,93**	**1,74**	**-20,7**	**2,07**
Trenno	56,3	4,57	1,72	-7	1,25
Giardini pubblici	18,8	1,84	1,2	-1,4	2,78
Vernavola alta	114	9,3	2,46	-2,8	2,65
Vernavola bassa	22,3	2,38	1,42	-1,8	2,57

[1] È stata considerata solo una parte del bosco.

Tabella 3.12 - *Alcune caratteristiche dell'habitat di campioni prelevati in parchi urbani e suburbani di Milano e Pavia.*

Da questo punto di vista Seveso, quale bosco giovane, possiede un basso indice di valore destinato però ad aumentare in proporzione allo sviluppo della vegetazione. Data l'impossibilità di identificare aree naturali particolari quali potenziali fonti di colonizzazione di animali, è stato considerato l'isolamento, a seconda della distanza tra il centro del bosco e il centro cittadino, moltiplicato per -1; questa distanza variava da -1,4 a -22,3 km, con Seveso posizionata a -20,7 km. Infine è stato calcolato un indice di forma quale proporzione della misura del perimetro del parco alla circonferenza di un cerchio della stessa area del parco, indicando la differenza di forma tra il bosco e un cerchio (1 significa che il parco è un cerchio perfetto); gli indici variavano da 1,2 a 2,46, con il Bosco delle Querce a 1,74.

3.5.1 Uccelli

Gli uccelli sono stati censiti utilizzando il metodo lineare trasversale. In tutto sono state censite 55 specie, 44 delle quali nelle campagne primaverili ed estive, mentre altre 45 nella campagna invernale. La ricchezza e la diversità delle specie (indice di Shannon) e un Indice Chilometrico di Abbondanza (ICA) sono stati ottenuti, per ciascuna specie e per la comunità intera, utilizzando il numero di uccelli in riproduzione.

Gli uccelli sono stati studiati attentamente nel campione di parchi urbani in quanto, insieme alla comunità degli artropodi, rappresentano generalmente la comunità più numerosa nei contesti urbani, oltre a essere abbastanza semplici da censire. Tuttavia la ragione principale che ha condotto a preferire l'analisi della composizione delle popolazioni di uccelli invece di quella di altri animali in contesti urbani è stata che gli uccelli, in quanto volatili, sono più facilmente considerabili primi colonizzatori di aree naturali isolate, e pertanto la loro comunità è una delle più complete presenti nei parchi urbani e nelle aree recuperate. La comunità di uccelli del Bosco delle Querce è alquanto ricca e diversificata, al pari di altre presenti in zone isolate, nonostante l'età recente della vegetazione e la scarsa ampiezza dell'area.

Tutte le specie osservate in primavera ed estate erano nel periodo riproduttivo. Il numero delle specie nei parchi studiati aumentava in relazione all'area e diminuiva in relazione al grado di isolamento.

Il positivo rapporto tra il numero delle specie da una parte e le zone e l'isolamento dall'altra può essere spiegato con la teoria della biogeografia insulare. È anche semplice ipotizzare che più è vicina la fonte di animali, più veloce sarà la colonizzazione delle zone isolate naturali e ripristinate. Il Bosco delle Querce si trova in posizione favorevole da questo punto di vista, dato che si estende in prossimità di vaste aree non abitate come il Parco delle Groane. Possiamo supporre che il numero di uccelli che popolano o semplicemente sostano nel bosco di Seveso stia aumentando fino a raggiungere una soglia stabile nel prossimo futuro con il crescere della vegetazione, dato che il bosco è ancora giovane. Diversi autori hanno scoperto che le comunità di uccelli ricche sono sostenute da una vegetazione boschiva complessa e ben strutturata, riscontro confermato dalle analisi. Le analisi di correlazione hanno sottolineato l'importanza dei boschi decidui con una calotta di copertura che supera il 50% per scriccioli e pettirossi, e dei boschi di conifere e misti con una copertura che non supera il 50% per le grandi cince, codirossi e pettirossi. Ove queste categorie risultavano assenti, delle categorie di habitat più frammentario offrivano siti per nidifica-

zione e rifugio, quali versanti boschivi che sostenevano cardellini e aree di cespugli importanti per le cince a coda lunga e le cutrettole gialle.

3.5.2 Mammiferi

I piccoli mammiferi sono stati censiti con la tecnica della rimozione utilizzando delle trappole a scatto fornite di esca e poste in file di 10 a intervalli di 10 minuti. Le analisi trasversali sono state effettuate per tre notti consecutive e controllate la mattina presto. Gli animali catturati venivano immediatamente rimossi e congelati entro 8 ore dalla cattura. È stato calcolato un indice di cattura pari al numero di animali catturati in 100 notti.

Il Bosco delle Querce non sembrava avere ampie popolazioni di topo del legno, come tutte le altre aree studiate. Altra specie particolarmente abbondante nei magazzini e attrezzature degli edifici di proprietà dell'Azienda Regionale delle Foreste nel bosco di Seveso risultò essere il topo domestico *Mus musculus domesticus*.

I mammiferi di taglia media sono stati censiti di notte utilizzando la tecnica del fascio di luce intenso e ristretto. Gli animali che si possono incontrare in questo modo sono le volpi (*Vulpes vulpes*), le lepri (*Lepus europaeus*), il coniglio coda di cotone (*Sylvilagus floridanus*) e i conigli (*Oryctolagus cuniculus*). Il Bosco delle Querce ospita una popolazione di conigli estremamente numerosa che potrebbe diventare persino un elemento negativo se non adeguatamente controllata. Ciò è il risultato di diversi fattori: la popolazione si è mantenuta in quanto il bosco è un'oasi verde in una zona altamente industrializzata ove i conigli, non trovando predatori naturali, sono sopravvissuti e si sono riprodotti velocemente. Inoltre il parco è totalmente recintato in modo da impedire a volpi o cani randagi di entrare.

Tra i vertebrati che si possono incontrare nel parco, a parte quelli già descritti, vi sono pesci (*Cyprinus carpio e Carassius auratus*) che vivono nel laghetto artificiale all'ingresso del parco; rospi e rane (*Bufo bufo* e *Rana esculenta*) e lucertole (*Lacerta sicula campestris*) compaiono sporadicamente.

3.5.3 Comunità di insetti

Gli insetti che vivono nel suolo, comunità deambulanti, sono stati campionati utilizzando la tecnica della trappola a buca. La campionatura venne stratificata, e le trappole sono rimaste in funzione per 4 settimane e svuotate del loro contenuto ogni 10 giorni. In laboratorio,

gli insetti catturati sono stati immediatamente separati dalla terra, da foglie e altro materiale, lavati e posti in soluzione alcolica al 70%. L'analisi dei dati è ancora in corso, ma i risultati preliminari fanno pensare a una comunità ricca con abbondanti popolazioni, paragonabili a quella di altri parchi urbani.

3.5.4 Test di mutagenicità

Durante numerose campagne di cattura sono stati raccolti mosche, topi domestici e conigli. Con questi reagenti biologici sono stati effettuati test di mutagenicità e studiato il processo di gametogenetica allo scopo di valutare l'attuale rischio per gli uomini connesso all'utilizzo del parco.

3.5.4.1 Morfologia dello spermatozoo e studio sul DNA

L'uso dei test sugli spermatozoi per valutare la possibile mutagenicità chimicamente indotta di molte sostanze venne ampiamente accolto nel 1983 dopo il rapporto del gruppo di lavoro Gene-Tox sui test sugli spermatozoi di animali e uomini preparato per conto dell'EPA (Environmental Protection Agency, Stati Uniti). La base teorica consiste nell'ipotesi che la spermatogenesi sia un fenomeno alquanto complicato controllato da molti geni; pertanto la valutazione delle anomalie dello spermatozoo (morfologia, contenuto di DNA, ecc.) è una semplice stima quantitativa per valutare i danni al materiale genetico della linea cellulare del germe maschile.

Gli spermatozoi di conigli e i topi domestici sono stati prelevati dai *vas deferens* di diversi animali che per taglia e peso venivano considerati in piena capacità riproduttiva (adulti). La frequenza di spermatozoi morfologicamente anomali venne stimata in 1000 spermatozoi su ogni lastrina. Questi spermatozoi hanno presentato una vasta gamma di malformazioni, raggruppate in tre categorie: a) senza l'uncino, a forma di banana; b) amorfi; c) ripiegati, macrocefali, a doppia testa, a doppia coda. Non è stata riscontrata differenza statistica tra Seveso e gli animali di controllo, sia nel coniglio che nel topo domestico. Nessuna anormalità è risultata predominare in altre specie.

Per quanto riguarda gli studi condotti sul DNA cellulare, non si è riscontrata una variazione nella percentuale di spermatozoi portatori di aneuploidie (deviazioni da un normale complemento del cromosoma aploide, diploide o poliploide dovute alla presenza, in eccesso o in difetto, di uno o più cromosomi individuali) nel topo come nel coniglio.

Infine, l'utilizzo del saggio COMETA per mostrare alterazioni strutturali nel DNAdegli spermatozoi non ha rivelato quadri degni di nota.

3.5.4.2 Gametogenesi nel topo domestico e nel coniglio
Un agente chimico, interagendo direttamente con il metabolismo del DNAe influenzando l'espressione del gene (trascrizione e/o traduzione) può potenzialmente indurre modificazioni a qualsiasi livello della citodifferenziazione cellulare. Pertanto, in aggiunta ai test spermatogenici, si può ottenere una visuale ampia dei possibili effetti indotti sulle cellule germinali da un possibile agente mutagenico, teratogenico o carcinogenico principalmente attraverso l'analisi degli stati testicolari pre e post-meiotici dalla differenziazione della cellula germinale maschile. Abbiamo valutato la composizione citologica quantitativa degli stadi del ciclo dell'epitelio seminifero sia dei topi domestici che del coniglio. Nessuno dei parametri si è rivelato significativamente diverso tra gli animali di controllo e quelli di Seveso, nel topo come nel coniglio. Il rapporto spermatociti/spermatidi del pachitene è abbastanza buono in entrambe le specie, raggiungendo il rapporto teorico di 1:4 nel topo e di 1:3 nel coniglio.

A livello di microscopia elettronica, le giunzioni tra cellule del Sertoli e spermatogoni e tra cellule del Sertoli e membrana basale si presentano integre (uno dei primi segni di alterazione da esposizione a TCDD è il manifestarsi di scollamenti tra queste giunzioni).

3.5.4.3 Test sul micronucleo del midollo osseo
È risaputo che la valutazione della frequenza dei micronuclei nel midollo osseo e negli eritrociti del sangue periferico costituisce un valido test *in vivo* per valutare il possibile danno genetico da inquinamento ambientale. Il numero di eritrociti policromatici micronucleati, in topo e coniglio, non è risultato diverso tra gli animali prelevati nel Bosco e quelli di riferimento.

3.5.4.4 Genetica della mosca
Sono stati raccolti 43 maschi e 32 femmine di mosca nella parte interna del parco, dove vivono cavalli e maiali. Maschi e femmine sono stati posizionati in insettari per mosche, dove vengono catalogate le deformazioni standard della OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità), insieme a diversi ceppi mutanti, e un nuovo ceppo denominato "Seveso 96" creato abbinando 32 femmine con 10 maschi, entrambi originari di Seveso. Alcuni maschi originari di Seveso sono stati accoppiati con fem-

mine del campione di ceppo standard della OMS in modo da ottenere una ridotta progenie allevata in massa, e poi uniti in "singola coppia" con femmine marchiate in modo da individuare determinanti sessuali.

Tutte le mosche catturate nel parco sono risultate morfologicamente normali, mentre due femmine della prima generazione (F_1 - 1 da incrocio e 1 da inincrocio) su 400 hanno mostrato tergiti abnormi. Occorre ricordare che le mosche con tergiti abnormi sono molto rare, trovandosi solo sporadicamente nell'allevamento di massa. La percentuale di individui con testicoli atrofici è rispettivamente il 13% e il 28% nelle progenie del primo e del secondo incrocio dei maschi originari di Seveso con femmine marcate standard della OMS. In relazione all'esperienza di questo laboratorio (che dal 1957 ha allevato tipi di mosche, compresi la deformazione di riferimento della OMS) queste percentuali risultano esageratamente alte. Tra la progenie F_1 degli inincroci vi erano mutanti morfologici recessivi dei tipi ad ali ritorte (cy) e divergenti (dv) e mutanti con testicoli dai bordi esterni pigmentati, sterniti pigmentati (ps); la presenza di questi mutanti è sporadica nelle malformazioni degli esemplari allevati in massa in laboratorio, sicuramente non così alta come nelle mosche di Seveso. Tuttavia non è possibile al momento effettuare un corretto paragone con le mosche selvatiche di altri boschi (non esistono dati in letteratura e non è stata ancora terminata una simile analisi sulle mosche selvatiche provenienti da altri parchi urbani e suburbani) e pertanto ogni conclusione da questi dati deve essere considerata con cautela.

Diverse anomalie cromosomiche sono state riscontrate nella progenie di Seveso F_1 e nelle mosche selvatiche. L'idea che la morfologia del cromosoma considerata sia distorta dalla procedura utilizzata per preparare le piastre di metafase (metodo di schiacciamento) è annullata dal fatto che l'anomalia è presente in tutte le piastre cromosomiche esaminate. Delle limitazioni secondarie, particolarmente frequenti nei cromosomi 1 e 2 e nel braccio lungo del cromosoma 3, rotture e cancellazioni sono le anomalie cromosomiche riscontrate sia allo stato omozigote che in quello eterozigote. Di particolare importanza il fatto che la rottura e le limitazioni sono ancora presenti nella terza generazione (degli animali originari di Seveso) e pertanto vitali.

3.5.5 Conclusioni

La ricerca effettuata sugli 11 parchi urbani compreso il Bosco delle Querce ha dimostrato che quest'ultimo ospita una varietà di fauna selvatica la cui ricchezza e diversità è paragonabile a quella di ecosistemi simili. I parametri della comunità di uccelli, quali la diversità e la ricchezza

della specie, ha provato che questo parco è in condizioni abbastanza buone se paragonato con altri ecosistemi urbani, nonostante la superficie ridotta; ciò è dovuto alla sua posizione attigua a vaste aree non abitate da dove potrebbero giungere potenziali colonizzatori. Inoltre la popolazione di piccoli mammiferi del Bosco delle Querce è paragonabile a quella di alcune tra le zone analizzate e comprende una popolazione molto numerosa di conigli. L'utilizzo di animali allo stato libero quali biondicatori dell'inquinamento ambientale e il loro uso per i test *in vivo* per dimostrare gli effetti genotossici richiede cautela nel trarre conclusioni.

Valutando costi e benefici, si può dire che il principale limite metodologico è l'impossibilità di relazionare ogni effetto riscontrato a ogni inquinante ambientale e di valutare il rapporto tra la sua concentrazione ed effetto e il tempo di esposizione all'agente. Il principale vantaggio è che, non riscontrando alcun effetto genotossico, è possibile affermare che il rischio è "nullo": ad esempio, se i risultati dimostrano un rapporto positivo tra una "situazione ambientale" e gli effetti genotossici, si potrebbe tornare alla chimica analitica e ai metodi eco-tossicologici per trovare un modo per discriminare l'agente responsabile di quell'effetto e relazionare la concentrazione all'effetto; ma se i risultati sono negativi, qualunque sia il cocktail di possibili agenti genotossici presenti (o magari uno solo), la valutazione del rischio effettuata tramite l'utilizzo di animali selvatici indica che la situazione ambientale è sicura; probabilmente, la concentrazione dell'/degli inquinante/i rimane sotto il livello critico al quale può esercitare effetto genotossico.

Un altro vantaggio dell'uso di animali selvatici per test genotossici si può riscontrare nella valutazione degli effetti dell'esposizione cronica all'agente genotossico: i piccoli mammiferi in libertà sono longitudinalmente esposti all'azione del potenziale agente genotossico a qualsiasi stadio della loro biologia evolutiva (dalle cellule germinali all'embrione, dai livelli perinatali intra e extrauterini fino all'età adulta) e pertanto sono i più indicati reagenti biologici in casi particolari ove solo un agente inquinante ha agito per lungo tempo. Il "contesto Seveso" da noi studiato può essere considerato un paradigma di quest'ultima situazione. Qui, gli animali studiati erano e sono tuttora esposti a un'azione potenziale della TCDD in ogni grado del loro sviluppo. Pertanto il loro studio, unito ai dati disponibili in letteratura relativi a condizioni di laboratorio, può rintracciare l'effetto mutagenetico esercitato dalla TCDD a livelli particolari, nei quali la TCDD è maggiormente mutagenetica, ad esempio gli stadi perinatali rispetto all'adulto.

I nostri risultati sulle cellule germinali di topo domestico, coniglio

e mosca devono essere avvalorati da una più vasta massa di informazioni, in particolare sul saggio COMETA degli spermatozoi del topo e del coniglio e della genetica della mosca. Fatto importante, non abbiamo ancora il contenuto individuale di TCDD degli animali analizzati. Se la massa totale dei risultati conferma quelli già ottenuti, possiamo concludere che non vi sono segni particolari di rischio eco-tossicologico nel Bosco delle Querce, dimostrando pertanto la sua attuale qualità ambientale.

3.5.6 Programma di ricerca relativo al 1997

Nel corso del 1997 si sono portati a termine i censimenti sulla fauna del Bosco utili a definire in termini esaustivi i parametri di habitat del Bosco stesso e ad ampliare il numero di animali studiati; in particolare si è inteso:

- valutare la presenza di un rapporto numericamente alterato tra spermatozoi portatori di cromosoma X e Y in conigli e topi, in un confronto con animali trattati in laboratorio con TCDD;
- valutare a livello di microscopia elettronica la regolarità delle giunzioni cellula del Sertoli/spermatogoni;
- valutare in termini quantitativi la presenza già segnalata di rottura a singola elica nel DNA di spermatozoi di topo (saggio COMETA);
- valutare l'ereditabilità delle anomalie cromosomiche rilevate nella mosca.

Queste informazioni, avvalorate da analisi compiute su un congruo numero di animali, possono essere ritenute particolarmente idonee a una trasposizione su animali (topi) provenienti dalla zona B. L'intento è quello di disporre di biomarcatori dell'effetto della TCDD su animali, utili per il confronto con i dati ottenuti sull'uomo e per lo studio di una metodologia per la valutazione del rischio biologico da TCDD basata su saggi semplici e poco costosi.

3.6 Valutazione della presenza attuale di 2,3,7,8-TCDD in prodotti alimentari dell'area di Seveso

prof. Anna Arnoldi
Università degli Studi di Milano, Dipartimento di Scienze Molecolari Agroalimentari

La nube tossica liberatasi nell'ambiente a seguito dell'incidente di Seveso (luglio 1976) era costituita principalmente dalla 2,3,7,8-tetraclo-

rodibenzo-*p*-diossina, un composto appartenente alla classe delle diossine. A questa classe appartengono 210 composti, eteri triciclici aromatici policlorurati, i dibenzofurani e le dibenzodiossine (PCDF e PCDD), che sono stati designati come le sostanze antropogeniche più tossiche esistenti. La diossina di Seveso (2,3,7,8-TCDD) è risultata essere tra queste sostanze quella a più alta tossicità, è termicamente e chimicamente stabile e non è biodegradabile: a causa della sua stabilità il tempo di dimezzamento nel terreno è stato valutato in circa 10 anni.

Le diossine sono inquinanti ubiquitari, le cui sorgenti si dividono in tre principali categorie: sorgenti industriali, processi di combustione e sorgenti secondarie. Le sorgenti industriali sono ad esempio i processi dell'industria chimica in cui vengono prodotti composti aromatici policlorurati. Tra i processi di combustione si possono distinguere le sorgenti stazionarie, come gli inceneritori di rifiuti, e le sorgenti diffuse, come gli scarichi delle automobili. Infine tra le sorgenti secondarie si hanno la colatura dei siti di eliminazione di RSU e delle aree contaminate, e gli impianti di trattamento delle acque municipali e delle acque di fiume.

Una delle principali vie di esposizione per l'uomo alle diossine è l'assunzione tramite alimenti (almeno il 98% secondo alcuni autori). Le altre fonti, non alimentari, che sono ad esempio i prodotti della carta, il terreno, l'aria e le sigarette, hanno molto minore importanza e contano per meno del 10% rispetto alle fonti alimentari. Queste ultime si possono suddividere in tre categorie, che apportano all'uomo approssimativamente lo stesso contributo di PCDD e PCDF, cioè: latte e derivati; carne, derivati della carne e uova; pesce e prodotti della pesca. L'apporto che deriva da frutta, verdura e oli vegetali può essere invece calcolato intorno al 5%. Poiché le PCDD/F sono sostanze lipofile, esse si trovano soprattutto nel tessuto adiposo degli animali. La distribuzione nei tessuti, secondo alcuni autori, sarebbe anche dose-dipendente, vale a dire che, a un aumento della dose di diossine somministrata, si ha un maggiore accumulo di queste ultime nel fegato piuttosto che nel tessuto adiposo.

In seguito a queste considerazioni si è pensato di valutare se, a distanza di 20 anni dall'incidente, esiste per la popolazione di Seveso delle zone "ex B" ed "ex di rispetto" il rischio di esposizione alla 2,3,7,8-TCDD attraverso la catena alimentare. Queste zone infatti sono state molto meno colpite dalla nube tossica, e di conseguenza sono state quelle meno studiate finora. Si è ritenuto opportuno iniziare la valutazione della presenza di diossina analizzando il fegato degli animali da cortile allevati dagli abitanti stessi di quelle zone, ma si pensa di esten-

dere le analisi anche al latte e ad alcuni vegetali, quali il cavolo, che rispetto agli altri vegetali ha una maggior concentrazione in lipidi.

Nella *tabella 3.13* sono indicati gli animali, la loro provenienza e il peso fresco dei fegati.

Tipo di animale	Numero di animali	Zona di provenienza	Peso fresco totale del fegato (g)
coniglio	2	Baruccana (zona R)	121,9
coniglio[1]	1	Seveso (zona R)	50,0
coniglio[1]	1	Seveso (zona R)	71,5
coniglio[1]	1	Seveso (zona R)	63,38
coniglio	2	Seveso (zona B)	95,8
coniglio	1	Bosco delle Querce	32,76
gallina	3	Baruccana (zona R)	132,1

[1] provengono dallo stesso allevatore

Tabella 3.13 - *Schema degli animali provenienti dalle zone dell'incidente.*

I campioni analizzati e i risultati ottenuti sono mostrati nella *tabella 3.14*.

Come si può notare nella *tabella 3.14*, il contenuto in lipidi è molto diverso nei campioni esaminati: le differenze possono essere dovute all'alimentazione e all'età degli animali. Infatti, gli animali della zona B erano piuttosto giovani rispetto a quelli della zona R e a quelli provenienti dal supermercato. Per quanto riguarda l'alimentazione, invece, gli animali di Lentate sul Seveso provengono da un allevamento all'ingrasso, il che potrebbe spiegare l'alto valore dei lipidi.

Dalle analisi svolte finora risulta che nei campioni di coniglio di quasi tutte le zone a suo tempo coinvolte nell'incidente la quantità di TCDD è talmente bassa da non essere rilevabile con l'apparecchiatura usata (e comunque minore di 10 ppt). Soltanto un campione di coniglio ha mostrato un valore preoccupante (26 ppt, mentre sono considerati normali valori fino a 10 ppt). La successiva analisi di animali provenienti dallo stesso allevatore (Seveso R) non ha però confermato questo valore.

Nel campione di fegato di gallina la TCDD è risultata essere 4,4 ppt. La quantità di lipidi nel fegato di gallina è molto maggiore rispetto a quella media dei conigli.

Località	Zona	Animale	Sost. secca (%)	Lipidi (%)	TCDD (ppt)
Milano[1]	-	coniglio	30,4	11,7	n.r.
Milano[1]	-	coniglio	23,1	12,0	9,5
Baruccana	R	coniglio	29,3	7,6	n.r.
Seveso	R	coniglio	29,6	9,8	26,0
Seveso	R	coniglio	28,2	10,2	n.r.
Seveso	R	coniglio	30,0	9,37	n.r.
Seveso	B	coniglio	24,9	5,6	n.r.
Bosco delle Querce	A	coniglio	23,4	11,2	n.r.
Lentate sul Seveso	-	coniglio	31,1	14,5	n.r.
Milano[1]	-	gallina	26,2	12,2	n.r.
Baruccana	R	gallina	25,8	14,2	4,4

n.r. = valori inferiori al limite strumentale (0,2-0,3 ppt).
[1] campioni di riferimento.

Tabella 3.14 - *Analisi effettuate su fegato.*

Le differenze dei risultati ottenuti per i conigli e per le galline potrebbero essere dovute a vari fattori:

- il contenuto di lipidi del fegato di gallina è più elevato e quindi è più probabile che ci sia un accumulo di diossine;
- la dieta è diversa, soprattutto se si tiene conto che le galline erano libere di razzolare e quindi potevano nutrirsi di lombrichi (accumulatori di diossina) ed essere a contatto con il terreno;
- l'età delle galline non era nota. Questo parametro è molto importante perché il fegato è un organo di accumulo.

Accanto ai campioni di animali allevati a Seveso e dintorni sono stati analizzati alcuni fegati acquistati in due diversi supermercati di Milano come controllo. In uno dei due campioni la TCDD è inferiore al limite rilevabile, nell'altro sono risultati livelli di contaminazione intorno alle 9,5 ppt.

Questi risultati, malgrado il campionamento sia ancora limitato, sembrano indicare, per i campioni provenienti da Seveso, una contaminazione assente o che comunque non si discosta molto da quella di campioni commerciali acquistati in Lombardia.

Per quanto riguarda il latte occorre specificare che il metodo utilizza-

to ha un recupero piuttosto basso (circa il 30%). È quindi opportuno, prima di continuare questo tipo di analisi, apportargli qualche modifica.

Località	Zona	Peso lipidi (g)[1]	Lipidi (%)	TCDD (pg/ml)
Milano[2]	-	7,88	3,94	n.r.
Birago	-	6,84	3,42	n.r.
Cesano M.no	R	3,34	1,73	n.r.

n.r. valori inferiori al limite strumentale (0,2-0,3 ppt).
[1] ottenuti su un volume di partenza di 200 ml.
[2] campione di riferimento.

Tabella 3.15 - *Analisi effettuate su latte.*

Dalla *tabella 3.15* risulta che la concentrazione di lipidi del latte di Cesano Maderno è molto inferiore a quella che dovrebbe essere (cioè intorno a 3,5 %): quel latte è stato prelevato da un contenitore in cui era stato lasciato diverse ore senza agitazione; probabilmente i grassi sono affiorati in superficie, e quindi, poiché il rubinetto è situato alla base del contenitore, si è ottenuto inavvertitamente un campione parzialmente scremato. Questo spiegherebbe l'anomalia riscontrata.

3.6.1 Programma di ricerca relativo al 1997

Quando sono state condotte le operazioni di bonifica del territorio interessato dall'incidente ICMESA, solo le aree colpite da un inquinamento notevole e diffuso sono state totalmente decorticate. Nella zona B a media concentrazione, dove pure erano presenti aree puntiformi in cui la 2,3,7,8-TCDD raggiungeva valori abbastanza elevati, la bonifica è stata molto leggera: la sua notevole stabilità chimica e il suo lentissimo metabolismo portano a pensare che la 2,3,7,8-TCDD possa essere presente in quest'area ancora oggi. D'altra parte, alcune analisi condotte da altri gruppi, soprattutto quelle condotte sull'aria dall'Istituto "Mario Negri", suggeriscono che nella zona siano presente fonti attuali di inquinamento da dibenzodiossine e dibenzofurani, probabilmente identificabili nel traffico o nella presenza di inceneritori.

Nel 1997 si è inteso continuare la raccolta di campioni di conigli e pollame perché le analisi condotte fino allora non erano state suffi-

cientemente numerose. Sono comunque venute alla luce delle difficoltà nel reperimento di questi campioni. Per ampliare la casistica nel 1997 si è operato in questo modo:

- si sono raccolti campioni vegetali;
- si sono procurati campioni di latte;
- si è analizzato il fegato di animali selvatici catturati in zona B dal prof. Carlo Alberto Redi dell'Università di Pavia.

Per quanto riguarda i vegetali, i dati di letteratura indicano che solo il 5% della 2,3,7,8,-TCDD assunta nella dieta deriva dai vegetali, in quanto la sua concentrazione è molto bassa. Poiché sembra che i cavoli siano gli ortaggi dove la concentrazione può raggiungere valori più elevati, ci si è dedicati in particolare a questo tipo di prodotti orticoli.

Per quanto riguarda il latte e gli animali sono stati presi contatti con il servizio veterinario regionale e quello della USSL30, sotto il cui controllo cade la zona di interesse.

3.7 Le Borse di formazione

La Fondazione Lombardia per l'Ambiente, al fine di individuare e valorizzare risorse professionali nell'attività di ricerca nel settore delle scienze ambientali, bandisce annualmente un concorso per borse di formazione destinate allo svolgimento di un originale progetto di ricerca presso qualificate istituzioni scientifiche e sotto la responsabilità di un tutore. Fin dal suo primo anno di attività (1993), la Fondazione ha bandito borse di formazione *post lauream* per un totale, a oggi, di circa settanta borse (triennali e biennali) . Nel 1997, visto il successo dell'iniziativa, sono state bandite borse di studio per l'estero.

Tra le diverse borse di studio assegnate, ne abbiamo selezionate 5 che trattano in particolare il rischio industriale e il monitoraggio di diossine e composti clorurati:

- Diritto ambientale comunitario e stato della sua applicazione nell'ordinamento nazionale e regionale: il caso degli ambienti ad alto rischio. Autore: Stefano Boy.
- Metodologie di valutazione del rischio di esposizione ad inquinanti atmosferici tossici e persistenti. Autore: Stefano Caserini.
- Studio cinetico delle reazioni di distruzione di composti organici su *fly ash* da inceneritori di RSU. Autore: Elena Collina.
- Identificazione di bersagli cellulari in risposta a esposizione a diossine. Autore: Nicola Dell'Orto.

- Meccanismo di attività biologica delle policlorodibenzo-*p*-diossine (PCDD): sviluppo di modelli teorici e loro validazione sperimentale. Autore: Mercedes Procopio.

3.7.1 Diritto ambientale comunitario e stato della sua applicazione nell'ordinamento nazionale e regionale: il caso degli ambienti ad alto rischio

Stefano Boy
Centro Comune di Ricerca, Ispra

Nella nuova direttiva del Consiglio dell'Unione Europea (Direttiva 96/82/EC) riguardante il controllo del rischio di incidente rilevante coinvolgente sostanze pericolose (che sostituirà la direttiva 82/501/EC, la cosiddetta Direttiva Seveso), viene introdotto il concetto di *effetto domino*. Nell'articolo 8 della direttiva viene stabilito che l'autorità competente degli stati membri deve identificare "le installazioni o i gruppi di installazioni dove la probabilità o le conseguenze di un incidente rilevante possono essere aumentate dal posizionamento e dalla vicinanza di tali installazioni e dei loro depositi di sostanze pericolose". Quanto riportato costituisce uno dei primi riconoscimenti ufficiali del fenomeno dell'effetto domino (il propagarsi di un incidente da una installazione ad un'altra); riguardo gli incidenti aventi luogo all'interno di una stessa installazione, gli effetti domino dovevano già essere considerati nel rapporto di sicurezza. A partire dal 1995, l'Istituto per l'Ingegneria dei Sistemi, Informatica e Sicurezza del Centro Comune di Ricerca ha condotto lo sviluppo di un codice di calcolo per l'analisi delle conseguenze di sequenze incidentali nell'industria di processo, compresi eventuali effetti domino, altamente flessibile nella:

- definizione e controllo delle sequenze incidentali, e
- successiva scelta dei modelli di calcolo più opportuni.

A questo scopo vengono implementate basi di conoscenza e altri moduli di supporto per la valutazione della sicurezza degli impianti industriali: l'approccio consente all'utente una facile implementazione dei nuovi modelli e della nuova conoscenza messa a disposizione dalla comunità scientifica.

La prima versione su PC del codice, in ambiente Microsoft Windows 95, è stata presentata al Meeting europeo sull'industria chimica e l'ambiente, Alghero (Italia), 11-13 settembre 1996, e al primo Seminario Europeo sull'effetto domino, 19-20 settembre 1996, Leuven (Belgio), organizzato dal Ministro belga dell'Occupazione e del Lavoro, inteso come seminario per le autorità competenti per la direttiva dell'Unione Europea.

3.7.2 Metodologie di valutazione del rischio di esposizione a inquinanti atmosferici tossici e persistenti

Stefano Caserini
Politecnico di Milano
Dipartimento di Ingegneria Idraulica, Ambientale
e del Rilevamento - Sezione Ambientale

La stima del rischio per la salute della popolazione esposta alle emissioni di inquinanti atmosferici è da tempo un prezioso contributo nel dibattito sulla compatibilità ambientale di molte attività umane. Negli anni più recenti valutazioni di questo tipo hanno assunto un ruolo di particolare rilievo nel quadro degli studi sull'accettabilità e localizzazione di quegli impianti, come gli inceneritori di rifiuti, che possono costituire fonti significative di inquinanti atmosferici tossici e persistenti (IATP) per l'ambiente.

Le caratteristiche di persistenza e cumulabilità di tali inquinanti (in genere metalli pesanti e composti organici alogenati) rendono particolarmente significativi, rispetto ai consueti percorsi di interazione diretta (inalazione aria), anche percorsi indiretti (ingestione e/o contatto dermico con terreno contaminato, assunzioni con la dieta), la cui efficienza nel convogliare la sostanza verso il soggetto esposto deve essere adeguatamente valutata perché si possa cogliere l'effettivo significato dell'emissione. Diventano così parte della valutazione una serie di problematiche complesse, afferenti a discipline anche molto diversificate, che debbono necessariamente convergere in un approccio metodologico unitario.

Su questa base, l'attività di ricerca condotta si è sviluppata secondo due filoni paralleli: l'acquisizione dei diversi aspetti metodologici che concorrono alla formulazione delle valutazioni del rischio associato all'esposizione a IATP e la strutturazione di uno strumento informatico che, implementando le metodologie acquisite e utilizzando banche dati e modelli in linea, consenta la stima dei rischi per la salute derivanti dalle emissioni atmosferiche di tali inquinanti, con particolare riferimento alla termodistruzione dei rifiuti.

Il sistema informatizzato messo a punto ha inoltre potuto recepire nella fase finale una serie di indicazioni derivanti da valutazioni specifiche condotte per approfondire, dal punto di vista metodologico, i punti di maggiore incertezza per la stima finale del rischio. In modo particolare sono stati affinati gli algoritmi di stima del deposito degli inquinanti in funzione dei principali parametri che lo influenzano (granulometria del particolato, variabili meteorologiche, tipo di terre-

no) ed è stata definita una procedura semplificata per la valutazione del trasporto nelle catene alimentari.

Al fine di caratterizzare le incertezze più o meno rilevanti che intervengono nelle diverse fasi, sono state infine effettuate delle analisi di sensitività del sistema ed è stata condotta una valutazione delle stesse tramite metodologie di tipo probabilistico.

3.7.3 Studio cinetico delle reazioni di distruzione di composti organici su *fly ash* da inceneritori di RSU

Elena Collina
Università di Milano
Dipartimento di Chimica Fisica ed Elettrochimica

È stato affrontato lo studio cinetico delle reazioni di distruzione di composti organici su *fly ash* da inceneritori di rifiuti solidi urbani (RSU). In precedenza era stata postulata la presenza di due cammini di reazione, la declorurazione e la decomposizione.

Nel corso della borsa di studio è stata studiata la sola reazione di decomposizione, su sistemi modello e in assenza di catalizzatori e di sorgenti di cloro. Come supporto modello è stata scelta la silice (SiO_2), miscelata con i composti puri dibenzo-*p*-diossina (DD), dibenzofurano (DF) e bifenile (BPh), che sono i capostipiti non clorurati di tre famiglie di microinquinanti organici (PCDD, PCDF e PCB). È stato scelto il carbone attivo, per il ruolo che può svolgere nella sintesi di questi e di altri microinquinanti. Lo studio cinetico di queste reazioni è stato effettuato in *batch* misurando l'abbattimento del carbonio organico totale (*Total Organic Carbon*, TOC) e, per il sistema modello DF-SiO_2, anche in flusso di gas inerte. È stato dimostrato che, sia in batch che in flusso, nella reazione delle miscele sintetiche DF-SiO_2, DD-SiO_2 e BPh-SiO_2, l'unico processo attivo è il desorbimento del reagente; per la miscela C-SiO_2, ha luogo solo la reazione di ossidazione ad anidride carbonica. In entrambi i casi l'ordine di reazione è risultato dello pseudo-primo ordine. Sono stati determinati i parametri energetici e termodinamici dei processi coinvolti. Sulla base di questi è stato ipotizzato un doppio controllo, chimico alle temperature più basse e diffusionale alle temperature più alte, per le reazioni in *batch*; esiste invece il solo controllo chimico per le reazioni in flusso.

Parallelamente è stato iniziato lo studio sistematico in *batch* delle reazioni che avvengono in fase eterogenea sulle *fly ash*. Lo studio cinetico è stato effettuato misurando l'abbattimento del TOC nelle *fly ash*, dopo aver messo a punto nei nostri laboratori la metodologia analitica.

Mediante una procedura iterativa di fitting sono state calcolate, alle diverse temperature, le costanti cinetiche di due reazioni dello pseudo-primo ordine, simultanee e indipendenti, R1 e R2. Poiché il prodotto principale della reazione è la CO_2, è stata fatta l'ipotesi che sulla superficie delle *fly ash* esistano due siti catalitici con attività differente, i "siti" e i "supersiti"; la reazione di ossidazione del carbonio organico è più veloce sui supersiti che sui siti. All'aumentare della temperatura, aumenta l'attività dei siti, che diventano supersiti. Questa ipotesi è in accordo con il fatto che la frazione di carbonio iniziale che reagisce in accordo con la reazione più lenta R1 diminuisce mentre la frazione in accordo con R2 aumenta all'aumentare della temperatura.

Una parte del lavoro di ricerca, inoltre, è stata dedicata alla caratterizzazione delle *fly ash* mediante diverse tecniche analitiche.

3.7.4 Identificazione di bersagli cellulari in risposta a esposizione a diossine

Nicola Dell'Orto
Università di Milano
Dipartimento di Scienze dell'Ambiente e del Territorio

Le dibenzo-*p*-diossine clorinate e i composti simili (comunemente chiamati diossine) sono contaminanti presenti in tutti i comparti ambientali.

La molecola con quattro atomi di cloro, nelle posizioni 2,3,7 e 8 della struttura chimica della dibenzo-*p*-diossina, è chiamata 2,3,7,8 tetraclorodibenzo-*p*-diossina (TCDD). È un composto solido e inodore. La TCDD può essere inavvertitamente prodotta in piccole quantità come impurità durante i processi di sintesi di certi erbicidi e germicidi, ed è stata rilevata nei prodotti di incenerimento dei rifiuti urbani.

La TCDD è la molecola più studiata tra quelle appartenenti alla classe delle diossine a causa della sua stabilità chimica, lipofilicità e reattività biologica a concentrazioni estremamente basse. Questa ricerca è basata sull'utilizzo di bioindicatori innovativi capaci di rilevare l'esposizione a diossine nell'anfibio *Xenopus laevis*. Per questo scopo sono stati utilizzati embrioni allo stadio di sviluppo 3 (2 ore dalla fecondazione) e allo stadio 48 (7,5 giorni dalla fecondazione) con un fegato completamente sviluppato. Sono stati analizzati gli effetti sugli organismi esposti per 120 ore a TCDD, solubilizzata in DMSO, a concentrazioni comprese tra 0,5 e 600 ng/l. I test di tossicità normalmente utilizzati non possono fornire informazioni adeguate sul meccanismo di azione cellulare della TCDD.

Nei mammiferi l'induzione dei sistemi enzimatici deputati alla meta-

bolizzazione di xenobiotici è stata analizzata da alcuni decenni; attualmente sono in studio altri modelli animali tra cui gli anfibi, che possono rappresentare una valida alternativa per l'ambiente acquatico. I tempi di esposizione, per determinare le alterazioni del livello enzimatico del P450, sono di 8 giorni (20-50 ng/l) per entrambi gli stadi di sviluppo e 5+3 giorni di *recovery* in soluzione fisiologica priva di TCDD (0,5-50 ng/l) per lo stadio 48. È stato trovato, per embrioni allo stadio 3, un valore di LC_{50} di 342,8455 ng/l.

Nessun effetto di teratogenesi o ritardo di sviluppo è stato invece rilevato. L'induzione del citocromo P450, negli omogenati di embrioni di *X. laevis*, è stata valutata utilizzando tecniche di immunoblot. L'anticorpo ha reagito contro il citocromo P450A1 di ratto riconoscendo una banda dell'apparente peso molecolare compreso tra 42 e 66 kda corrispondenti al CYP1A di ratto. Il siero anti CYP1A1 ha reagito con una singola banda proteica apparentemente dello stesso peso molecolare del CYP1A negli omogenati di embrioni trattati. Nessuna cross-reattività è stata rilevata nei controlli.

Un periodo di *recovery* di 3 giorni è risultato insufficiente per determinare una riduzione dell'induzione dell'attività enzimatica in embrioni trattati a dosi superiori a 10 ng/l. In definitiva *X. laevis* è risultato essere un modello sensibile capace di indurre il citocromo P450 anche a dosi molto basse di TCDD.

3.7.5 Meccanismo di attività biologica delle policlorodibenzo-*p*-diossine (PCDD): sviluppo di modelli teorici e loro validazione sperimentale

Mercedes Procopio
Università degli Studi di Milano
Dipartimento di Chimica Fisica ed Elettrochimica

Obiettivo generale della ricerca è la razionalizzazione, a livello molecolare, del meccanismo di attività biologica delle policlorodibenzo-*p*-diossine (PCDD). Studi precedenti sulle relazioni tra proprietà stereoelettroniche delle PCDD e affinità di *binding* per il recettore cellulare hanno indicato che le caratteristiche elettrostatiche che distinguono le molecole attive da quelle poco attive sono la conseguenza di un'elevata polarizzazione della densità elettronica lungo l'asse molecolare principale, che potrebbe conferire alle PCDD attive proprietà di accettori in complessi a trasferimento di carica (CT) con siti del recettore elettron-donatori. Al fine di verificare questa ipotesi il progetto prevede la realizzazione di composti supramolecolari delle PCDD con molecole recettoriali sintetiche e la loro caratterizzazione mediante tecniche spettroscopiche.

Nel primo anno di attività è stata effettuata una ricerca in letteratura sulle molecole che danno luogo a complessi a trasferimento di carica e sui valori sperimentali dei loro potenziali di ionizzazione (PI) e affinità elettronica (AE). Sulla base di questi dati è stata messa a punto una metodologia per il calcolo di queste proprietà per le PCDD, per le quali non sono disponibili dati sperimentali. I valori sono stati ottenuti come differenza tra le energie, calcolate *ab initio*, del radicale catione e della molecola neutra (PI) e della molecola neutra e del radicale anione (AE). Il confronto con PI e AE di tipici donatori e accettori CT indica per la dibenzo-*p*-diossina una buona capacità elettron donatrice e per la 2,3,7,8-TCDD una debole capacità accettrice, confrontabile a quella dei benzeni clorurati e di alcuni composti policiclici aromatici.

È stata inoltre messa a punto la metodologia sperimentale per la caratterizzazione dei complessi a trasferimento di carica, utilizzando come molecole modello il dicloruro di metilviologeno (accettore) e il 1,4-dimetossibenzene (donatore), per le quali le proprietà elettron-attrattrici ed elettron-donatrici sono note dalla letteratura. La formazione del complesso è stata evidenziata con la spettroscopia UV-VIS mediante l'osservazione di una nuova banda, non osservata negli spettri dei reagenti puri. La determinazione della costante di equilibrio ha comportato prove in diverse condizioni: eccesso di donatore; quantità stechiometriche dei reagenti; eccesso di accettore. L'elaborazione dei dati è stata eseguita mediante equazioni linearizzate derivanti dall'espressione della costante di equilibrio e, data l'inadeguatezza di queste ultime a dare valori affidabili dei parametri studiati, con un programma di minimi quadrati non lineari. Inoltre sono in corso esperimenti NMR per convalidare il valore della costante di equilibrio ottenuta dalle misure UV-VIS.

Capitolo 4

Il convegno
Chimica, Uomo e Ambiente

A vent'anni dall'incidente ICMESA del 1976, la Fondazione Lombardia per l'Ambiente e la Regione Lombardia hanno organizzato un convegno con lo scopo di proporre una rassegna degli interventi tecnici e normativi messi in opera, dall'epoca dell'incidente fino a oggi, per la bonifica del territorio, la tutela della salute dell'uomo, il monitoraggio dell'ambiente e la prevenzione del rischio chimico.

Al convegno hanno partecipato i protagonisti istituzionali e tecnici intervenuti sia durante la fase di emergenza che negli anni successivi. Il convegno era tra l'altro finalizzato a proporre e a portare alla pubblica conoscenza gli orientamenti, le valutazioni e i risultati delle indagini scientifiche compiute sul territorio di Seveso dagli esperti delle Università di Milano e Pavia, del Centro Comune di Ricerca di Ispra, dell'Istituto Farmacologico "Mario Negri" e dell'Ospedale di Desio. In questo contesto sono intervenuti anche i rappresentanti del Ministero dell'Ambiente, dell'Assessorato Ambiente ed Energia della Regione Lombardia, dell'Azienda Regionale Foreste della Regione Lombardia, del PMIP USSL n. 38 e dell'Università "La Sapienza" di Roma.

A livello internazionale sono intervenuti esperti del settore provenienti dalla University of Umeå (Svezia), McArdle Laboratory for Cancer Research - Madison (Wisconsin, Stati Uniti), University Hospital Linköping (Svezia), National Cancer Institute (Maryland, Stati Uniti), Center for Disease Control - Atlanta (Georgia, Stati Uniti), Freie Universität - Berlino (Germania), National Institute of Health (Research Triangle Park, North Carolina, Stati Uniti), Landkreis - Bitterfeld (Germania).

I relatori del convegno sono i ricercatori della comunità scientifica internazionale maggiormente coinvolti nella ricerca sugli effetti della diossina sull'uomo e l'ambiente: in seguito al drammatico incidente, infatti, sono stati compiuti preziosi studi volti a meglio comprendere i meccanismi di degradazione e trasporto della specifica molecola di diossina (2,3,7,8-TCDD) rilasciata nell'incidente e i suoi effetti a medio e lungo termine sull'uomo, su organismi animali e vegetali e sugli ecosistemi.

Alcune di queste ricerche sono condotte direttamente dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente con la collaborazione del Centro Comune di Ricerche di Ispra, delle Università di Milano e Pavia e dell'Istituto di Ricerche Farmacologiche "Mario Negri": esse comprendono il monitoraggio analitico della presenza degli isomeri della TCDD nel particolato atmosferico, nel suolo, nei sistemi vegetali e faunistici e nella catena alimentare umana. Accanto a questi studi

di carattere ambientale sono state avviate ricerche di carattere tossicologico ed epidemiologico per la valutazione di possibili effetti a lungo termine della TCDD sull'uomo a livello molecolare e in differenti generazioni (*vedi capitolo 3*).

Al convegno sono stati presentati i risultati degli studi avviati in questi ultimi due anni sul monitoraggio ambientale del territorio di Seveso e su nuovi aspetti epidemiologici nella popolazione interessata dall'incidente.

In questa occasione si è quindi cercato di sviluppare non semplicemente la cronaca degli eventi, bensì di capire quali sono state le novità e di divulgare la lezione imparata non solo in campo epidemiologico, chimico, ambientale, ma anche in campo istituzionale.

Presentiamo di seguito una sintesi degli interventi (elencati in ordine alfabetico), riportati integralmente nel volume Atti del convegno *Chimica, Uomo e Ambiente*, in pubblicazione.

4.1 Gli interventi

L'evidenza epidemiologica degli effetti della TCDD sulla salute dell'uomo

Olav Axelson
Università di Linköping, Svezia
Dipartimento di Medicina del Lavoro e Ambientale

Molto si è discusso sul potenziale effetto della TCDD e composti organici clorurati annessi sulla salute dell'uomo. Gli esperimenti sugli animali hanno mostrato un discreto numero di effetti drammatici, ma gli studi epidemiologici si sono rivelati molto meno chiari e pertanto difficili da interpretare. La presenza della diossina quale contaminante in altri agenti fornisce un grado di complessità variabile in relazione all'interazione.

La cloracne è una manifestazione cutanea dovuta all'esposizione a diossina, ma non si verifica necessariamente. Esperienze maturate sugli animali hanno focalizzato l'interesse sul cancro, sugli effetti immunologici, neurotossici e riproduttivi dell'esposizione. Pochi anni dopo l'incidente di Seveso, osservazioni cliniche ed epidemiologiche effettuate in Svezia hanno indicato un'associazione di sarcomi dei tessuti molli (STS) e linfomi con erbicidi fenossidici e clorofenoli, contaminati con diossine.

Studi compiuti negli Stati Uniti hanno confermato un legame tra i linfomi non-Hodgkin (NHL) e l'erbicida fenossidico 2,4-D, non conte-

nente TCDD, mentre gli STS comparvero in eccesso in due importanti studi sull'esposizione a diossina. Un eccesso di NHL e di STS si verificò in una comunità finlandese ove l'acqua potabile e i pesci risultavano contaminati da 2,3,4,6 tetra e 2,3,6 triclorofenoli, ma non si ritenne che fosse avvenuta esposizione a diossine. I risultati di Seveso fino al 1991 sembrarono collimare con questi altri risultati, anche se non in maniera convincente.

L'aumento del mieloma multiplo nella popolazione femminile di Seveso è in accordo con i risultati della ricerca svedese mentre, ad esempio, la diminuzione del cancro mammario è in contrapposizione con l'aumento del rischio nel gruppo tedesco. L'aumento del rischio di cancro alle vie respiratorie risultò dallo studio statunitense e anche tra gli impiegati esposti a diossina nell'incidente della BASF, ma non così chiaramente a Seveso.

I tassi di aumento del rischio cancerogeno e un modello di risposta all'esposizione sono stati riportati da un impianto di produzione di erbicidi di Amburgo e anche nel gruppo della BASF.

Le malattie cardiache ischemiche (IHD) e gli effetti sul sistema respiratorio, insieme al diabete mellito, sono in qualche modo aspetti nuovi dell'esposizione a diossina individuati nei dati di Seveso. L'aumento del rischio di IHD è supportato dai risultati dello studio di Amburgo, ma non confermato da quello della BASF. Una compromessa funzione respiratoria come riportata da Seveso è stata in origine collegata con l'esposizione a diossina.

Gli effetti neurotossici possono essere sottili e difficili da dimostrare epidemiologicamente, ma un eccesso di suicidi nel gruppo della BASF è degno di nota.

Per quanto riguarda gli effetti sulla riproduzione, esistono diversi studi su malformazioni e aborti, ma i risultati sono in qualche modo inconsistenti, sebbene eccessi siano stati registrati anche in questo senso.

Vi sono infine indicazioni epidemiologiche ancora poco chiare circa gli effetti dell'esposizione alla TCDD e agli erbicidi sul sistema immunitario.

Mortalità, 1976 - 1991, nella popolazione esposta a 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-*p*-diossina

Pier Alberto Bertazzi, Angela C.Pesatori, Stefano Guercilena, Dario Consonni, Adriana Tironi, Maria Teresa Landi e Carlo Zocchetti
Università degli Studi di Milano, Istituto di Medicina del Lavoro, Centro di Ricerca Epidemiologica EPOCA, Clinica del Lavoro L. Devoto, Istituti Clinici di Perfezionamento, Milano

Gli effetti a lungo termine dell'esposizione a TCDD nella popolazione coinvolta nell'incidente ICMESA del 1976 in Italia sono stati esaminati per mezzo di studi sull'incidenza della mortalità e del cancro. Gli studi sulla mortalità del periodo 1976-1986 hanno dimostrato un aumento della mortalità per cause cardiovascolari nel primissimo periodo dopo l'incidente, possibilmente correlato all'esperienza del dopo-disastro. I risultati sull'incidenza del cancro hanno suggerito un aumento del rischio del cancro epatobiliare, del neoplasma del tessuto linfatico e ematopoietico e del sarcoma dei tessuti molli. È tuttora in corso un ampliamento dello studio sull'incidenza del cancro. In questa sede vengono presentati i risultati dello studio sulla mortalità riferito al periodo 1976-1991.

La verifica dello stato vitale è stata per il 99% soddisfacente. Nella zona A, la quantità minima di popolazione impedisce un'interpretazione piena dei risultati. Tra la popolazione maschile, nella zona B si è riscontrato un aumento pari al triplo del cancro al retto, mentre i decessi dovuti a neoplasmi linfoematopoietici sono risultati significativamente in eccesso, specialmente le leucemie; nella zona R, i sarcomi dei tessuti molli hanno mostrato un aumento del rischio maggiore del doppio. Tra la popolazione femminile, nella zona B il rischio è risultato in aumento per quanto riguarda i neoplasmi linfoematopoietici, con un rischio relativo di sei volte maggiore per la patologia di Hodgkin e il mieloma; nella zona R non sono stati osservati casi di sarcoma dei tessuti molli. I risultati più significativi in merito a una mortalità insolita dovuta a cause non maligne è stata osservata nei residenti della zona A. L'aumento della mortalità dovuta a malattie cardiovascolari è stata confermata. Tra i maschi della zona A e le donne della zona B si è riscontrato un aumento della mortalità dovuta a patologie dell'apparato respiratorio. Il diabete mellito ha mostrato un aumento dello schema di decesso principalmente nelle donne delle zone A e B.

Tenendo conto dei limiti dello studio (mancanza di markers dell'esposizione individuale, latenza e dimensione della popolazione ridotte per alcuni tipi di cancro), i risultati di precedenti studi epidemiolo-

gici e sperimentali, insieme alla conoscenza meccanicistica della tossicità della diossina, supportano l'ipotesi che le divergenze riscontrate rispetto alle aspettative, sebbene basate su un numero limitato di decessi, potrebbero essere associate con l'esposizione alla diossina.

Livelli elevati di TCDD nelle donne 20 anni dopo l'incidente di Seveso

Neil Caporaso[1] e Maria Teresa Landi[2]
[1] *National Cancer Institute, NIH, Dipartimento di Epidemiologia Genetica, Rockville, Maryland, Stati Uniti*
[2] *Centro di Ricerca Epidemiologica, EPOCA, Università di Milano*

Abbiamo misurato i livelli di 2,3,7,8 tetraclorodibenzo-*p*-diossina (TCDD) in campioni di individui provenienti da Seveso, quasi due decenni dopo l'incidente industriale che ha contaminato la zona nel 1976.

La TCDD plasmatica e altre diossine policlorurate e furani furono riscontrati in un campione di 62 soggetti residenti nella zona maggiormente contaminata (zone A (7) e B (55)), e 59 soggetti dalla zona circostante non coinvolta. Individui esposti e non esposti sono stati associati liberamente per età, genere e abitudini al fumo. I livelli di TCDD misurati quasi 20 anni dopo l'incidente sono risultati corrispondere alla divisione in zone basata sui livelli di TCDD nel suolo misurati all'epoca dell'incidente. All'interno della zona B, ove si è riscontrata la maggioranza dei soggetti esposti, i livelli di TCDD sono risultati più elevati negli individui più anziani.

I livelli nelle donne sono risultati significativamente maggiori di quelli negli uomini sia nella zona B che nelle zone non coinvolte. La differenza di genere persisteva dopo la categorizzazione per età, zona (compreso un aggiustamento più preciso per l'area limitata locale entro la zona), indice di massa corporea, abitudini al fumo, consumo di carne derivante da animali allevati localmente. La presenza di livelli più alti nelle donne ha importanti implicazioni per i potenziali effetti riproduttivi, ormonali e sullo sviluppo.

Misurazioni di TCDD durante il periodo di emergenza relativo all'incidente ICMESA

Aldo Cavallaro
Presidio Multizonale di Igiene e Prevenzione (PMIP), Milano

Il 10 luglio 1976 una nube tossica generata dagli impianti di produzione di triclorofenolo dell'ICMESA si sprigionò nell'aria; in seguito alla rottura della valvola di sicurezza, la miscela contenente elevate quantità di

2,3,7,8 tetraclorodibenzo-*p*-diossina si diffuse nei dintorni dell'impianto.

Il Laboratorio Provinciale di Igiene e Profilassi (insieme all'Istituto "Mario Negri" di Milano, all'Istituto Farmacologico di Milano e all'Istituto Superiore di Sanità di Roma) fu incaricato di effettuare analisi su campioni di diversa origine, al fine di definire l'area contaminata e, successivamente, verificare l'efficacia dei metodi di decontaminazione.

In seguito a questa esperienza e allo scopo di evitare la dissipazione della conoscenza acquisita, venne creato il laboratorio dei microinquinanti, la cui attività riguardava due campi in particolare: l'inquinamento atmosferico dovuto a inquinanti non convenzionali e la misurazione delle diossine nelle diverse matrici, generate in varie attività industriali.

Per quanto riguarda quest'ultimo settore, le analisi delle emissioni di inceneritori di rifiuti pubblici e industriali e delle emissioni di fonderie sono diventati routine, rispettivamente dal 1990 e dal 1992.

Questi problemi ordinari sono stati supportati da altre attività sporadiche quali la misurazione di PCDD e PCDF sia nel suolo sia nei rifiuti provenienti da discariche abusive e da depositi di rifiuti industriali, l'analisi del compost prima e durante la fermentazione, la valutazione delle concentrazioni di PCDD e PCDF nell'aria urbana, la preparazione e la verifica di nuovi metodi di estrazione e purificazione, nonché studi specifici per il controllo della quantità di diossina rilasciata da rifiuti caratterizzati da alte concentrazioni di PCDD e PCDF.

Recenti misurazioni dei livelli di diossina nel Bosco delle Querce

Sergio Facchetti[1], Gunther Umlauf[1], Stein Manø[1], Brigitte Hiller[2], Maurizio Barbiere[2]

[1] *Istituto per l'Ambiente, Centro Comune di Ricerche, Ispra*

[2] *Fondazione Lombardia per l'Ambiente, Milano*

Al fine di evitare il rischio associato con l'apertura del Bosco delle Querce al pubblico, la Fondazione Lombardia per l'Ambiente ha deciso di investigare l'attuale concentrazione di PCDD/F nel suolo e nella biocenosi di quest'area.

Nel 1995 i siti per il campionamento del suolo sono stati scelti secondo le massime concentrazioni misurate prima del recupero dell'area e suddivise in due profondità, 0-15 cm e 15-30 cm. Ulteriori campioni di aghi di conifere, foglie, erba, funghi, muschio e vermi di terra sono stati prelevati nel 1994 e nel 1995.

I campioni sono stati estratti con estrattori Soxhlet. L'estrazione è stata seguita da una pulitura cromatografica liquida tramite uno strumento automatico del Fluid Management System. Le misurazioni sono

state prese utilizzando un gascromatografo ad alta risoluzione (HP-5980) associato a uno spettrometro di massa ad alta risoluzione a doppio fuoco (VG AUTOSPEC Ultima). Tutte le PCDD/F 2,3,7,8-sostituite, compresa la 2,3,7,8-TCDD, sono state analizzate e gli equivalenti di tossicità (Int-TE) calcolati.

La maggior parte delle misurazioni del suolo non ha mostrato evidenti differenze tra lo strato di terreno superficiale e gli strati sottostanti. In genere, i livelli Int-TE nei 32 campioni di suolo sono risultati compresi nella media delle regioni industriali, non superando la concentrazione di 16 pg/g di suolo secco e più del 70% dei campioni sono risultati sotto i 5 pg/g. Per un confronto, si ricorda che 20 pg Int-TE/g di suolo possono essere considerati un carico tipico delle zone urbane.

Tuttavia, in tutti i campioni - specialmente in quelli maggiormente concentrati - la 2,3,7,8-TCDD ha dato un contributo significativo all'Int-TE, evento alquanto insolito in ambiente urbano. Ciò è ovviamente dovuto alla storia dell'incidente, dato che la sostanza che fu maggiormente rilasciata nel 1976 fu proprio la 2,3,7,8-TCDD. E' interessante notare che le concentrazioni più elevate sono state misurate non nei siti che risultavano di massima concentrazione nel 1976, ma nell'area a nord ovest, ove dopo l'incidente si erano registrate concentrazioni più basse.

Non è ancora chiaro se ciò sia dovuto al recupero insufficiente o ad altre ragioni. Un aiuto alla comprensione potrebbe venire da ulteriori misurazioni sui campioni prelevati in questi siti.

Anche la concentrazione di PCDD/F nella biocenosi in genere rientra nel livello tipico delle regioni urbane industriali, ma si può ancora riscontrare parzialmente l'influenza dell'incidente.

Le concentrazioni di tutti i campioni che possono considerarsi bioindicatori di quest'area, come le foglie, gli aghi di conifere e l'erba, sono risultati sotto i 5 pg/g Int-TE con contributo minore della 2,3,7,8-TCDD. Ciò indica che l'apporto maggiore è dovuto a emissioni inquinanti della regione industriale di Milano e non da fonti residue dovute all'incidente.

Le concentrazioni nei bioindicatori più strettamente legati alla contaminazione del suolo, come il muschio e i lombrichi, sono risultate comprese tra 5 e 25 pg/g Int-TE, con un contributo significativo della 2,3,7,8-TCDD, rispecchiando pertanto la situazione del suolo che ancora oggi subisce un consistente impatto delle emissioni di TCDD durante l'incidente.

Attuali concentrazioni di diossina nell'atmosfera di Seveso

Roberto Fanelli, Giulio Mariani, Emilio Benfenati
Istituto di Ricerche Farmacologiche "Mario Negri", Dipartimento di Scienze Ambientali, Milano

Durante l'incidente di Seveso, una consistente quantità dell'isomero 2,3,7,8 tetraclorodibenzo-*p*-diossina (TCDD), rilasciato nell'aria in seguito all'esplosione di un reattore, si diffuse su una vasta area circostante l'impianto ICMESA. Il suolo maggiormente contaminato fu raccolto e immagazzinato in una vasca di sicurezza, mentre nella zona meno contaminata il suolo superficiale venne mischiato con quello incontaminato degli strati inferiori al fine di diminuire la concentrazione di diossina a un livello di sicurezza. Grazie a queste operazioni, rimasero nel terreno dell'area coinvolta dall'incidente delle concentrazioni basse ma comunque misurabili di 2,3,7,8-TCDD.

Vent'anni dopo è ragionevole pensare che, data la vita media estremamente lunga della 2,3,7,8-TCDD nell'ambiente, l'ordine di grandezza della concentrazione residua di diossina nel terreno superficiale vicino a Seveso non sia sostanzialmente modificata. Al fine di verificare se in quest'area la mobilizzazione di particelle del suolo contribuisca alla concentrazione atmosferica di diossina, sono stati raccolti dei campioni d'aria in 4 siti nell'area di Seveso e in un sito a Milano (sito di controllo) mediante campionatori d'aria ad alto volume. I risultati preliminari, ottenuti in un breve periodo di tempo, dimostrano che la composizione della miscela di isomeri di diossina atmosferica nell'aria di Seveso non è sostanzialmente diversa da quella dell'area di controllo. Ciò induce a pensare che il suolo locale arricchito di 2,3,7,8-TCDD non fornisce maggior contributo alla composizione della diossina e ai livelli nell'atmosfera locale. A conferma di questi risultati, la raccolta a lungo termine di campioni d'aria è tuttora in corso.

Recupero ambientale della zona A: lo sviluppo e la pianificazione del Bosco delle Querce

Paolo Lassini
Azienda Regionale delle Foreste, Regione Lombardia, Milano

Il Bosco delle Querce si trova a circa 20 km da Milano, tra le città di Seveso e Meda, nell'area che ha subìto la maggior concentrazione di diossina. I 43 ettari sono stati sottoposti a un complesso progetto di ricostruzione del paesaggio e ora, 20 anni dopo l'incidente, vengono restituiti alla popolazione.

Nel 1985 sono stati piantati 5000 alberi e 6000 arbusti di specie locali. In

seguito alla chiusura dell'Ufficio Speciale di Seveso l'area è stata affidata all'Azienda Regionale delle Foreste, sotto la guida del Dipartimento Parchi e Ambiente del Consiglio Regionale della Lombardia.

Le attività sono cominciate con l'organizzazione di una squadra di lavoratori locali, i quali nei primi 10 anni hanno accumulato 7613 giorni lavorativi ciascuno.

Contemporaneamente, sono stati spesi 4.332.000.000 di lire per: completare il progetto; creare 5 aree naturali; compiere una riforestazione estensiva; creare una seconda generazione di migliaia di alberi; ristrutturare gli edifici; acquistare veicoli adeguati; monitorare in collaborazione con organismi pubblici, università, istituti locali e associazioni; barriere verdi; effettuare interventi paesaggistici nel circondario; stilare una nuova cartografia; effettuare un'accurata manutenzione quotidiana.

Dodici anni dopo la desertificazione, il Bosco delle Querce è diventato un ecosistema significativamente sviluppato sia a livello di fauna che di vegetazione, con aironi e volpi.

Il paesaggio appare piacevole e diversificato, alternando aree selvatiche a boschi con diversi colori, prati e giardini.

Nel 1994 il Bosco delle Querce venne diviso in aree, ciascuna identificata con una funzione specifica sia a livello regionale che a livello locale, a memoria e superamento dell'incidente.

- Paesaggio e barriere verdi (5 ettari)
- Area naturalistica (17 ettari)
- Area gioco e svago (7 ettari)
- Aspetti ricreativi naturali (9 ettari)
- Conservazione di impianti tecnologici (5 ettari)

Dal 1987 sono state promosse diverse iniziative al fine di avvicinare il parco alla popolazione locale. In futuro le istituzioni coinvolte intendono promuovere iniziative compatibili con l'ecosistema e di aprire il parco ad accesso controllato, espandere la zona bosco, coinvolgere la popolazione locale e le associazioni nella gestione dell'area.

Utilizzo di tossicologia, epidemiologia, tossicocinetica e meccanismi nella valutazione del rischio relativo alla TCDD

George Lucier e Christopher Portier
National Institute of Environmental Health Sciences, Research Triangle Park, North Carolina, Stati Uniti

La TCDD causa innumerevoli effetti in un'ampia varietà di sistemi sperimentali; alcuni di questi effetti si verificano anche in persone esposte per motivi di lavoro o per casualità alla diossina. I mutamenti

biologici comprendono induzione enzimatica, cambi ormonali, percorsi di crescita e differenziazione, effetti riproduttivi e cancro. Sussiste un certo accordo scientifico in merito al fatto che la maggior parte degli effetti della TCDD, se non tutti, è mediata dal recettore Ah. A parte il generale accordo scientifico e l'utilizzo di comuni basi di dati, esiste una considerevole varietà nella stima del rischio da parte delle agenzie di controllo sparse nel mondo. Ad esempio l'Agenzia di Protezione Ambientale degli Stati Uniti, che utilizza un modello lineare, stima che l'esposizione a 10 fg/kg/giorno possa causare il rischio di cancro a una persona su un milione di individui esposti.

Al contrario alcuni paesi che utilizzano un approccio basato sul fattore sicurezza stimano che la dose sicura sia pari a 10 pg/kg/giorno, cioè 1000 volte maggiore di quella ottenuta dal modello lineare. La persona media è esposta all'equivalente di 2-4 pg di TCDD/kg/giorno nelle proprie condizioni normali di vita. Dato che conosciamo alcuni dei processi molecolari e biologici coinvolti nel meccanismo delle azioni tossiche della TCDD, i modelli a base biologica possono venire utilizzati per stimare il rischio in maniera più accurata. Questi modelli stanno ponendo delle questioni critiche nella valutazione del rischio.

In primo luogo, gli effetti della TCDD sono per la maggior parte simili tra ratti e uomo, sia quantitativamente che qualitativamente. Tuttavia la vita media biologica della TCDD è di 25 giorni nei ratti e di circa 10 anni nell'uomo, pertanto i confronti tra le specie devono necessariamente essere basati sul carico corporeo e non sull'esposizione esterna.

Secondo: i rapporti dose-risposta per la TCDD non possono essere previsti solo in base al fatto che le risposte sono mediate dal recettore. Alcuni effetti mostrano un comportamento-soglia mentre altri mostrano delle caratteristiche lineari di dose-risposta.

Terzo: esiste una considerevole variazione interindividuale negli effetti della diossina; alcune persone sembrano essere sensibili, altre resistenti. Ciò deve essere preso in considerazione nella valutazione del rischio.

Quarto: i punti finali non cancerogeni per la TCDD sono noti basarsi su studi tossicologici ed epidemiologici.

Quinto: feti, neonati e bambini sono più sensibili degli adulti agli effetti della diossina. In conclusione noi speriamo che l'utilizzo di strategie per la valutazione del rischio che abbiano basi biologiche riducano l'attuale incertezza in questo settore.

Analisi cliniche e di laboratorio su persone esposte a TCDD: risultati e studi futuri

Paolo Mocarelli
Università degli Studi di Milano, Dipartimento Universitario di Patologia Clinica, Ospedale di Desio

Presentiamo alcuni dati derivati da un monitoraggio sanitario longitudinale (dal 1976 al 1996) su gruppi di persone colpite dalla fuoriuscita di TCDD che invase Seveso e le aree circostanti il 10 luglio 1976.
Questi dati presentano dei vantaggi in quanto:

- riguardano individui di entrambi i sessi e di tutte le età;
- da allora i campioni di siero sono stati mantenuti sottozero, permettendoci di misurare (al CDC di Atlanta, Stati Uniti) il contenuto di lipidi nel sangue inquinato da TCDD.

Possiamo pertanto correlare l'esposizione con gli effetti sulla salute durante il corso degli anni, nonché il livello di inquinamento del suolo che determinò la divisione in zone A, B, R a contaminazione decrescente (A, la zona più inquinata). I risultati suggeriscono che:

- i livelli di TCDD nel siero nei residenti della zona A hanno provato un'esposizione molto più elevata (fino a 56.000 ppt) che nella zona B;
- la cloracne è risultata l'unica alterazione clinica positivamente correlata con i livelli di contaminazione di TCDD, anche se non completamente, e con differenti suscettibilità individuali;
- aborti, mortalità prenatale, basso peso alla nascita o malformazioni congenite non sono aumentati in maniera significativa;
- il monitoraggio clinico di bambini e adulti non ha dimostrato alcuna evidente associazione tra la morbidità (tranne la cloracne) e l'esposizione a TCDD;
- i risultati di laboratorio hanno provato differenze minime tra gli esposti (anche se altamente esposti) e i controlli nel periodo di esposizione acuta (1976-1977) in relazione ai test sulle funzioni del fegato, sull'attività emolitica complemento, le cellule del sangue, i linfociti e l'emoglobina. Queste differenze sono risultate subcliniche, diminuivano e scomparivano col tempo.

Parte delle persone esposte è stata controllata nel periodo 1992-1996. I risultati dimostrano che:

- nessuna patologia di laboratorio è legata ai livelli di TCDD sia nella fase acuta sia nella fase cronica;
- il citocromo P450IA2 non sembra, dopo 17 anni, essere indotto nelle persone esposte se confrontato con il controllo effettuato tramite il Test di Respirazione Caffeina;

- la vita media della TCDD è più lunga nelle donne (circa 9 anni) che negli uomini (circa 7,5 anni), mentre nei bambini è molto più corta.

Recentemente è stato iniziato un controllo su bambini nati dopo il 1976 da genitori esposti. Nella zona A, a partire da 9 mesi dopo l'incidente (aprile 1977) fino al dicembre 1984 - periodo che corrisponde a circa un ciclo di vita media della TCDD in individui adulti - si è riscontrata una significativa modificazione del rapporto dei sessi con un eccesso di donne (26 maschi contro 48 femmine) associato ad alte esposizioni a TCDD di entrambi i genitori. Questa evidenza diminuiva in seguito (60 maschi contro 64 femmine) fino a diventare insignificante. I risultati, che non sono stati ancora registrati in altri gruppi di persone esposte a TCDD, mostrano la necessità di continuare il monitoraggio sulla salute della popolazione al fine di comprendere meglio l'azione della TCDD e i livelli di suscettibilità individuale.

Livelli sierici della TCDD in Seveso

Larry Needham[1] e Pier Mario Gerthoux[2]
[1] *Center for Disease Control, Atlanta, Georgia, Stati Uniti*
[2] *Ospedale di Desio*

Approssimativamente alle 12.00 di sabato 10 luglio 1976 si verificò un'esplosione durante la produzione di 2,4,5 triclorofenolo nell'impianto ICMESA a Meda, circa 25 km a nord di Milano. Una nube di sostanze chimiche, inclusi idrossido di sodio, etilene glicerina, 2,4,5 triclorofenolo nonché chili del sottoprodotto sintetico 2,3,7,8 tetraclorodibenzo-*p*-diossina (TCDD), si sprigionò nell'aria. Parti di questa nube caddero nella zona a sud est dell'impianto, su una superficie di circa 2,8 km^2, che comprendeva parte delle città di Seveso, Cesano Maderno e Desio. Principalmente sulla base dei decessi della vegetazione e degli animali domestici e sui livelli di TCDD nel suolo, l'area fu divisa in tre zone principali (A, B e R); la circostante area non contaminata (zone non A, B, R) fu utilizzata come zona di controllo.

Data la ben nota tossicità estrema della TCDD in talune specie di animali, un vasto progetto di monitoraggio sanitario fu avviato alla fine del luglio 1976. I primi segni dovuti all'esposizione alla nube chimica furono lesioni acute, caratterizzate da gravi eritemi, edema delle zone del corpo esposte e bruciature caustiche con necrosi epidermica in alcuni bambini. Queste vennero principalmente attribuite al contatto del derma con l'idrossido di sodio. Nel settembre 1976 vennero diagnosticati numerosi casi di cloracne, che partivano dal tipo blando 1 al tipo grave 4; tutti i casi del tipo 4 erano ex-residenti dell'area più vici-

na all'impianto, la zona A. Pertanto il decesso della vegetazione e degli animali domestici, i livelli di TCDD nel suolo, le bruciature chimiche e la cloracne sono stati utilizzati quali markers dell'esposizione. Sulla base di queste informazioni abbiamo potuto riscontrare che lo scenario di Seveso ha rappresentato un esempio di acuta esposizione umana con un vastissimo raggio di esposizione in entrambi i sessi, negli adulti come nei bambini. Abbiamo anche verificato che alti livelli di TCDD sono stati riscontrati nei tessuti di una persona.

Nell'aprile del 1988 abbiamo iniziato il nostro lavoro a Seveso. Abbiamo cercato di determinare qualora la TCDD possa essere misurata in campioni di siero di residenti della zona A; se i livelli sono maggiori nei casi di cloracne; se i livelli di altri congeneri sono elevati, se i residenti delle zone B e R presentano livelli riscontrabili di TCDD; e se possiamo acquisire dati sulla farmacocinetica umana in relazione alla TCDD. Da allora, la nostra rete di collaborazioni si è estesa e ciò ha permesso di aggiungere ulteriori obiettivi alla ricerca, dopo che i risultati hanno dimostrato che i residenti di Seveso presentano i livelli sierici maggiori di TCDD.

Possibili effetti delle dibenzo-*p*-diossine polialogenate e dei dibenzofurani sul sistema immunitario nell'uomo

Diether Neubert[1], Paolo Brambilla[2], Reinhard Neubert[1] e Paolo Mocarelli[2]

[1] *Centro Medico della libera Università di Berlino, Dipartimento di Tossicologica, Germania*

[2] *Ospedale di Desio*

Esistono numerosi rapporti che dimostrano gli effetti della 2,3,7,8 tetraclorodibenzo-*p*-diossina (TCDD) su diverse funzioni e componenti immunologiche negli animali da laboratorio. Mentre nella maggior parte di questi studi sono stati utilizzati livelli relativamente alti di dosaggio, esistono numerose pubblicazioni che riportano effetti precisi sulle variabili immunologiche nei topi (ridotta resistenza dell'ospite all'infezione del virus) e nei primati non umani (alterazioni nei recettori di superficie dei linfociti) a dosi infinitamente minori (ad esempio singole applicazioni di 10 ng/kg bw di 2,3,7,8 tetraclorodibenzo-*p*-diossina) . Solo pochi dati sono stati pubblicati in merito agli effetti di altre dibenzo-*p*-diossine polialogenate e dibenzofurani (PHDD/-PHDF) sulle variabili immunologiche.

La questione cruciale rimane questa: se l'uomo debba essere considerato o meno una specie molto suscettibile alle azioni delle

PHDD/PHDF sul sistema immunitario. Tuttavia molti punti finali che risultano alterati negli studi sugli animali non possono essere valutati nell'uomo. Inoltre, e contrariamente ai dati sugli animali, la quantità di informazioni sicure sui possibili effetti delle PHDD/PHDF sul sistema immunitario dell'uomo è molto inferiore. Le ragioni di questa mancanza o limite di conoscenza comprendono:

- le difficoltà di reclutare gruppi di persone con un aumento significativo dei carichi corporei di PHDD/PHDF;
- il fatto che si sono verificate principalmente multiesposizioni e che le diossine erano solo contaminanti in traccia;
- la necessità di controllare attentamente molti fattori fuorvianti negli studi clinici (ad esempio malattie acute e croniche, medicinali stupefacenti, età, abitudini al fumo);
- l'evidenza che solo gli studi con una quantificazione simultanea dei carichi corporei di PHDD/PHDF permettano un'interpretazione corretta e significativa di dati che possano poi condurre a una qualche valutazione del rischio.

A tutt'oggi i dati disponibili su gruppi di persone altamente esposti a diverse PHDD/PHDF non rivelano effetti chiari e decisi sulle variabili o funzioni immunologiche e sono inconsistenti o di difficile interpretazione. Inoltre i rapporti sulla frequenza delle infezioni respiratorie sono conflittuali. In questa sede riportiamo per la prima volta i risultati di ampi studi effettuati sui residenti dell'area di Seveso (zona A).

Nel complesso i dati a tutt'oggi disponibili tendono a sottolineare la bassa suscettibilità, se confrontata con quella di alcune specie animali (quali il topo e i primati non umani), del sistema immunologico umano verso questa classe di inquinanti ambientali.

Progetto per la manutenzione e la cura del paesaggio delle aree di immagazzinaggio della TCDD a Seveso e Meda

Luca Ottenziali
Regione Lombardia, Dipartimento di Geologia, Interventi e Campagne Geologiche-Ambientali, Milano

Vent'anni dopo l'incidente ICMESA, si è ritenuto necessario controllare lo stato della manutenzione degli impianti per lo smaltimento del materiale contaminato dalla TCDD.

Su incarico dell'Azienda Regionale delle Foreste e con la sponsorizzazione della Regione Lombardia e dell'ISMES di Bergamo è stato creato un "Progetto generale, programma di manutenzione ordinaria e straordinaria e cura del paesaggio delle zone in cui si trovano le vasche

Ae B, situate nei comuni di Seveso e Meda, e delle zone circostanti".

La metodologia adottata per il progetto si basa sull'analisi dei dati provenienti da prelevamenti *ad hoc* effettuati in campagna e di quelli delle indagini effettuate nella zona da diverse autorità e istituti di ricerca. Questa fase viene seguita da una valutazione diagnostica degli attuali e potenziali rischi e successivamente dalla proposta per la manutenzione ordinaria e straordinaria delle vasche, insieme ai progetti per la cura paesaggistica dell'area.

Il progetto inoltre predispone un programma di manutenzione ordinaria da seguire per un dato periodo di tempo, nonché un piano di monitoraggio e prelevamenti supplementari. Sono state tracciate anche le linee generali di un sistema IT per l'archiviazione e gestione dei dati e di un sistema automatico di monitoraggio.

Gli interventi più significativi contemplati si riferiscono alla costruzione di un nuovo impianto di purificazione del percolato, parzialmente sotterraneo, che rimuova i liquidi raccolti presso la base delle vasche, scaricandoli nel vicino corso d'acqua in concentrazioni stabilite dalle tabelle ufficiali.

I meccanismi di azione della TCDD nel corpo umano: il recettore Ah

Alan Poland
Università del Wisconsin, Laboratorio Mc Ardle per la Ricerca sul Cancro, Madison, Wisconsin, Stati Uniti

La 2,3,7,8 tetraclorodibenzo-*p*-diossina (TCDD) e suoi congeneri sono stati oggetto dell'attenzione scientifica e pubblica per oltre 25 anni in seguito a:

- il manifestarsi di malattie nelle popolazioni altamente esposte e il rischio per la salute pubblica in generale in individui esposti a concentrazioni minime;
- il loro meccanismo d'azione.

La TCDD e gli idrocarburi alogenati aromatici a essa collegati esercitano quasi tutte le proprie azioni biologiche grazie a un'elevata affinità specifica che li lega al recettore Ah, una proteina solubile con struttura base elica-anello-elica (bHLH). Sull'attivazione e associazione del legante, il recettore Ah si combina alla sequenza di ricognizione del DNA, l'elemento di risposta della diossina alla regolazione modulare trascrizionale del citocromo P450IA1 mRNAe altri geni.

Nonostante si conoscano queste azioni molecolari dettagliate, poco si sa circa i geni coinvolti nelle specifiche risposte tossiche (ad esempio tumori, teratogenesi, cloracne) e poco dei percorsi di segnalazione.

Analogamente non è ancora stata individuata quale delle risposte tossiche provocata dalla TCDD negli animali si verifichi anche negli esseri umani. Mentre il modello del recettore Ah è un paradigma estremamente utile per la tossicità della TCDD, c'è ancora molto da scoprire circa il meccanismo di eventi tossici specifici.

Nell'ambito dell'attuale rivalutazione del rischio dovuto alle TCDD e ad altri antagonisti dell'Ah compiuta dal governo statunitense, è importante distinguere tra scienza e politica e tra ciò che si conosce e ciò che è ancora oscuro.

Fonti e concentrazioni ambientali di 2,3,7,8-TCDD e di altre PCDD e PCDF

Christofer Rappe
Università di Umeå, Istituto di Chimica Ambientale, Svezia

Le diossine policlorurate (PCDD) e i dibenzofurani policlorurati (PCDF) sono due classi di inquinanti organici persistenti che comprendono in tutto 210 composti (congeneri) comunemente chiamati "diossine". Il congenere maggiormente studiato all'interno del gruppo è la 2,3,7,8-TCDD, che rappresenta inoltre il composto più tossico della famiglia delle diossine. In totale, 17 composti tossici, tutti cloro-sostituiti nelle posizioni 2,3,7,8, sono tossici e inclusi nel sistema tossico equivalente.

La 2,3,7,8-TCDD, altamente tossica, è un sottoprodotto derivante della produzione di 2,4,5 triclorofenolo.

Condizioni incontrollate durante la produzione di questo composto causarono il rilascio di 2,3,7,8-TCDD da parte dell'industria ICMESA, che venne chiusa nel 1976.

Nei due decenni successivi all'incidente, diversi aspetti legati alla diossina sono stati oggetto di svariate indagini in tutto il mondo. Tuttavia la questione diossina è a tutt'oggi controversa. A Seveso fuoriuscì solamente 2,3,7,8-TCDD, ma in altre sorgenti si riscontrano misture di numerose PCDD e PCDF. Queste sorgenti comprendono altre reazioni chimiche, termiche e biochimiche. Tra le reazioni chimiche, la produzione di pentaclorofenolo (PCP), PCB, gas cloro e la pulitura di pasta cellulosica con utilizzo di gas cloro. La maggior parte di questi processi sono attualmente vietati o superati.

Diverse reazioni di combustione portano alla formazione di PCDD e PCDF, compreso l'incenerimento dei rifiuti solidi urbani e la produzione di ferro, acciaio e altri metalli. Le PCDD e i PCDF sono stati identificati in molti compartimenti ambientali quali l'aria, il suolo e i sedimenti. Il modello specifico è una mistura di fonti di inceneri-

mento sovrapposte a PCDD altamente clorurate tipiche del PCP.

Le PCDD altamente clorurate sono state utili al fine di identificarle sorgenti di PCDD e PCDF. Prodotti tipici della pulitura di pasta cellulosica sono stati trovati in diverse aree del Mar Baltico.

Le PCDD e i PCDF sono stati anche riscontrati in campioni biologici provenienti nella maggior parte dall'ambiente acquatico. Per via del metabolismo, solo i congeneri tossici 2,3,7,8-sostituiti si riscontrano in pesci, uccelli e mammiferi. Nei molluschi e nei crostacei si possono trovare diverse PCDD e PCDF, a indicare una ridotta attività metabolica.

L'ecosistema "Bosco delle Querce": schemi riproduttivi e test di mutagenicità negli animali selvatici

Carlo A. Redi, Anna Piccinelli, Maurizio Zuccotti, Silvia Garagna, Lucia Pompilio, Alberto Meriggi e Piergiorgio Rubini
Università degli Studi di Pavia, Dipartimento di Biologia Animale e Centro di Studi di Istochimica (CNR)

Lo scopo di questo studio è la valutazione dell'attuale rischio biologico per gli esseri umani relazionato all'utilizzo del parco del Bosco delle Querce. Il parco venne creato artificialmente sull'area maggiormente contaminata da TCDD in seguito all'incidente di Seveso. Considerando che:

- si hanno conoscenze limitate circa la bio-disponibilità in loco della TCDD dopo 20 anni;
- altri contaminanti possono essere presenti nell'area di studio;
- la TCDD può indurre un ampio raggio di effetti tramite meccanismi non ancora ben definiti, si è deciso di studiare il danno biologico apportato alla vita degli animali, alla cenosi di piante e animali e confrontarlo con quello di altri parchi urbani.

Si sta attualmente investigando la composizione e l'evoluzione delle specie di cenosi di piante e animali; i processi gametogenetici di topi, conigli e mosche; il danno indotto dalla TCDD a livello delle singole cellule tramite tecniche altamente sensibili: la RT-PCR per valutare l'espressione del citocroma inducibile da TCDD CYP1B1 e la gel elettroforesi di una singola cellula (COMETA), in grado di valutare il danno strutturale al DNA nello sperma e nei linfociti di topi e conigli.

In questa sede vengono presentati i risultati preliminari. La composizione citologica qualitativa e quantitativa degli stadi dell'epitelio seminifero non ha presentato segni di alterazione (la percentuale di tubuli normalmente costruiti, il rapporto spermatociti del pachitene/spermatidi e gli allegati della membrana basale di Sertoli - sper-

matogonia e Sertoli). La percentuale di sperma di forma abnorme e aneuploide non è sostanzialmente cambiata nei topi e nei conigli di Seveso. La prova COMETA sullo sperma di topo non ha rivelato danni strutturali al DNA. Un rilevamento dei numeri 2n di diverse popolazioni di topi selvatici nel Nord Italia dimostra che i topi di Seveso portano cromosomi traslocati Robertsonialmente non ancora descritti. Il numero di eritrociti policromatici micronucleati (prova micronuclei) nel midollo di topo e coniglio è simile a quello dei controlli. L'analisi dell'anatomia di tredici feti di coniglio non ha riscontrato segni di alterazione; in particolare, non è stata rilevata palatoschisi.

La struttura e il comportamento meiotico dei cromosomi della mosca non sono completamente regolari; la fertilità della mosca, tuttavia, pare normale. Dato che l'esposizione longitudinale a bassissime dosi di TCDD (dosi che non riescono a indurre tossicità materna) altera profondamente gli schemi riproduttivi, i dati preliminari da noi ottenuti propendono verso l'attuale sicurezza per le persone che fruiscono del parco.

Livelli sierici di TCDD in diversi gruppi di popolazione

Eric J. Sampson e Donald G. Patterson
Center for Disease Control (CDC), Atlanta, Georgia, Stati Uniti

L'esposizione a TCDD che gli abitanti di Seveso e circondario subirono in seguito all'esplosione del 10 luglio 1976 può essere vista in prospettiva confrontando i livelli sierici di TCDD misurati in altri studi epidemiologici. La variazione dei valori corretti di lipidi sierici/adiposi di TCDD misurati in 5 studi epidemiologici su popolazioni con esposizione sospetta o accertata segue questi criteri:

- livelli di fondo di TCDD dai partecipanti a diverse popolazioni di controllo variano tra n.r. (non rilevato) e 20 ppt, n=400;
- l'esposizione dei residenti alla sporcizia delle strade contaminate da TCDD nel Missouri, USA, ha mostrato livelli da 5,2 a 5,9 ppt, n= 16;
- l'esposizione alla TCDD delle truppe di terra dell'esercito degli Stati Uniti contaminate dall'agente Orange ha mostrato livelli da n.r. a 45 ppt, n=646;
- l'Operation Ranch, il personale dell'esercito americano che ha diffuso, spruzzandolo, l'agente contaminato da TCDD in Vietnam, ha mostrato livelli da n.r. a 618 ppt, n=886;
- individui che in Australia e Nuova Zelanda hanno spruzzato erbicida contaminato da TCDD hanno mostrato livelli da n.r. a 131 ppt, n=46;

- i lavoratori statunitensi coinvolti nella produzione di sostanze chimiche contaminate da TCDD hanno mostrato livelli da 20 a 3400 ppt, n=381.

Gli individui esposti a TCDD in seguito all'esplosione di Seveso hanno mostrato livelli che variano da n.r. (non rilevato) a 56.000 ppt, n>400, i più alti livelli in assoluto riportati dal laboratorio CDC a tutt'oggi.

L'inquinamento da diossina nella regione di Bitterfeld/Wolfen (ex RDT) . Fatti, esperienze

Fred Walkow
Amministrazione del Distretto di Bitterfeld, Ufficio per la Protezione dell'Ambiente, Germania

Bitterfeld occupa la punta più a nord del cosiddetto Triangolo Chimico, una vasta regione industriale nell'est della Germania. Fin dagli inizi del 1890 l'industria chimica di Bitterfeld ha prodotto cloro e prodotti clorati. La Chemie Kombinat Bitterfeld era l'industria più importante per la produzione di pesticidi clorurati nei paesi comunisti, fino alla fine della RDT. I principali prodotti erano DDT, Lindane e derivati fenossiacidi clorurati. Nel 1990 un articolo apparso sulla rivista *Der Spiegel* ha richiamato l'attenzione del pubblico su Bitterfeld, definita "la città più sporca del mondo". All'epoca non esistevano indagini sistematiche sull'inquinamento del suolo, dell'acqua e dell'aria dovuto a composti organici clorurati.

Nel 1990-'91 il primo progetto d'investigazione dei composti organici clorurati, comprese le dibenzodiossine/furani, ha coinvolto un'area di circa 100 km^2 intorno agli impianti chimici. I risultati mostrarono un grado di inquinamento dello strato di terreno superficiale molto più elevato che in qualsiasi altra regione della Germania nella quale ci fossero industrie chimiche. Fuori dagli impianti chimici non è stata riscontrata alcuna contaminazione significativa.

La contaminazione via aria non riveste importanza considerevole ed è localizzata solo nelle immediate vicinanze degli impianti chimici. Il maggior contributo all'inquinamento risultò derivare dalle acque di rifiuto. Fino al 1993 l'intero corpo idrico dell'industria chimica, al pari di quello dell'intera comunità del distretto di Bitterfeld, fu immesso nel fiume Mulde senza alcuna pulitura. Così è stata trovata un'ampia varietà di inquinanti nei sedimenti e nelle aree di piena del fiume. In queste ultime il grado di inquinamento si relaziona principalmente alla frequenza delle piene. Fuori dagli argini, la contaminazione corri-

sponde ai livelli di fondo tedeschi. I profili del congenere della diossina del fiume Elba (a valle del Mulde), i campioni del porto di Amburgo e quelli delle zone di piena dell'Elba sono molto simili a quelli di Bitterfeld. Sembra che la contaminazione di Bitterfeld abbia parzialmente causato la contaminazione da diossina del fiume Elba.

Sorprendentemente, i profili del congenere della diossina di Bitterfeld non combaciano con i noti campioni delle fonti di diossina come i cloroalcali e la produzione di erbicidi (DDT, HCH, 2,4-D) presente per alcuni decenni a Bitterfeld. Esistono indizi che portano a concludere che la maggior parte delle diossine sia stata emessa da processi metallurgici effettuati più di sessant'anni fa.

Nonostante la relativamente alta contaminazione del suolo dovuta a diossina, specialmente nella cittadina di Greppin, vicino all'ex impianto di produzione di HCH, non è stato registrato a tutt'oggi alcun effetto sulla salute dell'uomo. La concentrazione di diossina nel sangue degli abitanti di Greppin è inferiore al livello medio tedesco! Ciò significa che il diretto scambio tra suolo a uomo non gioca un ruolo importante. Solo nelle zone di piena del Mulde, circa 10 km^2 di prato è stato interdetto all'agricoltura per evitare il trasporto di inquinanti, specialmente l'HCH, nella catena alimentare dell'uomo.

Capitolo 5

Il Bosco delle Querce

Un'operazione graduale e complessa di ricostruzione del paesaggio propone oggi un'oasi verde, il Bosco delle Querce, in corrispondenza della zona più inquinata dalla diossina, inaugurato e aperto ufficialmente al pubblico il 10 luglio 1996 a vent'anni dall'incidente. Situato tra i comuni di Meda e Seveso, si estende per circa 43 ettari di superficie.

Il Bosco è al confine settentrionale della provincia di Milano a circa 20 km dal capoluogo lombardo e ha la forma di un grande triangolo rettangolo con la punta rivolta a Nord, situato tra il Parco Regionale delle Groane e il Parco della Brughiera Briantea. La superstrada Milano-Meda delimita il confine orientale, il torrente Certesa parzialmente quello occidentale. L'area è densamente urbanizzata e industrializzata con vari spazi di risulta a verde agricolo e forestale (*foto 4*).

5.1 Le tappe più significative della gestione del Bosco delle Querce

1977 - 1983 Bonifica

In seguito alla decisione dell'Ufficio Speciale di Seveso di trasformare la zona A in un'area di parco-bosco, una Commissione internazionale approvò quale metodo di bonifica la scarificazione dell'area fino a una profondità di 40 cm e la creazione di due discariche speciali controllate nelle quali collocare il materiale terroso, le macerie degli edifici demoliti e le attrezzature impiegate per le operazioni di bonifica.

1984 - 1986 Lavori di impianto e prima manutenzione

I lavori per la formazione del Bosco (superficie recintata di circa 37 ettari) furono commissionati dalla Regione Lombardia Ufficio Speciale di Seveso ed eseguiti dalla ditta Scarpellini S.p.A. di Alzano Lombardo, importante impresa florovivaistica che (tramite studi approfonditi, l'applicazione di idonee tecniche di piantagione e sistemi irrigui) ha assicurato uniformità all'area su cui sorge il nuovo parco. All'Azienda Regionale delle Foreste venne affidata la gestione e la manutenzione delle aree a Nord, fuori dalla recinzione. Sull'intera superficie del parco vennero riportati 15-20 cm di terra di coltura proveniente da zone distanti almeno 10 km dal luogo dell'incidente, alla quale vennero aggiunte speciali sostanze organiche per favorire lo sviluppo di una flora batterica adatta alla successiva messa a dimora di alberi e arbusti. Sono state piantate oltre 5000 piante di 3 - 4 metri di altezza e circonfe-

Foto 4 - *Veduta aerea del Bosco delle Querce e suddivisione interna. (Elaborazione grafica -a cura della Fondazione- di una foto aerea tratta da* Guida al Bosco delle Querce di Seveso e Meda*, edito dall'Azienda Regionale delle Foreste, Regione Lombardia).*

renza di 10 - 16 cm, precedentemente ambientate in un vivaio provvisorio e selezionate a seconda delle caratteristiche di resistenza. Si trattava per lo più di essenze tipiche della Brianza scelte tra querceti, boschi misti e pinete per annullare ogni ricordo dell'incidente e ritrovare un equilibrio naturale atteso per anni.

I costi di formazione e prima manutenzione del bosco e del verde in appalto sono stati dell'ordine di circa 30 milioni di lire/ha (con l'esclusione degli impianti e delle strutture).

1987 - 1992 Lavori di completamento, manutenzione e gestione

L'Azienda Regionale delle Foreste - Ufficio Operativo di Milano, guidato dal dr. Paolo Lassini, nel 1987 prende in consegna la gestione del Bosco delle Querce, gli edifici e le attrezzature residuate dalle operazioni di bonifica. Un dialogo costruttivo e continuativo con il Servizio Parchi e Ambiente Naturale della Giunta Regionale ha permesso i finanziamenti mediante l'avvio di diverse convenzioni.

La formazione graduale di una squadra di operai stagionali locali ha garantito la manutenzione. Attualmente sono operativi 8 operai specializzati, ai quali si aggiungono contadini e artigiani locali per lavori particolari e momenti di punta.

Nei primi sei anni il finanziamento è stato di oltre 2 miliardi di lire; il costo medio della manutenzione ordinaria è stato di circa 4 milioni di lire/ha/anno e il costo complessivo di completamento, manutenzione gestione del parco è stato di circa 8 milioni di lire/ha/anno.

La manutenzione ordinaria comprende: sfalci, trinciature, irrigazioni, concimazioni, sostituzione delle piante morte, pagamento canoni, eliminazioni pali tutori e formazioni di staccionate, interventi vari alle strutture, assicurazioni.

Gli investimenti e la manutenzione straordinaria hanno previsto: la revisione e l'ampliamento degli impianti di irrigazione; la formazione di 5 aree rinaturalizzate intensivamente per l'avifauna e la microfauna; i rimboschimenti con tecniche intensive ed estensive; la formazione di una seconda generazione di piante di altezza media 1,5 metri in contenitore; il recupero della palazzine ex-Encol; la formazione di un parco macchine; il monitoraggio in accordo con Enti, Università, Istituti; le iniziative permanenti con scuole e associazioni (CAI, Associazioni Pescatori, ecc.); la revisione delle recinzioni esistenti e la creazione della recinzione per aree faunistiche; le barriere verdi acustiche; gli interventi a verde in aree limitrofe al Parco; la nuova cartografia fatta con volo aereo.

5.2 Chi si è occupato del monitoraggio ambientale

Oltre ai rilievi del terreno a opera della Fondazione Minoprio si sono stipulate convenzioni con: Università degli Studi di Milano (Facoltà di Agraria - Istituti di Coltivazioni Arboree, Entomologia, Patologia Vegetale), Università degli Studi di Pavia (Istituto di Botanica). Si è commissionato uno studio acustico all'Istituto di Bioacustica di Milano (prof. Arpini). Il Gruppo Ornitologico Lombardo ha effettuato una prima rilevazione dell'avifauna.

5.3 Uno sguardo alle discariche

I materiali derivanti dalle operazioni di bonifica, dalla demolizione degli edifici e dalla scarifica dei terreni furono raccolti in due vasche realizzati nei comuni di Seveso e Meda.

Nella vasca A, sita nel comune di Seveso, vennero depositati in materiali rimossi nel territorio di Seveso e quelli provenienti dalla demolizione dell'ICMESA. Il volume totale stoccato ammonta a circa 200.000 m^3.

Nella vasca B, situata nel comune di Meda e adiacente al torrente Certesa, vennero accumulati i materiali rimossi dalla zona contaminata sita a nord dell'impianto e i fanghi contaminati da TCDD provenienti dal depuratore di Seveso. Il volume totale di materiale stoccato ammonta a circa 80.000 m^3.

Materiale movimentato	Vasca A	Vasca B
Terreno	m^3 61.000	m^3 140.000
Macerie da demolizione edifici	m^3 1800	m^3 7000
Viabilità	m^3 5000	m^3 23.000
Detriti vari, legname e vegetali	m^3 6200	m^3 22.000
Fanghi	m^3 3500	-
Materiale da demolizione ICMESA	m^3 1500	m^3 5800
TOTALE	m^3 79.000	m^3 197.800

Al fine di ottenere il completo isolamento dell'ambiente dai materiali contaminati, lo stoccaggio venne incapsulato mediante il rivestimento dei terreni di imposta con una barriera impermeabilizzante composita e la copertura con uno strato composito con funzione impermeabilizzante e protettiva.

Le discariche vennero provviste di impianti per il drenaggio e il trattamento dei percolati e dotate di sistemi di monitoraggio per controllare gli assestamenti degli argini delle vasche. Per la vasca A, inoltre, vennero realizzati impianti di monitoraggio del materiale accumulato e dell'integrità della geomembrana. Sull'intera area venne realizzata una rete di piezometri per il controllo dei livelli e della qualità delle acque di falda, nonché per la verifica di eventuali fuoriuscite di percolati dalle discariche.

Negli anni 1983-88 sono state effettuate alcune misure dalle quali è risultato quanto segue:

- per la vasca A, si sono riscontrati cedimenti omogenei e in costante attenuazione;
- per la vasca B, i cedimenti delle postazioni ubicate sul muro di contenimento sono risultati uniformi e di minore entità che nella vasca A;
- le misure piezometriche hanno confermato la presenza, senza modifiche apprezzabili, di una falda superficiale con livello piezometrico a circa 40 metri dal piano di campagna e di una falda profonda con livello piezometrico di alcuni metri inferiore al precedente. È stata misurata una variabilità del regime in prossimità del torrente Certesa, riconducibile all'effetto disperdente del torrente;
- la qualità delle acque della prima falda venne valutata in funzione delle determinazioni analitiche di diversi elementi dai quali è risultata una tendenza generale al rialzo nel tempo dei valori relativi alla conducibilità elettrica specifica, alla ossidabilità, carbonio organico, calcio, potassio, sodio, azoto, nitroso e solidi sospesi. Una tendenza incerta è stata notata per i valori relativi al pH, cloruri, magnesio e azoto ammoniacale e infine una tendenza in diminuzione per l'azoto nitrico. Per quanto riguarda la seconda falda, si sono osservati di norma concentrazioni inferiori a quelle della prima falda;
- il controllo della qualità dei percolati ha evidenziato la presenza di elementi vari in concentrazione tale da non consentire lo sversamento nel torrente Certesa, se non dopo adeguato trattamento. Per quanto riguarda i valori di TCDD i prelievi e le relative analisi hanno individuato un contenuto di diossina "non valutabile". In

caso di positività si sarebbe provveduto a ripompare il percolato alla sommità della vasca stessa.

È attualmente in via di preparazione un nuovo impianto di trattamento per la depurazione dei percolati costituito da un evaporatore e da un successivo condensatore del liquido proveniente dalle vasche. Il processo di depurazione prosegue quindi attraverso la neutralizzazione dei liquidi e la filtrazione a carbone attivo, prima del loro scarico finale nel torrente Certesa, secondo la tabella della legge 319/1976 (legge Merli).

È importante segnalare che la depurazione riguarda unicamente varie sostanze presenti nel percolato formatosi nelle vasche, ma non la diossina. Qualora quest'ultimo composto dovesse venir ritrovato nelle analisi eseguite prima di ogni rilascio del percolato trattato, non verrebbe scaricata nel vicino torrente la benché minima quantità di acqua, che sarebbe invece ripompata alla sommità della vasca e conservata all'interno di questa.

5.4 Il territorio

Il Bosco delle Querce si trova al confine settentrionale della provincia

Foto 5 - *L'ingresso di Via A. Negri (Seveso) (foto di Laura Bonini).*

di Milano a circa 20 km dal capoluogo lombardo e ha una superficie di 43 ettari circa. La morfologia è piana a eccezione di due collinette costituite con le discariche speciali dalle quali si ha la visione dell'intero complesso del parco.

La parte a Nord di 7,81 ettari nel comune di Meda non è recintata e comprende la discarica più piccola e il sistema degli svincoli della superstrada sistemati con arbusti, rimboschimenti e prati ornamentali.

Nel Comune di Seveso l'area verde è recintata e si presenta come una grande distesa di piante e cespugli interrotte da radure, prati ornamentali e aree faunistiche con un'area di servizi (*foto 5 e 6*).

Foto 6 - *Chalet all'ingresso del Bosco (foto di Laura Bonini).*

Circa l'80% dell'area è coperta da piante e arbusti con una destinazione finale a bosco, diversificato in funzione delle tecniche iniziali di impianto.

5.5 L'ambiente

Il comprensorio del Bosco delle Querce è situato sui primi lembi dei terrazzamenti alluvionali margini delle zone del pianalto asciutto prealpino. Il terreno alluvionale è di tipo vario con un substrato sab-

bio-limoso attraversato da lenti ghiaiose. La piovosità media è di circa 1300 mm/anno e il clima può essere considerato di tipo continentale moderato. La falda è mediamente collocabile a circa 35 metri di profondità e non influenza lo strato esplorato dalle radici. Le associazioni vegetali di origine autoctona in Lombardia sono individuabili nell'ambito delle latifoglie mesofile e in particolare di *Querco-Betuletum insubricum, Querco carpinetum, Querco ostrieto,* con una buona variabilità a seconda della freschezza e della composizione del terreno, profondamente alterato dalla bonifica iniziale (*foto 7*).

Foto 7 - *Scorcio di prato alberato (foto di Laura Bonini).*

5.6 Il terreno

L'area sulla quale è stato creato il Bosco delle Querce è stata scarificata, eliminando la parte fertile; successivamente sono stati riportati circa 15 cm di terra di coltura.

Il profilo originario del terreno è stato frequentemente modificato per i vasti movimenti di terra collegati alle operazioni di bonifica; inoltre il passaggio di mezzi pesanti ha provocato un compattamento

per strati successivi. Nel periodo 1984-86 sono state eseguite diverse lavorazioni agronomiche allo scopo di rivitalizzare il terreno, negli anni successivi invece si è attuato un piano di concimazione prevalentemente organica. Le analisi chimico-fisiche del terreno sono state eseguite a più riprese a opera della Fondazione Minoprio, di laboratori privati e dell'Istituto di Coltivazioni Arboree dell'Università di Milano e si sono registrati valori che rientrano nella norma dei terreni agricoli e forestali.

5.7 La vegetazione

Le iniziali operazioni di bonifica hanno distrutto il soprassuolo vegetale e il terreno di coltura, con l'eccezione di un grande pioppo nella parte centrale del parco (*foto 8*). Negli 1984-85 da una situazione desertica si è dato avvio all'operazione con la formazione di prato e la messa a dimora della prima generazione di piante. Si trattava di piante a

Foto 8 - *Il grande pioppo al centro del Bosco (foto di Laura Bonini).*

Foto 9 - *Veduta dalla collina (vasca A) di Seveso (foto di Laura Bonini).*

medio sviluppo di 2-4 metri di altezza e di 14 -20 centimetri di circonferenza. Si è avuta sin dall'inizio una buona affermazione delle latifoglie, a eccezione delle querce autoctone che hanno accusato per due anni una mortalità del 40-50%, senza che si evidenziasse una relazione diretta con la specie, le dimensioni, la provenienza, il pregio o la qualità delle piante (*foto 9*). L'ipotesi più verosimile collega tale mortalità all'assenza di micorrize nel terreno.

Dal 1986 a oggi si sono effettuati interventi agronomici e raddoppiate le piante arboree e i cespugli sperimentando nuove metodologie di impianto di specie autoctone. In seguito al censimento eseguito dall'Azienda Regionale delle Foreste nel 1988, esteso a tutto il patrimonio arboreo, arbustivo e forestale, sono state delimitate 40 aree di saggio permanenti di 16 metri di raggio ciascuna, nelle quali le piante sono state schedate singolarmente.

Dai rilevamenti effettuati è emerso che le specie che hanno ottenuto i migliori risultati di crescita sono state: frassino, orniello, querce indigene, acero, carpino, pioppo e pruno. Le querce indigene in particolare hanno avuto una imprevista ripresa e rigoglio vegetativo dopo la sofferenza iniziale.

Complessivamente oggi sono presenti nel Bosco delle Querce 6000 esemplari di diverse specie arboree, 22.000 rimboschimenti sottochioma e 18.500 arbusti.

5.8 La fauna

All'indomani della bonifica gli unici animali facilmente visibili sull'intera area erano i conigli selvatici. Nel tempo si è dato corso, oltre al rimboschimento generalizzato, ad accorgimenti per favorire lo spontaneo ritorno o inserimento della fauna. Gli interventi sono consistiti in sfalci ritardati per non danneggiare la nidificazione primaverile, creazione di aree cespugliose, creazione di aree umide, inserimento di cespugli a bacche, creazione di ripari invernali con balle di fieno e con deposito di granaglie, formazione di laghetti, recinzione dell'intera area naturalistica, inserimento di anatre selvatiche e di starne.

È interessante notare come la fauna sia potuta migrare all'interno del bosco soprattutto attraverso lo stretto corridoio ecologico rappresentato dall'alveo del torrente Certesa, anche se fortemente inquinato dall'industrializzazione a monte.

Oggi i mammiferi presenti nel Bosco delle Querce sono: il coniglio

selvatico, la volpe, il riccio, l'arvicola e la talpa.

Attualmente è in corso il monitoraggio, eseguito dalla LIPU, degli uccelli, dei rettili e degli anfibi presenti nel parco.

Secondo i primi risultati, risultano censite per l'avifauna 39 specie di cui 9 nidificanti certi e 17 nidificanti probabili tra cui: gheppio, fagiano, cuculo, picchio rosso maggiore, ballerina giallo, scricciolo, pettirosso, usignolo, merlo, codibugnolo, cinciallegro, cornacchio, storno, cardellino. È inoltre costantemente presente l'airone cenerino.

Sono state individuate 3 specie di anfibi: rospo smeraldino, raganella italiana, rana verde e 3 di rettili: lucertola muraiola, biacco, biscia dal collare.

5.9 Le zone del Bosco

Il Bosco presenta oggi la seguente zonizzazione:

- Area con funzione paesaggistica e barriera verde, con una superficie di 5 ettari che comprende gli svincoli della superstrada Milano-Meda e la fascia del Bosco delle Querce confinante con la superstrada.
- Area naturalistica, 17 ettari, che include tutte le zone umide e faunistiche. La completa recinzione del corpo più grande consente l'a-

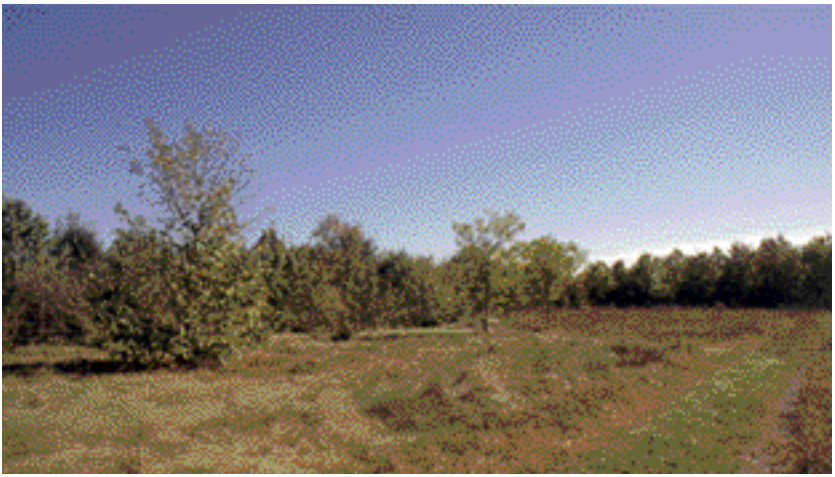

Foto 10 - *Ingresso dell'area naturalistica (foto di Laura Bonini).*

dattamento indisturbato di macro e microfauna, del resto incentivato dal laghetto naturalistico realizzato nel 1996 (*foto 10*).

- Area ricreativo-intensiva, per una superficie totale di 7 ettari circa, che comprende l'area dell'ingresso principale, l'ingresso a sud, le radure a nord, una fascia continua di prato ornamentale calpestabile ai fianchi della strada inghiaiata. L'area verrà attrezzata con un arredo specifico che ne esalterà la funzione ricreativa (*foto 11*).
- Area ricreativa naturaliforme, di circa 9 ettari. La sua fruizione libera è di tipo contemplativo. Comprende vaste aree a prato alberato o a prateria situate a nord di fianco al centro sportivo di Meda e a sud sotto la discarica di Seveso.
- Area di rispetto agli impianti tecnologici, di circa 5 ettari, comprendente le due colline di raccolta dei materiali derivanti dalla bonifica dei terreni.

5.10 Prospettive per il futuro

Sono già state avviate o sono in corso di avvio nel prossimo futuro molteplici iniziative in accordo con la Giunta Regionale - Settore Ambiente, gli Enti Locali, la Fondazione Lombardia per l'Ambiente concernenti:

Foto 11 - *Viale con panchine nella zona aperta al pubblico (foto di Laura Bonini).*

- l'incentivazione della fauna, anche attraverso la collaborazione con la LIPU di Milano che già cura all'interno del bosco il rilascio di rapaci;
- l'ampliamento dei laghetti che potrebbero essere alimentati dall'acqua del torrente Certesa depurata con processi di fitodepurazione;
- la formazione di una biblioteca per l'ambiente;
- l'inserimento di attività museali;
- il potenziamento della fruizione con strutture in legno compatibili con il bosco;
- la promozione di iniziative di volontariato;
- la continuazione del monitoraggio agroforestale dell'area e dell'ecosistema in evoluzione;
- il monitoraggio della TCDD a cura della Fondazione Lombardia per l'Ambiente;
- l'estensione graduale dei tempi di apertura del bosco;
- la realizzazione di iniziative didattiche;
- il recupero funzionale dei capannoni presenti sul territorio del comune di Meda.

L'obiettivo più ambizioso è quello di ampliare il parco, inserendo l'area in un contesto paesaggistico ben più ampio. A tal fine, con il Settore Ambiente della Regione è già stato predisposto un progetto di massima per allargare l'attuale confine del bosco utilizzando aree residuali in accordo con i comuni di Seveso e Meda.

Appendice I

Direttiva 96/82/CE

DIRETTIVA 96/82/CE DEL CONSIGLIO
del 9 dicembre 1996
sul controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi
con determinate sostanze pericolose

IL CONSIGLIO DELL'UNIONE EUROPEA

visto il trattato che istituisce la Comunità europea, in particolare l'articolo 130 S, paragrafo 1, vista la proposta della Commissione[1],
visto il parere del Comitato economico e sociale[2],

deliberando in conformità della procedura di cui all'articolo 189 C del trattato[3],

(1) considerando che la direttiva 82/501/CEE del Consiglio, del 24 giugno 1982, sui rischi di incidenti rilevanti connessi con determinate attività industriali[4], concerne la prevenzione di incidenti rilevanti che potrebbero venir causati da determinate attività industriali così come la limitazione delle loro conseguenze per l'uomo e l'ambiente;

(2) considerando che gli obiettivi e i principi della politica comunitaria in materia ambientale, quali definiti all'articolo 130 R, paragrafi 1 e 2 del trattato e precisati nei programmi d'azione della Comunità europea in materia ambientale[5], sono intesi in particolare a salvaguardare e proteggere, attraverso un'azione preventiva, la qualità dell'ambiente e a tutelare la salute umana;

---

(1) GU n. C 106 del 14.4.1994, pag. 4 e GU n. C 238 del 13.9.1995, pag. 4.
(2) GU n. C 295 del 22.10.1994, pag. 83.
(3) Parere del Parlamento europeo del 16 febbraio 1995 (GU n. C 56 del 6.3.1995, pag. 80), posizione comune del Consiglio del 19 marzo 1996 (GU n. C 120 del 24.4.1996, pag. 20) e decisione del Parlamento europeo del 15 luglio 1996 (GU n. C 261 del 9.9.1996, pag. 24).
(4) GU n. L 230 del 5.8.1982, pag. 1. Direttiva modificata da ultimo dalla direttiva 91/692/CEE (GU n. L377 del 31. 12. 1991, pag. 48).
(5) GU n. C 112 del 20.12.1973, pag. 1.
GU n. C 139 del 13.6.1977, pag. 1.
GU n. C 46 del 17.2.1983 pag. 1.
GU n. C 70 del 18.3.1987 pag. 1.
GU n. C 138 del 17.5.1993, pag. 1.

(3) considerando che il Consiglio e i rappresentanti dei governi degli Stati membri, riuniti in sede di Consiglio, nella risoluzione che accompagna il quarto programma in materia ambientale[1], hanno sottolineato la necessità di una più efficace attuazione della direttiva 82/501/CEE e ne hanno chiesto una revisione che comporti tra l'altro, se necessario, l'eventuale ampliamento dell'ambito di applicazione e un'intensificazione degli scambi di informazioni tra Stati membri in materia; che il quinto programma d'azione, la cui impostazione generale è stata approvata dal Consiglio e dai rappresentanti dei governi degli Stati membri, riuniti in sede di Consiglio, nella risoluzione del l febbraio 1993[2], insiste altresì su una migliore gestione dei rischi e degli incidenti;

(4) considerando che, nella risoluzione del 16 ottobre 1989, il Consiglio ed i rappresentanti dei governi degli Stati membri, riuniti in sede di Consiglio, tenendo conto degli incidenti di Bhopal e Messico, che hanno evidenziato il pericolo rappresentato dalla prossimità dei siti pericolosi alle zone residenziali, hanno invitato la Commissione a inserire nella direttiva 82/501/CEE delle disposizioni inerenti al controllo della pianificazione dell'occupazione dei suoli nell'autorizzare nuovi impianti e sviluppare aree urbane intorno a impianti già esistenti;

(5) considerando che il Consiglio, in tale ultima risoluzione, ha invitato la Commissione a cooperare con gli Stati membri per favorire una maggiore intesa reciproca e una più completa armonizzazione dei principi e delle prassi nazionali in materia di rapporti sulla sicurezza;

(6) considerando che è opportuno mettere in comune le esperienze acquisite, attraverso diverse impostazioni, nel controllo dei pericoli che possono comportare incidenti rilevanti; che la Commissione e gli Stati membri dovrebbero proseguire le relazioni con le organizzazioni internazionali competenti e adoperarsi per stabilire per i paesi terzi misure equivalenti a quelle enunciate nella presente direttiva;

(7) considerando che la convenzione sugli effetti transfrontalieri degli incidenti industriali della Commissione economica per l'Europa delle Nazioni Unite prevede misure che consentono di prevenire, di essere pron-

[1] *GU n. C 328 del 7.12.1987, pag. 3.*
[2] *GU n. C 138 del 17.5.1993.*

to e di reagire a incidenti industriali che possono provocare effetti transfrontalieri, e prevede la cooperazione internazionale in questo settore;

(8) considerando che la direttiva 82/501/CEE ha rappresentato una prima fase nel processo di armonizzazione; che occorre modificare e completare tale direttiva al fine di assicurare in modo coerente cd efficace livelli elevati di protezione in tutta la Comunità; che la presente armonizzazione si limita alle misure necessarie per istituire un sistema più efficace di prevenzione degli incidenti rilevanti con effetti di ampia portata e per limitarne le conseguenze;

(9) considerando che gli incidenti rilevanti possono avere conseguenze transfrontaliere; che il costo ecologico ed economico di un incidente grava non solo sullo stabilimento in cui questo si verifica, ma anche sugli Stati membri interessati; che occorre pertanto adottare misure che garantiscano un elevato grado di protezione a tutta la Comunità;

(10) considerando che l'applicazione delle disposizioni della presente direttiva lascia impregiudicate le disposizioni comunitarie in materia di salute e sicurezza sul posto di lavoro;

(11) considerando che l'utilizzazione di un elenco che descrive specificamente taluni impianti escludendone altri che presentano identici rischi costituisce una prassi inappropriata e può sottrarre alla normativa potenziali fonti di incidenti rilevanti; che occorre modificare il campo di applicazione della direttiva 82/501/CEE in modo che le disposizioni si applichino a tutti gli stabilimenti in cui determinate sostanze pericolose sono presenti in quantità abbastanza consistenti da comportare un pericolo di incidente rilevante;

(12) considerando che gli Stati membri possono nel rispetto del trattato e in conformità della pertinente legislazione comunitaria, mantenere o adottare misure appropriate per quanto riguarda le attività connesse al trasporto alle banchine, ai moli e agli scali ferroviari di smistamento esclusi dalla presente direttiva, al fine di garantire un livello di sicurezza equivalente a quello stabilito dalla presente direttiva;

(13) considerando che anche il trasporto di sostanze pericolose in condotte presenta altresì dei rischi di gravi incidenti; che la Commissione, dopo aver raccolto e valutato informazioni in merito ai meccanismi

istituiti nella Comunità per regolamentare tale attività e in merito al verificarsi di incidenti di tale natura, dovrebbe elaborare una comunicazione nella quale essa esporrà le argomentazioni a favore dell'adozione, se del caso, di misure in questo campo, nonché lo strumento più adeguato per interventi al riguardo;

(14) considerando che gli Stati membri possono, nel rispetto del trattato e in conformità della pertinente legislazione comunitaria, mantenere o adottare misure in materia di discariche di rifiuti, escluse dal campo di applicazione della presente direttiva;

(15) considerando che dall'analisi degli incidenti rilevanti dichiarati nella Comunità risulta che, nella maggioranza dei casi, essi sono dovuti a errori di gestione o di organizzazione; che occorre pertanto stabilire a livello comunitario per quanto riguarda i sistemi di gestione, principi di base tali da consentire di prevenire e ridurre i rischi di incidenti rilevanti nonché di limitarne le conseguenze;

(16) considerando che le differenze esistenti tra le modalità d'ispezione degli stabilimenti da parte delle autorità competenti possono creare livelli di protezione diversi; che occorre stabilire a livello comunitario le disposizioni essenziali cui devono attenersi i sistemi di controllo adottati dagli Stati membri;

(17) considerando che occorre che il gestore in caso di stabilimenti in cui sono presenti considerevoli quantità di sostanze pericolose per dimostrare di aver fatto il necessario in materia di prevenzione degli incidenti rilevanti, di preparazione delle persone potenzialmente esposte a siffatti incidenti e di misure da adottare in simili eventualità, fornisca alla competente autorità informazioni in forma di un rapporto sulla sicurezza contenente precisazioni in merito allo stabilimento, alle sostanze pericolose in esso presenti, all'impianto o al magazzinaggio, ai possibili incidenti rilevanti e ai sistemi di gestione al fine di prevenire e ridurre il rischio di incidenti rilevanti e di rendere possibile l'adozione delle misure necessarie per limitarne le conseguenze;

(18) considerando che, per ridurre il rischio di "effetti domino" occorre, qualora l'ubicazione e la prossimità di stabilimenti siano tali da poter aumentare la probabilità e la possibilità di incidenti rilevanti o da aggravare le conseguenze, che siano scambiate informazioni appro-

priate e che sia prevista una collaborazione all'informazione della popolazione;

(19) considerando che, per promuovere l'accesso all'informazione in materia ambientale, la popolazione deve poter accedere alle relazioni sulla sicurezza redatte dai gestori e che le persone che possono essere colpite da un incidente rilevante devono poter disporre di elementi di informazione sufficienti a consentire loro di assumere un comportamento corretto in simili eventualità;

(20) considerando che, per prepararsi a casi di emergenza, occorre stabilire per gli stabilimenti in cui sono presenti considerevoli quantità di sostanze pericolose, piani di emergenza esterni ed interni e istituire dei sistemi che garantiscano che tali piani saranno verificati, riveduti nei limiti del necessario e applicati nel caso in cui si verifichi o rischi di verificarsi un incidente rilevante;

(21) considerando che il personale dello stabilimento dovrà essere consultato in merito al piano di emergenza interno e il pubblico in merito a quello di emergenza esterna;

(22) considerando che, per proteggere maggiormente le zone residenziali, le zone frequentate dal pubblico e le zone di particolare interesse naturale o particolarmente sensibili, è necessario che le politiche in materia di destinazione o utilizzazione dei suoli e/o altre politiche pertinenti applicate negli Stati membri tengano conto della necessità, a lungo termine, di mantenere opportune distanze tra dette zone e gli stabilimenti che presentano tali rischi e per gli stabilimenti esistenti tengano conto di misure tecniche complementari per non accrescere i rischi per le persone;

(23) considerando che, per garantire l'adozione di misure adeguate in caso di incidente rilevante il gestore deve immediatamente informarne le competenti autorità e comunicare loro le informazioni necessarie per valutarne la portata;

(24) considerando che, per garantire uno scambio di informazioni e prevenire successivi incidenti analoghi, gli Stati membri comunicano alla Commissione informazioni sugli incidenti rilevanti che si verificano nel loro territorio, in modo che la Commissione possa analizza-

re i pericoli ad essi connessi e azionare un sistema di diffusione dell'informazione riguardante, in particolare, gli incidenti rilevanti e gli insegnamenti che ne sono stati tratti; che tale scambio di informazioni dovrebbe riguardare anche i "semincidenti" che gli Stati membri considerano particolarmente significativi dal punto di vista tecnico ai fini della prevenzione degli incidenti rilevanti e della limitazione delle loro conseguenze,

HAADOTTATO LAPRESENTE DIRETTIVA:

Articolo 1
Scopo

Scopo della presente direttiva è la prevenzione degli incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose e la limitazione delle loro conseguenze per l'uomo e per l'ambiente, al fine di assicurare in modo coerente ed efficace un elevato livello di protezione in tutta la Comunità.

Articolo 2
Ambito d'applicazione

1. La presente direttiva si applica agli stabilimenti in cui sono presenti sostanze pericolose in quantità uguali o superiori a quelle indicate nell'allegato I, parti 1 e 2, colonna 2, ad eccezione degli articoli 9, 11 e 13, che si applicano a tutti gli stabilimenti in cui sono presenti sostanze pericolose in quantità uguali o superiori a quelle indicate nell'allegato I, parti 1 e 2, colonna 3.

Ai fini della presente direttiva, si intende per "presenza di sostanze pericolose" la presenza di queste, reale o prevista nello stabilimento, ovvero quelle che si reputa possano essere generate, in caso di perdita del controllo di un processo chimico industriale, in quantità pari o superiori ai limiti previsti nelle parti 1 e 2 dell'allegato I.

2. Le disposizioni della presente direttiva si applicano senza pregiudizio per le disposizioni comunitarie relative all'ambiente di lavoro, in particolare la direttiva 89/391/ CEE del Consiglio, del 12 giugno 1989,

concernente l'attuazione di misure volte a promuovere il miglioramento della sicurezza e della salute dei lavoratori durante il lavoro[1].

Articolo 3
Definizioni

Ai fini della presente direttiva si intende per:

1) "stabilimento", tutta l'area sottoposta al controllo di un gestore, nella quale sono presenti sostanze pericolose all'interno di uno o più impianti, comprese le infrastrutture o le attività comuni o connesse;

2) "impianto", un'unità tecnica all'interno di uno stabilimento, in cui sono prodotte, utilizzate, manipolate o depositate sostanze pericolose. Comprende tutte le apparecchiature, le strutture, le condotte, i macchinari, gli utensili, le diramazioni ferroviarie particolari, le banchine, i pontili che servono l'impianto, i moli, i magazzini e le strutture analoghe, galleggianti o meno, necessari per il funzionamento dell'impianto;

3) "gestore", la persona fisica o giuridica che gestisce o detiene lo stabilimento o l'impianto ovvero la persona cui è stato delegato, ove ciò è previsto dalla legislazione nazionale, un potere economico determinante in relazione al funzionamento tecnico dello stabilimento o dell'impianto;

4) "sostanze pericolose", le sostanze, miscele o preparazioni elencate nell'allegato I parte 1, o rispondenti ai criteri fissati nell'allegato I parte 2, che sono presenti come materie prime, prodotti sottoprodotti, residui o prodotti intermedi, ivi comprese quelle che possono ragionevolmente ritenersi generate in caso di incidente;

5) "incidente rilevante", un evento quale un'emissione, un incendio o un'esplosione di grande entità, dovuto a sviluppi incontrollati che si verifichino durante l'attività di uno stabilimento soggetto alla presente direttiva e che dia luogo ad un pericolo grave, immediato o differito,

[1] *GU n. L 183 del 29.6.1989, pag. 1.*

per la salute umana e/o per l'ambiente, all'interno o all'esterno dello stabilimento, e in cui intervengano una o più sostanze pericolose;

6) "pericolo", la proprietà intrinseca di una sostanza pericolosa o della situazione fisica esistente in uno stabilimento di provocare danni per la salute umana e/o per l'ambiente;

7) "rischio", la probabilità che un determinato evento si verifichi in un dato periodo o in circostanze specifiche;

8) "deposito", la presenza di una certa quantità di sostanze pericolose a scopo di immagazzinamento, deposito per custodia in condizioni di sicurezza o stoccaggio.

Articolo 4
Esclusioni

La presente direttiva non si applica:
a) agli stabilimenti, gli impianti o i depositi militari;
b) ai pericoli connessi alle radiazioni ionizzanti;
c) al trasporto di sostanze pericolose e il deposito temporaneo intermedio su strada, per ferrovia, per idrovia interna e marittima o per via aerea, comprese le attività di carico e scarico ed il trasferimento da e verso un altro modo di trasporto alle banchine, ai moli o agli scali ferroviari di smistamento, al di fuori degli stabilimenti soggetti alla presente direttiva;
d) al trasporto di sostanze pericolose in condotte comprese le stazioni di pompaggio al di fuori degli stabilimenti soggetti alla presente direttiva;
e) all'attività delle industrie estrattive consistente nella prospezione ed estrazione di minerali in miniere e cave o mediante trivellazione;
f) alle discariche di rifiuti.

Articolo 5
Obblighi generali del gestore

1. Gli Stati membri provvedono affinché il gestore abbia l'obbligo di adottare tutte le misure necessarie per prevenire incidenti rilevanti e limitarne le conseguenze per l'uomo e per l'ambiente.

2. Gli Stati membri provvedono affinché il gestore sia tenuto a dimostrare in qualsiasi momento all'autorità competente di cui all'articolo 16, in particolare ai fini delle ispezioni e dei controlli di cui all'articolo 18, di aver preso tutte le disposizioni necessarie previste dalla presente direttiva.

Articolo 6
Notifica

1. Gli Stati membri provvedono affinché il gestore sia obbligato a trasmettere all'autorità competente una notifica entro i seguenti termini:
- per gli stabilimenti nuovi entro un termine ragionevole precedente l'inizio della costruzione o l'avvio dell'attività;
- per gli stabilimenti preesistenti entro un termine di un anno a decorrere dalla data indicata all'articolo 24, paragrafo 1.

2. La notifica di cui al paragrafo 1 contiene le seguenti informazioni:
a) il nome o la ragione sociale del gestore e l'indirizzo completo dello stabilimento;
b) la sede del gestore, con l'indirizzo completo;
c) il nome o la funzione della persona responsabile dello stabilimento, se diversa da quella di cui alla lettera a);
d) le informazioni che consentano di individuare le sostanze pericolose o la categoria di sostanze pericolose;
e) la quantità e la forma fisica della sostanza pericolosa o delle sostanze pericolose;
f) l'attività in corso, o prevista, dell'impianto o del deposito;
g) l'ambiente immediatamente circostante lo stabilimento (elementi che potrebbero causare un incidente rilevante o aggravarne le conseguenze).

3. Per gli stabilimenti esistenti per i quali il gestore abbia già trasmesso all'autorità competente tutte le informazioni di cui al paragrafo 2, secondo le norme di diritto nazionale in vigore alla data di entrata in vigore della presente direttiva, non è richiesta la notifica di cui al paragrafo 1.

4. In caso:
- di aumento significativo della quantità e di modifica significativa della natura o dello stato fisico della sostanza pericolosa presente che

figurano nella notifica inviata dal gestore ai sensi del paragrafo 2, o di modifica dei processi che la mettono in atto, oppure
- di chiusura definitiva dell'impianto,

il gestore informa immediatamente l'autorità competente del cambiamento della situazione.

Articolo 7
Politica di prevenzione degli incidenti rilevanti

1. Gli Stati membri provvedono affinché il gestore sia tenuto a redigere un documento che definisce la propria politica di prevenzione degli incidenti rilevanti e a farsi carico della sua corretta applicazione. La politica di prevenzione degli incidenti rilevanti attuata dal gestore mira a garantire un elevato livello di protezione dell'uomo e dell'ambiente con mezzi, strutture e sistemi di gestione appropriati.

2. Il documento deve tener conto dei principi contenuti nell'allegato III ed è tenuto a disposizione delle autorità competenti in particolare in vista dell'applicazione dell'articolo 5, paragrafo 2 e dell'articolo 18.

3. Il presente articolo non si applica agli stabilimenti di cui all'articolo 9.

Articolo 8
Effetto domino

1. Gli Stati membri provvedono affinché l'autorità competente, in base alle informazioni ricevute dal gestore a norma degli articoli 6 e 9, individui gli stabilimenti o i gruppi di stabilimenti per i quali la probabilità e possibilità o le conseguenze di un incidente rilevante possono essere maggiori a causa del luogo, della vicinanza degli stabilimenti e dell'inventario di sostanze pericolose in essi presenti.

2. Gli Stati membri devono accertarsi che per gli stabilimenti in tal modo individuati:
a) siano scambiate, in modo appropriato, le informazioni necessarie per consentire a tali stabilimenti di prendere in considerazione la natura e l'entità del pericolo globale di incidente rilevante nell'elaborare le politiche di prevenzione degli incidenti rilevanti, i loro sistemi di

gestione della sicurezza, i loro rapporti di sicurezza e i loro piani d'emergenza interni;
b) sia prevista una collaborazione alla diffusione di informazioni alla popolazione nonché all'autorità competente per la predisposizione dei piani d'emergenza esterni.

Articolo 9
Rapporto di sicurezza

Gli Stati membri provvedono affinché il gestore sia tenuto a presentare un rapporto di sicurezza al fine di:
a) dimostrare di aver messo in atto, secondo gli elementi dell'allegato III, una politica di prevenzione degli incidenti rilevanti e un sistema di gestione della sicurezza per la sua applicazione;
b) dimostrare che i pericoli di incidente rilevante sono stati individuati e che sono state prese le misure necessarie per prevenirli e per limitarne le conseguenze per l'uomo e l'ambiente;
c) dimostrare che la progettazione, la costruzione, l'esercizio e la manutenzione di qualsiasi impianto, deposito, attrezzatura e infrastruttura, connessi con il funzionamento dello stabilimento, che hanno un rapporto con i pericoli di incidente rilevante nello stesso, sono sufficientemente sicuri e affidabili;
d) dimostrare l'avvenuta predisposizione dei piani d'emergenza interni e fornire gli elementi che consentono l'elaborazione del piano esterno al fine di prendere le misure necessarie in caso di incidente rilevante;
e) fornire alle autorità competenti informazioni che permettano loro di prendere decisioni in merito all'insediamento di nuove attività o alla costruzione di insediamenti attorno agli stabilimenti già esistenti.

2. Il rapporto di sicurezza contiene almeno i dati di cui all'allegato II. Contiene, inoltre, l'inventario aggiornato delle sostanze pericolose presenti nello stabilimento.
Si possono utilizzare più rapporti di sicurezza, parti di essi o altri rapporti analoghi predisposti in ottemperanza ad altre disposizioni legislative, per costituire il rapporto di sicurezza previsto dal presente articolo, quando tale sistema permette di evitare un'inutile ripetizione delle informazioni e del lavoro a carico del gestore o dell'autorità competente, purché ricorrano tutti i requisiti prescritti dal presente articolo.

3. Il rapporto di sicurezza di cui al paragrafo 1 è inviato all'autorità competente entro i seguenti termini:
- per gli stabilimenti nuovi, entro un termine ragionevole prima dell'inizio della costruzione o dell'avvio dell'attività;
- per gli stabilimenti preesistenti, non ancora soggetti alle disposizioni della direttiva 82/501/CEE, entro tre anni a decorrere dalla data prevista all'articolo 24, paragrafo l;
- per gli altri stabilimenti entro due anni a decorrere dalla data prevista all'articolo 24, paragrafo 1;
- in occasione dell'aggiornamento periodico di cui al paragrafo 5, senza indugio.

4. Prima che il gestore dia inizio alla costruzione o all'attività ovvero, nei casi previsti al paragrafo 3, secondo, terzo e quarto trattino, l'autorità competente, entro un termine ragionevole dal ricevimento del rapporto:
- comunica al gestore le proprie conclusioni per quanto riguarda l'esame del rapporto di sicurezza, se del caso dopo aver chiesto di fornire informazioni complementari, oppure
- vieta l'avvio o la prosecuzione dell'attività dello stabilimento in questione, in forza dei poteri e delle procedure di cui all'articolo 17.

5. Il rapporto di sicurezza è riesaminato e, se necessario, aggiornato periodicamente:
- almeno ogni cinque anni;
- in qualsiasi altro momento, su iniziativa del gestore o su richiesta dell'autorità competente qualora fatti nuovi lo giustifichino o in considerazione delle nuove conoscenze tecniche in materie di sicurezza derivanti, per esempio, dall'analisi degli incidenti o, nella misura del possibile, dei "semincidenti" e dei nuovi sviluppi delle conoscenze nel campo della valutazione dei pericoli.

6. a) Qualora si comprovi all'autorità competente che determinate sostanze presenti nello stabilimento o che una qualsiasi parte dello stabilimento stesso si trovano in condizioni tali da non poter creare alcun pericolo di incidente rilevante, lo Stato membro può secondo i criteri di cui alla lettera b), limitare le informazioni richieste nel rapporto sulla sicurezza agli argomenti relativi alla prevenzione dei rimanenti pericoli di incidenti rilevanti e alla limitazione delle loro conseguenze per l'uomo e per l'ambiente.
b) Anteriormente alla messa in applicazione della presente direttiva e

secondo la procedura di cui all'articolo 16 della direttiva 82/501/CEE, la Commissione definisce criteri armonizzati per la decisione dell'autorità competente in cui si afferma che uno stabilimento non comporta rischi di incidente rilevante ai sensi della lettera a). La lettera a) si applica solo dopo la definizione di tali criteri.
c) Gli Stati membri provvedono affinché l'autorità competente trasmetta alla Commissione un elenco motivato degli stabilimenti interessati. La Commissione trasmette annualmente tali elenchi al Comitato di cui all'articolo 22.

Articolo 10
Modifica di un impianto, di uno stabilimento o di un deposito

In caso di modifiche di un impianto di uno stabilimento, di un deposito, di un processo o della natura o dei quantitativi di sostanze pericolose che potrebbero avere importanti conseguenze per quanto riguarda il pericolo di incidenti rilevanti, gli Stati membri provvedono affinché il gestore:
- riesamini e, se necessario, modifichi la politica di prevenzione degli incidenti rilevanti, i sistemi di gestione e le procedure di cui agli articoli 7 e 9;
- riesamini e, se necessario, modifichi il rapporto di sicurezza e trasmetta all'autorità competente di cui all'articolo 16 tutte le informazioni utili prima di procedere alle modifiche.

Articolo 11
Piano d'emergenza

1.Gli Stati membri provvedono affinché, per tutti gli stabilimenti soggetti alle disposizioni dell'articolo 9:
a) il gestore predisponga un piano di emergenza interno da applicare all'interno dello stabilimento:
- per gli stabilimenti nuovi, prima di iniziare l'attività;
- per gli stabilimenti esistenti, non ancora soggetti alla direttiva 82/501/CEE, entro tre anni a decorrere dalla data di cui all'articolo 24, paragrafo 1;
- per gli altri stabilimenti, entro due anni a decorrere dalla data di cui all'articolo 24, paragrafo 1;

b) il gestore trasmetta alle autorità competenti, entro i termini in appresso indicati, informazioni che consentano loro di elaborare il piano di emergenza esterno:
- per gli stabilimenti nuovi, prima dell'avvio dell'attività;
- per gli stabilimenti esistenti, non ancora soggetti alla direttiva 82/501/CEE, entro tre anni a decorrere dalla data di cui all'articolo 24, paragrafo 1;
- per gli altri stabilimenti, entro due anni a decorrere dalla data di cui all'articolo 24, paragrafo 1;

c) le autorità designate a tal fine da ciascuno Stato membro predispongano un piano di emergenza esterno per le misure da prendere all'esterno dello stabilimento.

2. I piani d'emergenza sono elaborati allo scopo di:
- controllare e circoscrivere gli incidenti in modo da minimizzarne gli effetti e limitarne i danni per l'uomo, per l'ambiente e per i beni;
- mettere in atto le misure necessarie per proteggere l'uomo e l'ambiente dalle conseguenze degli incidenti rilevanti;
- informare adeguatamente la popolazione ed i servizi o le autorità locali competenti;
- provvedere al ripristino e al disinquinamento dell'ambiente dopo un incidente rilevante.

I piani di emergenza contengono le informazioni di cui all'allegato IV.

3. Gli Stati membri provvedono affinché, fatti salvi gli obblighi delle autorità competenti, i piani di emergenza interni previsti dalla presente direttiva siano elaborati in consultazione con il personale che lavora nello stabilimento e affinché la popolazione sia consultata sui piani d'emergenza esterni.

4. Gli Stati membri istituiscono un sistema atto ad assicurare che i piani di emergenza interni ed esterni riesaminati, sperimentati e, se necessario, riveduti e aggiornati dai gestori e dalle autorità designate, ad intervalli appropriati, non superiori a tre anni. La revisione tiene conto dei cambiamenti avvenuti negli stabilimenti e nei servizi di emergenza, dei progressi tecnici e delle nuove conoscenze in merito alle misure da adottare in caso di incidenti rilevanti.

5. Gli Stati membri istituiscono un sistema atto ad assicurare che i

piani di emergenza siano attivati senza indugio dal gestore e, se del caso, dall'autorità competente a tal fine designata qualora:
- si verifichi un incidente rilevante, ovvero
- si verifichi un evento incontrollato di natura tale che si possa ragionevolmente prevedere che provochi un incidente rilevante.

6. In base alle informazioni contenute nel rapporto di sicurezza, l'autorità competente può motivatamente decidere che non si applicano le disposizioni del paragrafo 1 relative all'obbligo di predisporre un piano di emergenza esterno.

Articolo 12
Controllo dell'urbanizzazione

1. Gli Stati membri provvedono affinché nelle rispettive politiche in materia di controllo dell'urbanizzazione, destinazione e utilizzazione dei suoli e/o in altre politiche pertinenti si tenga conto degli obiettivi di prevenire gli incidenti rilevanti e limitarne le conseguenze. Essi perseguono tali obiettivi mediante un controllo:
a) dell'insediamento degli stabilimenti nuovi;
b) delle modifiche degli stabilimenti esistenti di cui all'articolo 10;
c) dei nuovi insediamenti attorno agli stabilimenti esistenti, quali vie di comunicazione, luoghi frequentati dal pubblico, zone residenziali, qualora l'ubicazione o gli insediamenti possano aggravare il rischio o le conseguenze di un incidente rilevante.

Gli Stati membri provvedono affinché la loro politica in materia di destinazione e utilizzazione dei suoli e/o le altre politiche pertinenti, nonché le relative procedure di attuazione tengano conto della necessità, a lungo termine, di mantenere opportune distanze tra gli stabilimenti di cui alla presente direttiva da un lato e le zone residenziali, le zone frequentate dal pubblico e le zone di particolare interesse naturale o particolarmente sensibili, dall'altro, e, per gli stabilimenti esistenti, delle misure tecniche complementari a norma dell'articolo 5, per non accrescere i rischi per le persone.

2. Gli Stati membri provvedono affinché tutte le autorità competenti e tutti i servizi autorizzati a decidere in materia stabiliscano procedure di consultazione atte ad agevolare l'attuazione di queste politiche

adottate a norma del paragrafo l. Tali procedure prevedono che, al momento in cui sono prese le decisioni in materia, sia disponibile un parere tecnico sui rischi connessi alla presenza dello stabilimento, basato sullo studio del caso specifico o su criteri generali.

Articolo 13
Informazione sulle misure di sicurezza

1. Gli Stati membri provvedono affinché le informazioni sulle misure di sicurezza da adottare e sulle norme di comportamento da osservare in caso di incidente siano fornite d'ufficio alle persone che possono essere colpite da un incidente rilevante verificatosi in uno degli stabilimenti di cui all'articolo 9.

Tali informazioni sono riesaminate ogni tre anni e, se del caso, ridiffuse e aggiornate almeno ogni volta che siano modificate ai sensi dell'articolo 10. Esse devono essere permanentemente a disposizione del pubblico. L'intervallo massimo di ridiffusione delle informazioni alla popolazione non può, in nessun caso, essere superiore a cinque anni.

Le informazioni contengono almeno i dati elencati all'allegato V.

2. Gli Stati membri mettono a disposizione degli Stati membri che possono subire gli effetti transfrontalieri di un incidente rilevante verificatosi in uno degli stabilimenti di cui all'articolo 9, informazioni sufficienti affinché lo Stato membro interessato possa applicare, se del caso, tutte le pertinenti disposizioni degli articoli 11 e 12 nonché del presente articolo.

3. Qualora uno Stato membro abbia determinato che uno stabilimento situato vicino al territorio di un altro Stato membro non può avere alcun pericolo di incidente rilevante al di fuori del proprio perimetro ai sensi dell'articolo 11, paragrafo 6 e non richiede pertanto l'elaborazione di un piano di emergenza esterno ai sensi dell'articolo 11, paragrafo 1, il primo Stato membro è tenuto ad informare il secondo.

4. Gli Stati membri provvedono affinché il rapporto di sicurezza sia accessibile alla popolazione. Il gestore ha il diritto di chiedere all'autorità competente di non rivelare alla popolazione le parti del rapporto che contengono informazioni riservate di carattere industriale, com-

merciale o personale o che si riferiscono alla pubblica sicurezza o alla difesa nazionale. In tali casi il gestore, previa approvazione da parte dell'autorità competente, presenta all'autorità e mette a disposizione della popolazione una versione modificata del rapporto, priva dei punti in questione.

5. Gli Stati membri provvedono affinché la popolazione possa esprimere il suo parere nei casi seguenti:
- elaborazione dei progetti relativi a nuovi stabilimenti di cui all'articolo 9;
- modifiche, ai sensi dell'articolo 10, di stabilimenti esistenti, quando tali modifiche sono soggette alle disposizioni in materia di pianificazione del territorio previste dalla presente direttiva;
- creazione di nuovi insediamenti attorno agli stabilimenti esistenti.

6. Nel caso di stabilimenti soggetti alle disposizioni dell'articolo 9, gli Stati membri provvedono affinché l'inventario delle sostanze pericolose di cui all'articolo 9, paragrafo 2 sia messo a disposizione del pubblico.

Articolo 14
Informazioni che il gestore deve comunicare a seguito di un incidente rilevante

1. Gli Stati membri provvedono affinché, non appena possibile dopo che si sia verificato un incidente rilevante, il gestore, utilizzando i mezzi più adeguati, sia tenuto a:
a) informare l'autorità competente;
b) comunicargli, non appena ne venga a conoscenza:
- le circostanze dell'incidente;
- le sostanze pericolose presenti;
- i dati disponibili per valutare le conseguenze dell'incidente per l'uomo e per l'ambiente e
- le misure di emergenza adottate;
c) informarlo sulle misure previste per:
- limitare gli effetti dell'incidente a medio e a lungo termine;
- evitare che esso si riproduca;
d) aggiornare le informazioni fornite, qualora da indagini più approfondite emergessero nuovi elementi che modificano le precedenti informazioni o le conclusioni tratte.

2. Gli Stati membri incaricano l'autorità competente di:
a) accertare che siano adottate le misure di emergenza e le misure a medio e a lungo termine necessarie;
b) raccogliere, mediante ispezioni, indagini o altri mezzi appropriati, le informazioni necessarie per effettuare un'analisi completa degli aspetti tecnici organizzativi e gestionali dell'incidente rilevante;
c) adottare misure atte a garantire che il gestore predisponga tutti i provvedimenti del caso;
d)formulare raccomandazioni sulle misure preventive per il futuro.

Articolo 15
Informazioni che gli Stati membri devono comunicare alla Commissione

1. Ai fini della prevenzione degli incidenti rilevanti e della limitazione delle loro conseguenze, gli Stati membri informano non appena possibile la Commissione degli incidenti rilevanti che si sono verificati all'interno del loro territorio e che rispondano ai criteri dell'allegato VI fornendo i seguenti dati:
a) Stato membro interessato, denominazione e indirizzo dell'autorità incaricata del rapporto;
b) data, ora e luogo dell'incidente rilevante, nome completo del gestore e indirizzo dello stabilimento interessato;
c) breve descrizione delle circostanze dell'incidente, indicazione delle sostanze pericolose e degli effetti immediati per l'uomo e per l'ambiente;
d) breve descrizione delle misure di emergenza adottate e delle precauzioni immediatamente necessarie per prevenire il ripetersi dell'incidente.

2. Raccolte le informazioni di cui all'articolo 14, gli Stati membri comunicano alla Commissione l'esito delle proprie analisi e le proprie raccomandazioni per mezzo di un modulo definito e aggiornato in base alla procedura di cui all'articolo 22.

Gli Stati membri possono rinviare la comunicazione di tali informazioni soltanto per consentire la conclusione di procedimenti giudiziari, che potrebbero essere pregiudicati dalla comunicazione stessa.

3. Gli Stati membri comunicano alla Commissione il nome e l'indirizzo degli organismi che potrebbero disporre di informazioni relative

agli incidenti rilevanti e che potrebbero consigliare le autorità competenti di altri Stati membri che devono intervenire quando si verificano tali incidenti.

Articolo 16
Autorità competente

Fatte salve le responsabilità del gestore, gli Stati membri istituiscono o designano una o più autorità competenti incaricate di svolgere i compiti stabiliti dalla presente direttiva, nonché, se del caso, gli organismi incaricati di assistere le autorità competenti sul piano tecnico.

Articolo 17
Divieto di esercitare l'attività

1. Gli Stati membri vietano l'attività o l'avvio dell'attività di qualsiasi stabilimento, impianto, deposito o parte di essi, qualora le misure adottate dal gestore per la prevenzione e la riduzione di incidenti gravi sono nettamente insufficienti.

Gli Stati membri possono vietare l'attività o l'avvio dell'attività di qualsiasi stabilimento, impianto, deposito o parte di essi, qualora il gestore non abbia presentato entro il termine stabilito, la notifica, i rapporti o le altre informazioni previste dalla presente direttiva.

2. Gli Stati membri provvedono affinché i gestori abbiano la possibilità di ricorrere contro il divieto stabilito dall'autorità competente ai sensi del paragrafo 1, presso un organo competente, determinato dalla legislazione e dalle procedure nazionali.

Articolo 18
Ispezioni

1. Gli Stati membri provvedono affinché le autorità competenti organizzino un sistema di ispezioni o altre misure di controllo adeguate per il tipo di stabilimento in questione. Tali ispezioni o misure di controllo, che sono effettuate indipendentemente dal ricevimento del rap-

porto di sicurezza o di altri rapporti, devono essere concepite in modo da consentire un esame pianificato e sistematico dei sistemi tecnici, organizzativi e di gestione applicati nello stabilimento in questione, per garantire, in particolare, che:
- il gestore possa comprovare di aver adottato misure adeguate, tenuto conto delle attività esercitate nello stabilimento, per prevenire qualsiasi incidente rilevante;
- il gestore possa comprovare di disporre dei mezzi sufficienti a limitare le conseguenze di incidenti rilevanti all'interno e all'esterno del sito;
- i dati e le informazioni contenuti nel rapporto di sicurezza o in un altro rapporto presentato descrivano fedelmente la situazione dello stabilimento;
- siano diffuse alla popolazione le informazioni di cui all'articolo 13, paragrafo 1.

2. Il sistema di ispezione di cui al paragrafo 1 è conforme alle seguenti disposizioni:
a) tutti gli stabilimenti sono sottoposti a un programma di ispezioni. A meno che l'autorità competente abbia stabilito un programma di ispezioni in base a una valutazione sistematica dei pericoli associati agli incidenti rilevanti in uno specifico stabilimento, il programma prevede un'ispezione in loco effettuata dall'autorità competente almeno ogni dodici mesi in ciascuno degli stabilimenti di cui all'articolo 9;
b) dopo ogni ispezione l'autorità competente redige una relazione;
c) se del caso, i risultati delle ispezioni condotte dall'autorità competente saranno valutati in cooperazione con la direzione dello stabilimento entro un periodo ragionevole dal momento dell'ispezione.

3. L'autorità competente può chiedere al gestore tutte le informazioni supplementari che le servono per effettuare un'adeguata valutazione della possibilità di incidenti rilevanti, per stabilire in che misura possano aumentare le probabilità e/o aggravarsi le conseguenze degli incidenti rilevanti, e per predisporre un piano di emergenza esterno e per tenere conto delle sostanze che, per lo stato fisico, le particolari condizioni o il luogo in cui si trovano, possono necessitare di particolare attenzione.

Articolo 19
Scambi di informazioni e sistema informativo

1. Gli Stati membri e la Commissione si scambiano informazioni sull'esperienza fatta in materia di prevenzione di incidenti rilevanti e di limitazione delle loro conseguente; in particolare, tali informazioni riguardano il funzionamento delle disposizioni previste nella presente direttiva.

2. La Commissione predispone e tiene a disposizione degli Stati membri uno schedario e un sistema informativo contenenti i dati sugli incidenti rilevanti verificatisi nel territorio degli Stati membri, allo scopo di:
a) provvedere ad una rapida comunicazione, a tutte le autorità competenti, delle informazioni fomite dagli Stati membri ai sensi dell'articolo 15, paragrafo l;
b) comunicare alle autorità competenti un'analisi delle cause degli incidenti rilevanti e gli insegnamenti tratti;
c) informare le autorità competenti in merito alle misure preventive adottate;
d) indicare le organizzazioni in grado di dare consigli o informazioni per quanto riguarda l'accadere di incidenti rilevanti, la loro prevenzione e la limitazione delle loro conseguenze.

Lo schedario e il sistema informativo contengono almeno:
a) le informazioni fornite dagli Stati membri ai sensi dell'articolo 15, paragrafo l;
b) l'analisi delle cause degli incidenti;
c) gli insegnamenti tratti dagli incidenti;
d) le misure preventive necessarie per evitare il ripetersi degli incidenti.

3. Fatto salvo l'articolo 20, lo schedario e il sistema informativo possono essere consultati dalle pubbliche amministrazioni degli Stati membri, dalle associazioni industriali o commerciali, dalle organizzazioni sindacali, dalle organizzazioni non governative che operano nel campo della tutela dell'ambiente e dalle altre organizzazioni internazionali o organismi di ricerca che lavorano nel settore.

4. Gli Stati membri presentano alla Commissione una relazione triennale secondo la procedura prevista dalla direttiva 91/692/CEE del Consiglio, del 23 dicembre 1991, per la standardizzazione e la razionalizzazione

delle relazioni relative all'attuazione di talune direttive concernenti l'ambiente[1] per gli stabilimenti contemplati dagli articoli 6 e 9. La Commissione pubblica ogni tre anni un sommario di tali informazioni.

Articolo 20
Riservatezza

1. Gli Stati membri provvedono affinché le autorità competenti mettano a disposizione di qualsiasi persona fisica o giuridica che ne faccia richiesta le informazioni ricevute in applicazione della presente direttiva.

Le informazioni ricevute dalle autorità competenti e dalla Commissione possono essere tenute riservate, sempreché le disposizioni nazionali lo prevedano, solo se riguardano:
- la riservatezza dei procedimenti delle autorità competenti e della Commissione;
- la riservatezza delle relazioni internazionali e della difesa nazionale;
- la pubblica sicurezza;
- il segreto istruttorio o di una procedura giudiziaria in corso;
- i segreti commerciali e industriali, anche attinenti alla proprietà intellettuale;
- la segretezza dei dati e/o degli schedari personali;
- dati forniti da un terzo se quest'ultimo chiede che rimangano riservati.

2. La presente direttiva non osta a che uno Stato membro concluda con paesi terzi accordi relativi, allo scambio di informazioni di cui dispongono a livello interno.

Articolo 21
Mandato del comitato

Le misure necessarie per adeguare i criteri di cui all'articolo 9, paragrafo 6, lettera b) e gli allegati da II a VI al progresso tecnico e per stabilire il modulo di cui all'articolo 15, paragrafo 2 sono adottate secondo la procedura di cui all'articolo 22.

[1] *GU n. L377 del 31.12.1991, pag. 48.*

Articolo 22
Comitato

La Commissione è assistita da un comitato composto dai rappresentanti degli Stati membri e presieduto dal rappresentante della Commissione.

Il rappresentante della Commissione sottopone al comitato un progetto delle misure da adottare. Il comitato formula il suo parere sul progetto entro un termine che il presidente può fissare in funzione dell'urgenza della questione in esame. Il parere è formulato alla maggioranza prevista dall'articolo 148, paragrafo 2 del trattato per l'adozione delle decisioni che il Consiglio deve prendere su proposta della Commissione. Nelle votazioni in senso al comitato, viene attribuita ai voti dei rappresentanti degli Stati membri la ponderazione definita all'articolo precitato. Il presidente non partecipa alla votazione.

La Commissione adotta le misure previste qualora siano conformi al parere del comitato.

Se le misure previste non sono conformi al parere del comitato, o in mancanza di parere, la Commissione sottopone senza indugio al Consiglio una proposta in merito alle misure da prendere. Il Consiglio delibera a maggioranza qualificata.

Se il Consiglio non ha deliberato entro il termine di tre mesi a decorrere dalla data in cui gli è stata sottoposta la proposta, la Commissione adotta le misure proposte.

Articolo 23
Abrogazione della direttiva 82/50l/CEE

1. La direttiva 82/501/CEE è abrogata ventiquattro mesi dopo l'entrata in vigore della presente direttiva.

2. Le notifiche, i piani d'emergenza e le informazioni al pubblico presentati o elaborati in virtù della direttiva 82/501/CEE rimangono in vigore fino al momento in cui siano sostituiti in virtù delle corrispondenti disposizioni della presente direttiva.

Articolo 24
Applicazione

1. Gli Stati membri mettono in vigore le disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative necessarie per conformarsi alla presente direttiva entro ventiquattro mesi dalla sua entrata in vigore. Essi ne informano immediatamente la Commissione.

Quando gli Stati membri adottano tali disposizioni, queste contengono un riferimento alla presente direttiva o sono corredate da un siffatto riferimento all'atto della pubblicazione ufficiale. Le modalità di utile riferimento sono decise dagli Stati membri.

2. Gli Stati membri comunicano alla Commissione il testo delle disposizioni essenziali di diritto interno da essi adottate nel settore disciplinato dalla presente direttiva.

Articolo 25
Entrata in vigore

La presente direttiva entra in vigore il ventesimo giorno successivo alla sua pubblicazione nella *Gazzetta ufficiale delle Comunità europee*.

Articolo 26

Gli Stati membri sono destinatari della presente direttiva.

Fatto a Bruxelles, addì 9 dicembre 1996.

Per il Consiglio
Il Presidente
B. HOWLIN

Elenco degli allegati

Allegato I
Applicazione della direttiva

Allegato II
Dati e informazioni minime che devono figurare nel rapporto sulla sicurezza di cui all'articolo 9

Allegato III
Principi previsti all'articolo 7 e informazioni di cui all'articolo 9, relativi al sistema di gestione e all'organizzazione dello stabilimento ai fini della prevenzione degli incidenti rilevanti

Allegato IV
Dati e informazioni che devono figurare nei piani di emergenza previsti dall'articolo 11

Allegato V
Informazioni da comunicare alla popolazione ai sensi dell'articolo 13, paragrafo 1

Allegato VI
Criteri per la notifica di un incidente alla Commissione prevista all'articolo 15, paragrafo 1

ALLEGATO I

APPLICAZIONE DELLA DIRETTIVA

INTRODUZIONE

1. Il presente allegato riguarda le sostanze pericolose che si trovano in tutti gli stabilimenti ai sensi dell'articolo 3 della presente direttiva e dà attuazione ai suoi articoli.

2. Le miscele e i preparati sono assimilati alle sostanze pure, purché rientrino nei limiti di concentrazione stabiliti in base alle loro proprietà nelle pertinenti direttive o negli ultimi adeguamenti al progresso tecnico di cui alla parte 2, nota 1, a meno che non sia specificata la composizione in percentuale o non sia fornita un'altra descrizione.

3. Le quantità limite indicate in appresso si intendono per ciascuno stabilimento.

4. Le quantità da prendere in considerazione ai fini dell'applicazione degli articoli sono le quantità massime che sono o possono essere presenti in qualsiasi momento. Ai fini del calcolo della quantità totale presente non vengono prese in considerazione le sostanze pericolose presenti in uno stabilimento unicamente in quantità uguale o inferiore al 2 % della quantità limite corrispondente se il luogo in cui si trovano all'interno dello stabilimento non può innescare un incidente rilevante in nessuna altra parte del sito.

5. Se del caso, si applicano le regole indicate nella parte 2, nota 4, che disciplinano la somma di sostanze pericolose o di categorie di sostanze pericolose.

PARTE 1
Sostanze specificate

Se una sostanza, o una categoria di sostanze, elencata nella parte 1 rientra anche in una categoria della parte 2, le quantità limite da prendere in considerazione sono quelle indicate nella parte 1.

Colonna 1	Colonna 2	Colonna 3
Sostanze pericolose	**Quantità limite (tonnellate) ai fini dell'applicazione**	
	degli articoli 6 e 7	**dell'articolo 9**
Nitrato di ammonio[1]	350	2500
Nitrato di ammonio[2]	1250	5000
Anidride arsenica, acido (V) arsenico e/o suoi sali	1	2
Anidride arseniosa, acido (III) arsenico o suoi sali	-	0,1
Bromo	20	100
Cloro	10	25
Composti del nichel in forma polverulenta inalabile (monossido di nichel, biossido di nichel, solfuro di nichel, bisolfuro di trinichel, triossido di dinichel)	-	1
Etilenimina	10	20
Fluoro	10	20
Formaldeide (concentrazione ≥ 90 %)	5	50
Idrogeno	5	50
Acido cloridrico (gas liquefatto)	25	250
Alchili di piombo	5	50
Gas liquefatti estremamente infiammabili e gas naturale	50	200
Acetilene	5	50
Ossido di etilene	5	50
Ossido di propilene	5	50
Metanolo	500	5000

(segue)

Colonna 1	Colonna 2	Colonna 3
Sostanze pericolose	**Quantità limite (tonnellate) ai fini dell'applicazione**	
	degli articoli 6 e 7	**dell'articolo 9**
4,4-metilen-bis-(2-cloroanilina) e/o suoi sali, in forma polverulenta	-	0,01
Isocianato di metile	-	0,15
Ossigeno	200	2000
Diisocianato di toluene	10	100
Cloruro di carbonile (fosgene)	0,3	0,75
Triidruro di arsenico (arsina)	0,2	1
Triidruro di fosforo (fosfina)	0,2	1
Dicloruro di zolfo	1	1
Triossido di zolfo	15	75
Poli-cloro-dibenzo furani e poli-cloro-dibenzodiossine (compresa la TCDD), espressi come TCDD equivalente[3]	-	0,001
Le seguenti sostanze CANCEROGENE: 4-amminobifenilc e/o suoi sali, benzidina e suoi sali, ossido di bis (clorometile), ossido di clorometile e di metile, cloruro di dimenticarbamoile, dimetilnitrosammina, triammide esametilfosforica, 2-naftilammina e/o suoi sali, 1,3-propansultonc e 4-nitrodifenile	0,001	0,001
Benzina per autoveicoli e altre essenze minerali	5000	50000

Note

1. Nitrato di ammonio (350/2500)
Include sia il nitrato di ammonio e le miscele contenenti nitrato di ammonio, il cui tenore di azoto derivato dal nitrato di ammonio è superiore al 28 % in peso (diversi da quelli di cui alla nota 2, sia le soluzioni acquose di nitrato di ammonio in cui la concentrazione di nitrato di ammonio è superiore al 90% in peso.

2. Nitrato di ammonio (1250/5000)
Si applica ai fertilizzanti semplici a base di nitrato di ammonio conformi

alla direttiva 80/876/CEE e ai fertilizzanti composti il cui tenore di azoto derivato dal nitrato di ammonio è superiore al 28 % in peso (un fertilizzante composto contiene nitrato di ammonio combinato con fosfato e/o potassio).

3. Poli-cloro-dibenzofurani e poli-cloro-dibenzodiossine
Le quantità di poli-cloro-dibenzofurani e poli-cloro-dibenzodiossine si calcolano con i seguenti fattori di ponderazione:

International Toxic Equivalent Factors (ITEF) to the congeners of concern (NATO/CCMS)			
2,3,7,8-TCDD	1	2,3,7,8-TCDF	0,1
1,2,3,7,8-PeDD	0,5	2,3,4,7,8-PeCDF	0,5
		1,2,3,7,8,-PeCDF	0,05
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,1		
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1	1,2,3,4,7,8-HxCDF	0,1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0,1	1,2,3,7,8,9-HxCDF	0,1
		1,2,3,6,7,8-HxCDF	0,1
1,2,3,4,6,7,8,-HpCDD	0,01	2,3,4,6,7,8-HxCDF	0,1
OCDD	0,001	1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0,01
		1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0,01
		OCDF	0,001
(T=tetra, P=penta, Hx=hexa, Hp=hepta, O=octa)			

PARTE 2
Categorie di sostanze e preparati non indicati in modo specifico nella parte 1

Colonna 1	Colonna 2	Colonna 3
Sostanze pericolose	**Quantità limite (tonnellate) della sostanza pericolosa ai sensi dell'art. 3, par. 4 ai fini dell'applicazione**	
	degli artt. 6 e 7	**dell'articolo 9**
1. Molto tossiche	5	20
2. Tossiche	50	200
3. Comburenti	50	200
4. Esplosive [sostanze o preparati che rientrano nella definizione di cui alla nota 2a)]	50	200
5. Esplosive [sostanze o preparati che rientrano nella definizione di cui alla nota 2b)]	10	50
6. Infiammabili [sostanze o preparati che rientrano nella definizione di cui alla nota 3a)]	5000	50.000
7a. Facilmente infiammabili [sostanze o preparati che rientrano nella definizione di cui alla nota 3b)1]	50	200
7b. Liquidi facilmente infiammabili [sostanze o preparati che rientrano nella definizione di cui alla nota 3b)2]	5000	50.000
8. Estremamente infiammabili [sostanze o preparati che rientrano nella definizione di cui alla nota 3c)]	10	50
9. Sostanze pericolose per l'ambiente in combinazione con le seguenti frasi che descrivono il rischio: I) R50: "Molto tossico per gli organismi acquatici" II) R51: "Tossico per gli organismi acquatici" e R53: "può causare effetti negativi a lungo termine nell'ambiente acquatico	200 500	500 2000

(segue)

Colonna 1	Colonna 2	Colonna 3
Sostanze pericolose	**Quantità limite (tonnellate) della sostanza pericolosa ai sensi dell'art. 3, par. 4 ai fini dell'applicazione**	
	degli artt. 6 e 7	**dell'articolo 9**
10. Altre categorie che non rientrano in quelle precedenti, in combinazione con le seguenti frasi che descrivono il rischio:		
I) R14: "Reagisce violentemente a contatto con l'acqua"	100	500
II) R29: "libera gas tossici a contatto con l'acqua"	50	200

Note

1. Le sostanze e i preparati sono classificati in base alle seguenti direttive e modifiche e al loro attuale adeguamento al progresso tecnico:
- direttiva 67/548/CEE del Consiglio, del 27 giugno 1967, concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative relative alla classificazione, all'imballaggio e all'architettura delle sostanze pericolose[1];
- direttiva 88/379/CEE del Consiglio del 7 giugno 1988, per il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative degli Stati membri relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura delle sostanze pericolose[2];
- direttiva 78/631/CEE del Consiglio del 26 giugno 1978 concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative degli Stati membri relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura dei preparati pericolosi (antiparassitari)[3].

Per quanto riguarda le sostanze o i preparati che non sono classificati come pericolosi ai sensi di una delle suddette direttive, ma che si trovano o possono trovarsi in uno stabilimento e che presentano o possono presentare, nelle condizioni esistenti in detto stabilimento, proprietà analoghe per quanto riguarda la possibilità di incidenti rilevanti. Si seguono le procedure di classificazione provvisoria conformemente all'articolo che disciplina la materia nella corrispondente direttiva.

[1] *GU n. 196 del 16.8.1967, pag.1. Direttiva modificata da ultimo dalla direttiva 93/105/CE (GU n. L 294 del 30.11.1993, pag. 21).*

[2] *GU n. L 187 del 16.7.1988, pag. 14.*

[3] *GU n. L 206 del 29.7.1978, pag. 13. Direttiva modificata da ultimo dalla direttiva 92/32/CEE (GU n. L 154 del 5.6.1992, pag.1).*

Per quanto riguarda le sostanze e i preparati che, a causa delle loro proprietà, rientrano in più categorie, ai fini della presente direttiva si applicano i valori limite più bassi.
Ai fini della presente direttiva viene compilato, aggiornato e approvato, applicando la procedura di cui all'articolo 22, un elenco contenente informazioni sulle sostanze e sui preparati.

2. Per "esplosivo" si intende:
a) I) una sostanza o un preparato che crea un pericolo di esplosione per effetto di urto, attrito, fiamma o altre fonti di ignizione, frase che descrive il rischio R 2);
II) sostanza pirotecnica: una sostanza (o una miscela di sostanze) destinata a produrre un effetto calorifico, luminoso, sonoro, gassoso o fumogeno o una combinazione di tali effetti grazie a reazioni chimiche esotermiche automantenute non detonanti; o
III) una sostanza o preparato esplosivo o pirotecnico contenuto in oggetti;
b) una sostanza o un preparato che crea un pericolo gravissimo di esplosione per effetto di urto, attrito, fiamma o altre fonti di ignizione, frase che descrive il rischio R 3).

3. Riguardo alle sostanze infiammabili, facilmente infiammabili ed estremamente infiammabili (categorie 6, 7 e 8) si intende per:
a) liquidi infiammabili,
le sostanze e i preparati che hanno un punto di infiammabilità uguale o superiore a 21°C e inferiore o uguale a 55°C (frase che descrive il rischio R 10) e che sopportano la combustione;
b) liquidi facilmente infiammabili,
1) - le sostanze e i preparati che possono riscaldarsi fino ad incendiarsi a contatto con l'aria a temperatura ambiente senza alcun supporto di energia (frase che descrive il rischio R 17);
- le sostanze che hanno un punto di infiammabilità inferiore a 55°C e che sotto pressione rimangono allo stato liquido, qualora particolari condizioni di utilizzazione, come la forte pressione e l'elevata temperatura, possano comportare il pericolo di incidenti rilevanti;
2) sostanze e preparati il cui punto di infiammabilità è inferiore a 21°C, ma che non sono estremamente infiammabili (frase che descrive il rischio R 11, secondo trattino);
c) gas e liquidi estremamente infiammabili,
1) le sostanze e i preparati liquidi che hanno un punto di infiammabilità inferiore a 0°C e un punto di ebollizione (o un punto iniziale di ebollizione, in caso di intervallo di ebollizione), a pressione normale, inferiore o uguale a 35°C (frase che descrive il rischio R 12, primo trattino), e
2) le sostanze e i preparati gassosi che sono infiammabili a contatto dell'aria a temperatura ambiente e a pressione normale (frase che descrive il rischio R12, secondo trattino), anche se mantenuti allo stato gassoso o liquido sotto pressione, esclusi i gas estremamente infiammabili liquefat-

ti (compreso il GPL) e il gas naturale di cui alla parte 1, e
3) le sostanze e i preparati liquidi mantenuti ad una temperatura superiore al loro punto di ebollizione.

4. La somma delle sostanze pericolose che si deve calcolare per determinare la quantità presente nello stabilimento si ottiene applicando la regola seguente.
se la somma ottenuta con la formula

$q_1/Q + q_2/Q + q_3Q + q_4/Q + q_5/Q + ...>1,$

dove q_x è la quantità di sostanze pericolose x (o di sostanze della stessa categoria) presente, compresa nella parte 1 o nella parte 2 del presente allegato, Q è la quantità limite corrispondente indicata nella parte 1 o nella parte 2, lo stabilimento considerato e soggetto alle disposizioni della presente direttiva.

Detta regola applica:
a) per le sostanze e i preparati della parte 1 presenti, in quantità inferiore alla quantità limite, insieme alle sostanze della parte 2 che appartengono alla stessa categoria, e per sommare le sostanze e i preparati della parte 2 che appartengono alla stessa categoria;
b) per sommare le categorie 1, 2 e 9 presenti contemporaneamente in uno stabilimento;
c) per sommare le categorie 3, 4, 5, 6, 7a, 7b e 8 presenti contemporaneamente in uno stabilimento.

ALLEGATO II

DATI E INFORMAZIONI MINIME CHE DEVONO FIGURARE NEL RAPPORTO DI SICUREZZA DI CUI ALL'ARTICOLO 9

I. **Informazioni sul sistema di gestione e sull'organizzazione dello stabilimento in relazione alla prevenzione degli incidenti rilevanti**
Queste informazioni devono tener conto degli elementi di cui all'allegato III.

II. **Descrizione dell'ambiente circostante lo stabilimento**
A. Descrizione del sito e del relativo ambiente, in particolare posizione geografica, dati meteorologici, geologici, idrografici e se del caso, la sua storia.
B. Identificazione degli impianti e di altre attività dello stabilimento che potrebbero presentare un rischio di incidente rilevante.
C. Descrizione delle zone in cui può verificarsi un incidente rilevante.

III. **Descrizione dell'impianto**
A. Descrizione delle principali attività e produzioni delle parti dello·stabilimento importanti dal punto di vista della sicurezza, delle fonti di rischio di incidenti rilevanti e delle condizioni in cui tale incidente rilevante potrebbe prodursi, corredata di una descrizione delle misure preventive previste.
B. Descrizione dei processi, in particolare delle modalità operative.
C. Descrizione delle sostanze pericolose:
1) l'inventario delle sostanze pericolose, che include:
- identificazione delle sostanze pericolose: denominazione chimica, numero CAS, denominazione secondo la nomenclatura dell'IUPAC;
- quantità massima di sostanze pericolose effettivamente presente o possibile;
2) caratteristiche fisiche, chimiche, tossicologiche e indicazione dei pericoli, sia immediati che differiti, per l'uomo o l'ambiente;
3) proprietà fisiche o chimiche in condizioni normali di utilizzo o in condizioni anomale prevedibili.

IV. **Identificazione e analisi dei rischi di incidenti e metodi di prevenzione**
A. Descrizione dettagliata dei possibili sviluppi di eventuali incidenti rilevanti e delle loro probabilità o delle condizioni in cui possono prodursi, corredata di una sintesi degli eventi che possono svolgere un ruolo nel determinare tali sviluppi, con cause interne o esterne all'impianto.
B. Valutazione dell'ampiezza e della gravità delle conseguenze degli incidenti rilevanti identificati.
C. Descrizione dei parametri tecnici e delle attrezzature utilizzate per garantire la sicurezza degli impianti.

V. **Misure di protezione e di intervento per limitare le conseguenze di un incidente**
A. Descrizione dei dispositivi installati per limitare le conseguenze di un incidente rilevante.
B. Organizzazione della procedura di allarme e di intervento.
C. Descrizione dei mezzi, interni o esterni, che possono essere mobilitati.
D. Sintesi degli elementi di cui alle lettere A, B e C necessari per l'elaborazione del piano di emergenza interno previsto all'articolo 11.

ALLEGATO III

PRINCÍPI PREVISTI ALL'ARTICOLO 7 E INFORMAZIONI DI CUI ALL'ARTICOLO 9, RELATIVI AL SISTEMA DI GESTIONE E ALL'ORGANIZZAZIONE DELLO STABILIMENTO AI FINI DELLA PREVENZIONE DEGLI INCIDENTI RILEVANTI

Ai fini dell'attuazione della politica di prevenzione degli incidenti rilevanti e del sistema di gestione della sicurezza elaborati dal gestore si tiene conto dei seguenti elementi. Le disposizioni enunciate nel documento di cui all'articolo 7 dovrebbero essere proporzionate ai pericoli di incidenti rilevanti presentati dallo stabilimento.

a) La politica di prevenzione degli incidenti rilevanti dovrà essere definita per iscritto e includere gli obiettivi generali e i principi di intervento del gestore in merito al rispetto del controllo dei pericoli di incidenti rilevanti;
b) il sistema di gestione della sicurezza dovrà integrare la parte del sistema di gestione generale che comprende struttura organizzativa, responsabilità, prassi, procedure, procedimenti e risorse per la determinazione e l'attuazione della politica di prevenzione degli incidenti rilevanti;
c) il sistema di gestione della sicurezza si fa carico delle seguenti gestioni:

I) organizzazione e personale ruoli e responsabilità del personale addetto alla gestione della sicurezza ad ogni livello dell'organizzazione. Identificazione delle necessità in materia di formazione del personale e relativa·attuazione. Coinvolgimento dei dipendenti e, se del caso, dei subappaltatori;

II) identificazione e valutazione dei pericoli rilevanti: adozione e applicazione di procedure per l'identificazione sistematica dei pericoli rilevanti derivanti dall'attività normale o anomala e valutazione della relativa probabilità e gravità;

III) controllo operativo: adozione e applicazione di procedure e istruzioni per l'esercizio in condizioni di sicurezza, inclusa la manutenzione dell'impianto, dei processi, delle apparecchiature e le fermate temporanee;

IV) gestione delle modifiche: adozione e applicazione di procedure per la programmazione di modifiche da apportare agli impianti o depositi esistenti o per la progettazione di nuovi impianti, processi o depositi;
V) pianificazione di emergenza: adozione e applicazione di procedure per identificare le emergenze prevedibili tramite l'analisi sistematica e per preparare, provare e riesaminare i piani di emergenza in modo da far fronte a tali emergenze;
VI) controllo delle prestazioni: adozione e applicazione di procedure per la valutazione costante dell'osservanza degli obiettivi fissati politica di prevenzione degli incidenti rilevanti e dal sistema di gestione della sicurezza adottati dal gestore e per la sorveglianza e l'adozione di azioni correttive in caso di inosservanza. Le procedure dovranno inglobare il sistema di notifica del gestore in caso di incidenti rilevanti verificatisi o di quelli evitati per poco, soprattutto se dovuti a carenze delle misure di protezione, la loro analisi e azioni conseguenti intraprese sulla base dell'esperienza acquisita;
VII) controllo e revisione: adozione e applicazione di procedure relative alla valutazione periodica sistematica della politica di prevenzione degli incidenti rilevanti e all'efficacia e all'adeguatezza del sistema di gestione della sicurezza. Revisione documentata, e relativo aggiornamento, dell'efficacia della politica in questione e del sistema di gestione della sicurezza da parte della direzione.

ALLEGATO I V

DATI E INFORMAZIONI CHE DEVONO FIGURARE NEI PIANI Dl EMERGENZA PREVISTI DALL'ARTICOLO 11

1. **Piani di emergenza interni**
a) Nome o funzione delle persone autorizzate ad attivare le procedure di emergenza e della persona responsabile dell'applicazione e del coordinamento delle misure di intervento all'interno del sito.
b) Nome o funzione della persona incaricata del collegamento con l'autorità responsabile del piano di emergenza esterno.
c) Per situazioni o eventi prevedibili che potrebbero avere un ruolo determinante nel causare un incidente rilevante, descrizione delle misure da adottare per far fronte a tali situazioni o eventi e per limitarne le conseguenze; la descrizione deve comprendere le apparecchiature di sicurezza e le risorse disponibili.
d) Misure atte a limitare i pericoli per le persone presenti nel sito, compresi sistemi di allarme e le norme di comportamento che le persone devono osservare al momento dell'allarme.
e) Disposizioni per avvisare tempestivamente in caso di incidente, l'autorità incaricata di attivare il piano di emergenza esterno; tipo di informazione da fornire immediatamente e misure per la comunicazione di informazioni più dettagliate appena disponibili.
f) Disposizioni adottate per formare il personale ai compiti che sarà chiamato a svolgere e, se del caso, coordinamento di tale azione con i servizi di emergenza esterni.
g) Disposizioni per coadiuvare l'esecuzione delle misure di intervento adottate all'esterno del sito.

2. Piani di emergenza esterni
a) Nome o funzione delle persone autorizzate ad attivare le procedure di emergenza e delle persone autorizzate a dirigere e coordinare le misure di intervento adottate all'esterno del sito.
b) Disposizioni adottate per essere informati tempestivamente degli eventuali incidenti; modalità di allarme e richiesta di soccorsi.

c) Misure di coordinamento delle risorse necessarie per l'attuazione del piano di emergenza esterno.
d) Disposizioni adottate per fornire assistenza con le misure di intervento adottate all'interno del sito.
e) Misure di intervento da adottare all'esterno del sito.
f) Disposizioni adottate per fornire alla popolazione informazioni specifiche relative all'incidente e al comportamento da adottare.
g) Disposizioni intese a garantire che siano informati i servizi di emergenza di altri Stati membri in caso di incidenti rilevanti che potrebbero avere conseguenze al di là delle frontiere.

ALLEGATO V

INFORMAZIONI DA COMUNICARE ALLA POPOLAZIONE AI SENSI DELL'ARTICOLO 13 PARAGRAFO 1

1. Nome del gestore e indirizzo dello stabilimento.

2. Funzione della persona che fornisce le informazioni.

3. Conferma che lo stabilimento è soggetto alle disposizioni regolamentari e/o amministrative di attuazione della presente direttiva e che la notifica di cui all'articolo 6, paragrafo 3, o il rapporto di sicurezza di cui all'articolo 9, paragrafo 1, è stato presentato all'autorità competente.

4. Spiegazione, in termini semplici, della o delle attività svolte nello stabilimento.

5. Denominazione comune o, nel caso di sostanze pericolose comprese nella parte 2 dell'allegato I, denominazione generica o categoria generale di pericolo delle sostanze e dei preparati presenti nello stabilimento che potrebbero dare luogo a un incidente rilevante con indicazione delle principali caratteristiche pericolose.

6. Informazioni generali relative alla natura del pericolo di incidenti rilevanti in particolare dei loro potenziali effetti sulla popolazione e sull'ambiente.

7. Informazioni adeguate sulle modalità di allarme e di aggiornamento dell'informazione alla popolazione in caso di incidente rilevante.

8. Informazioni adeguate sulle misure che la popolazione interessata deve adottare e sulle norme di comportamento che deve osservare in caso di incidente rilevante.

9. Conferma che il gestore è tenuto a prendere opportune misu-

re in loco e a mettersi in contatto con i servizi di emergenza per far fronte agli incidenti rilevanti e a ridurne al minimo gli effetti.

10. Riferimento al piano di emergenza esterno predisposto per far fronte a tutti gli effetti di un incidente all'esterno dello stabilimento, accompagnato dall'invito a seguire le istruzioni o le raccomandazioni date dai servizi di emergenza al momento dell'incidente.

11. Particolari sulle modalità per ottenere tutte le informazioni richieste, fatte salve le disposizioni in materia di riservatezza previste dalla legislazione nazionale.

ALLEGATO VI

CRITERI PER LA NOTIFICA DI UN INCIDENTE ALLA COMMISSIONE PREVISTA ALL'ARTICOLO 15, PARAGRAFO 1

I. Ogni incidente di cui al punto 1 o avente almeno una delle conseguenze descritte ai punti 2, 3, 4 e 5 deve essere notificato alla Commissione.

1. Sostanze in causa

Ogni incendio o esplosione o emissione accidentale di sostanza pericolosa implicante un quantitativo almeno pari al 5 % della quantità limite prevista alla colonna 3 dell'allegato 1.

2. Conseguenze per le persone o i beni

Un incidente, connesso direttamente con una sostanza pericolosa che determini uno dei seguenti eventi:

- un morto;
- sei persone ferite all'interno dello stabilimento e ricoverate in ospedale per almeno 24 ore;
- una persona situata all'esterno dello stabilimento ricoverata in ospedale per almeno 24 ore;
- abitazione/i all'esterno dello stabilimento, danneggiata/e inagibile/i a causa dell'incidente;
- l'evacuazione o il confinamento di persone per oltre 2 ore (persone moltiplicate per le ore): il risultato è almeno pari a 500;
- l'interruzione dei servizi di acqua potabile, elettricità, gas, telefono, per oltre 2 ore (persone moltiplicate per le ore): il risultato è almeno pari a 1000.

3. Conseguenze immediate per l'ambiente

Danni permanenti o a lungo termine causati agli habitat terrestri

- 0,5 ha o più di un habitat importante dal punto di vista dell'ambiente o della conservazione e protetto dalla legislazione;
- 10 ha o più di un habitat più esteso, compresi i terreni agricoli;

Danni rilevanti o a lungo termine causati a habitat di acqua superficiale o marini[1]

- 10 km o più di un fiume o canale;
- 1 ha o più di un lago o stagno;
- 2 ha o più di un delta;

- 2 ha o più di una zona costiera o di mare;

Danni rilevanti causati a una falda acquifera o ad acque sotterranee[1]

- 1 ha o più.

4. Danni materiali

- danni materiali nello stabilimento: a partire da 2 milioni di ECU;
- danni materiali all'esterno dello stabilimento: a partire da 0,5 milioni di ECU.

5. Danni transfrontalieri

Ogni incidente connesso direttamente con una sostanza pericolosa che determini effetti all'esterno del territorio dello Stato membro interessato.

II. Dovrebbero essere notificati alla Commissione gli incidenti e i "quasi" incidenti che, a parere degli Stati membri, presentano un interesse tecnico particolare per la prevenzione degli incidenti rilevanti e per la limitazione delle loro conseguenze ma che non rispondono ai criteri quantitativi soprammenzionati.

[1] *Se del caso, si potrà fare riferimento, per valutare un danno alle direttive 75/440/CEE, 76/464/CEE e alle direttive adottate per la loro applicazione rispetto a determinate sostanze, ossia le direttive 76/160/CEE, 78/659/CEE, 79/923/CEE, oppure la concentrazione letale* CL_{50} *per le specie rappresentative dell'ambiente pregiudicato come definite dalla direttiva 92/ 32/CEE per il criterio "pericolose per l'ambiente".*

Appendice II

Iniziative Giovani Seveso

Nel 1997 la Fondazione ha dato il via al nuovo progetto *Iniziative Giovani Seveso* rivolto ai ragazzi residenti nei territori colpiti dall'incidente dell'ICMESA (in particolare le zone A e B e cioè i comuni di Seveso, Cesano Maderno, Desio e Meda, patrocinatori dell'iniziativa).

Nell'ambito del programma formativo la Fondazione ha voluto promuovere questa nuova iniziativa che ha lo scopo principale di avvicinare i giovani allo studio delle tematiche ambientali e di sensibilizzare una nuova generazione alla salvaguardia dell'ambiente. Da queste considerazioni sono nati due bandi di concorso rivolti rispettivamente ai diplomati che si accingono a scegliere un corso di laurea di carattere ambientale, e ai giovani delle scuole medie inferiori e superiori per premiarne creatività e intraprendenza.

Per quanto riguarda le **medie inferiori e superiori**, le sezioni per le quali le singole classi si possono candidare sono: fiabe, racconti e cronache; design e grafica di comunicazione; fotografia; documentari.

Per ciascun grado scolastico (medie inferiori; medie superiori) sono riservati quattro premi (uno per ognuna delle sezioni indicate, per un totale di otto premi) del valore di lire tre milioni ciascuno. Ecco in dettaglio le regole da seguire:

Fiabe, racconti e cronache
Ogni fiaba o racconto o cronaca, in tre copie, non dovrà superare le cinque cartelle dattiloscritte (30 righe per 60 battute a cartella) e potrà essere anche illustrato.

Design e Grafica di comunicazione
Sono ammessi oggetti di produzione industriale o artigianale e progetti grafici finalizzati alla comunicazione (manifesti pubblicitari e non, logotipi e qualsiasi altra applicazione grafica) editi o originali finiti a esclusione di opere di illustrazione che sono oggetto di apposita sezione. Possono essere presentati un massimo di 4 lavori per soggetto partecipante. Ogni lavoro sarà presentato attraverso una documentazione fotografica a colori e relativa scheda tecnica ed eventuali esecutivi, eventuale corredo di disegni e relazione tecnica.

Fotografia
Sono ammessi lavori con unità di stile o soggetto, recenti, inediti. Può essere presentato un numero massimo di 10 immagini per ciascun soggetto partecipante. Dovrà essere presentata una riproduzione fotogra-

fica in b/n o colore nei formati 13x18, o 18x24, o 24x30 o 30x40 completa di eventuale titolo e relativa scheda tecnica.

Documentari
Sono ammessi lavori con unità di stile o soggetto, recenti, inediti. La durata del video VHS non dovrà superare i 10 minuti.

Il secondo bando, invece, è riservato ai cittadini italiani residenti nei comuni di Seveso, Cesano Maderno, Desio e Meda, in possesso di diploma di scuola media superiore e iscritti al **corso di laurea** in Scienze Ambientali o ad altri corsi di laurea delle Facoltà di Ingegneria, Scienze Matematiche, Fisiche e Naturali o Agraria, il cui piano di studi sia a carattere ambientale.

L'importo complessivo di ciascuna borsa è di cinque milioni per i corsi di laurea di durata quadriennale e di sei per quelli di durata quinquennale ed è finalizzato a contribuire alle spese di iscrizione per tutti gli anni legali del corso di laurea. L'ammontare viene erogato in rate annuali di un milione di lire ciascuna, previo superamento di almeno la metà degli esami previsti per l'anno accademico precedente e di tutti gli esami curricolari degli anni precedenti. L'ultima rata, di due milioni di lire, viene versata al conseguimento della laurea.

Bibliografia

AA.VV., (1977), *10 luglio 1976 - Seveso il dramma della diossina,* in 9 volumi, Milano, a cura del servizio stampa e documentazione della Regione Lombardia.

AA.VV., (1979), *Disastro Icmesa, scienza, pubblica amministrazione e popolazione di fronte alla tragedia tecnologica,* Franco Angeli Editore, Milano.

AA.VV., (1983), *Il ripristino ambientale per cave e miniere,* a cura del servizio stampa e documentazione della Regione Lombardia, Milano.

AA.VV., (1984), La risposta tecnologica agli inquinanti chimici. Esperienze internazionali con le diossine e i composti policlorurati: confronti e collaborazioni. *Atti del convegno,* Milano.

AA.VV., (1985), *Seveso, Cesano Maderno e Desio, il futuro nella tradizione e nella attualità,* Ed. GR, Besana Brianza.

AA.VV., (1989), *Verde pubblico.* Reda, Roma.

AA.VV., (1994), *Dioxin and its analogues.* Académie des Sciences CADAS, Institut de France - Joint Report n. 4, Parigi.

AA.VV., (1997), *Annuario Regionale dell'Ambiente-Lombardia 1997.* Editoriale Giorgio Mondadori, Milano.

AA.VV., (1997), *Official Journal of the European Communities* **40**, 14 gennaio 1997.

Agostoni F., Marinoni C. M., (1988), *Manuale di progettazione di spazi verdi.* Zanichelli, Bologna.

Agostoni F., Marinoni C. M., (1993), *Manuale di gestione di spazi verdi.* Zanichelli, Bologna.

Barnes R.F., Tapper S.C., Williams J.,

(1983), Use of pastures by Brown hares. *J. Appl. Ecol.* **20**, 179-185.

Barozzi J., (1992), *Guide des 400 jardins publics de Paris.* Editions Hervas, Parigi.

Barzilay M. & Co., (1984), *L'invention du parc: Parc de la Villette,* concours international. Graphite Editions, Parigi.

Bedi K.S., Goldstein D.J., (1976), Apparent anomalies in nuclear Feulgen-DNA content. Role of systematic microdensitometric errors. *J. Cell. Biol.* **71**, 6.

Belgiojoso A.B., a cura di, (1988), *Milano qualità della città e progettazione urbana.* Mazzotta, Milano.

Belgiojoso A.B., Grandi A., Rodella D., Tosi A., (1991), *Piazza del Duomo a Milano. Storia, problemi, progetti.* Mazzotta, Milano.

Benfenati E., Valzacchi S., Mariani G., Airoldi L., Fanelli R., (1992), *Chemosphere* **24**, 1447-1553.

Benfenati E., Mariani G., Schiavon G., Lodi M., Fanelli R., (1994), *Fresenius J. Anal. Chem.* **348**, 141-143.

Berlincioni M., di Domenico A., (1987), *Environ. Sci. Technol.* **21**, 1063-1069.

Bertazzi P.A., (1989), Industrial disasters and epidemiology. A review of recent experiences. *Scand. J. Work. Environ. Health* **15**, 85-100.

Bertazzi P.A., Zocchetti C., Pesatori A.C., Guercilena S., Sanarico M., Radice L., (1989), Ten-year mortality study of the population involved in the Seveso accident in 1976. *Am. J. Epidemiol.*, **129**, 1187-200.

Bertazzi P.A., (1991), Long term effects of chemical disasters. Lessons and results from Seveso. *Sci. Total Environ.* **106**, 5-20.

Bertazzi P.A., Pesatori A.C., Zocchetti C., (1992), The Seveso accident. In: *Geographical and environmental epidemiology: methods for small area studies.* Elliott P., Kuzick J., English D., Stern R., editors. Oxford University Press, New York, 342-58.

Bertazzi P.A., Zocchetti C., Pesatori A.C., Guercilena S., Consonni D., Tironi A., Landi M.T., (1992), Mortality of a young population after accidental exposure to 2,3,7,8 tetrachlorodibenzodioxin. *Int. J. Epidemiol.* **21**, 118-123.

Bertazzi P.A., Pesatori A.C., Consonni D., Tironi A., Landi M.T., Zocchetti C., (1993), Cancer incidence in a population accidentally exposed to 2,3,7,8 tetrachlorodibenzo-*para*-dioxin. *Epidemiology* **4**, 398-406.

Bertazzi P.A., di Domenico A., (1994), Chemical, Environmental and Health Aspects of the Seveso, Italy, Accident. In: *Dioxins and Health.* Schecter A., editor, Plenum Press, New York, 586-632.

Bertazzi P.A., Pesatori A.C., Zocchetti C., (1996), Epidemiology of long-term health effects: a review and recent results, *Atti del convegno "Chimica, Uomo e Ambiente"*, Milano (in pubblicazione).

Boriani L., (1987), *Progettare le aree verdi.* Clueb, Bologna.

Broman D., Näf C., Zebühr Y., (1991), *Environ. Sci. Technol.* **11**, 1841-1850.

Brookes J., (1992), *Il grande libro del giardino.* Mondadori, Milano.

Bryan J.H.D., (1970), An eosin-fast green-naphthol yellow mixture for differential staining of cytological components in mammalian spermatozoa. *Stain Technology* **45**, 231-6.

Burnham K.P., Anderson D.R., Laake J.L., (1980), Estimation of density from line transect sampling of biological populations. *Wildl. Monogr.* **72**.

Carere A., Mohn, G.R., Parry J.M., Sors A.I., Nolan C.V., editors, (1995), *Methods and testing strategies for evaluating the genotoxic properties of chemicals. EUR 15945 EN* Report of the European Commission.

Cash G.G., Breen J.J., (1992), *Chemosphere* **24**, 1607-1623.

Chiusoli A., (1980), *Il giardino nella natura.* Edagricole, Bologna.

Chiusoli A., (1983), *Progettazione di giardini.* Edagricole, Bologna.

Chiusoli A., (1993), Il bosco urbano, *Il Giardino Fiorito* **1/2**. Elemond, Milano.

Christmann W., Klöppel K.D., Partscht H., Rotard W., (1989), *Chemosphere* **19**, 521-526.

Clark G.C., McCoy Z., Landi M.T., Bertazzi P.A., Mocarelli P., Brambilla P., Caporaso N., Needham L., Patterson D.G., and Lucier G.W., (1994), Molecular Epidemiology Study in Seveso: Ah Receptor and CYP1A1-Dependent Enzymatic Activity in Individuals from Dioxin Exposed and Control Areas. *Organohalogen Compounds* **21**. Fiedler H., Hutzinger O., Birnbaum L., Lambert G., Needham L., Safe S., editors. Kyoto University, Kyoto, Japan, 87-91.

Clark H.F., (1980), *The English Landscape Garden.* Londra.

Clement R.E., (1991), *Anal. Chem.* **63**, 1130A-1137A.

Coats P., (1963), *Grandi giardini del mondo.* Mondadori, Milano.

Conti L., (1977), *Visto da Seveso, l'evento straordinario e l'ordinaria amministrazione.* Feltrinelli, Milano.

Creaser C.S., Fernandes A. R., Al-Haddad A., Harrad S.J., Homer R. B., Skett P.W., Cox E.A., (1989), *Chemosphere* **18**, 767-776.

Cristaldi M., D'Arcangelo E., Ieradi L.A., Mascanzoni D., Mattei T., van Axel Castelli I., (1990), Cs determination and mutagenicity tests in wild *Mus musculus domesticus* before and after the Chernobyl accident. *Environmental Pollution* **64**, 1-9.

Czuczwa J.M., McVeety B.D., Hites R.A., (1984), *Science* **226**, 567-569.

Del Boca D., Oneto G., (1990), *Analisi paesaggistica.* Pirola, Milano.

Di Domenico A., (1990), Guidelines for the Definition of Environmental Alert Thresholds for Polychlorodibenzodioxins and Polychlorodibenzofurans. *Regul. Toxicol. Pharmacol.* **11**.

Di Domenico A., Ferri F., Fulgenzi A. R., Iacovella N., La Rocca C., Miniero R., Rodriguez F., Scotto di Tella E., Silvestri S., Tafani P., Turrio Baldassarri L., Volpi F., (1993), *Chemosphere* **27**, 83-90.

Di Domenico A., Radwan A.E., (1991), Management of Accidents Working Group, in *NATO - Challenges of Modern Society Vol 16. Bretthauer, E.W., Kraus, H.W., Di Domenico, A. (eds.): Dioxin Perspectives. APilot Study on International Information Exchange on Dioxins and Related Compounds.* Plenum Press, New York, Londra.

Dinetti M., Ascani P., (1985), Relazioni ecologiche tra vegetazione e avifauna nei Parchi di Livorno (Italia). *Quad. Mus. Stor. Nat. Livorno* **6**, 97-118.

EDITORIAL, (1976), Toxic cloud over Seveso. *Nature* **262**, 636-8.

Ende M., (1991), Untersuchungen von landwirtschaftlichen Produkten und Bioindikation auf Polychlorierte Dibenzodioxine und Dibenzofurane sowie andere Umweltschadstoffe im Umfeld der ehemaligen Sonderabfalldeponie Muenchehagen. *Staatliches Chemisches Untersuchungsamt Oldenburg.*

Engel G., (1993), Irchel Park. *Folia di Acer* **1**. Il Verde Editoriale, Varese.

Facchetti S., Umlauf G., Manø S., Hiller B., Barbiere M., (1996), Recent dioxin levels in the "Bosco delle Querce". *Atti del convegno "Chimica, Uomo e Ambiente"*, Milano (in pubblicazione).

Fairbairn D.W., Olive P.L., O'Neill K.L., (1995), The comet assay: a comprehensive review. *Mut. Res.* **339**, 37-59.

Fanelli R., Chiabrando C., Bonaccorsi A., (1982), TCDD contamination in the Seveso incident. *Drug Metabolism Reviews* **13**, 407-22.

Fanelli R., Mariani G., Fattore E., Benfenati E., (1996), Dioxin concentrations in the atmosphere over Seveso. *Atti del convegno "Chimica, Uomo e Ambiente"*, Milano (in pubblicazione).

Fara G., (1996), The ICMESAaccident. First intervention for the protection of man and the environment. *Atti del convegno "Chimica, Uomo e Ambiente"*, Milano (in pubblicazione).

Farina R., (1978), *Seveso diossina e scuola.* Gribaudi, Torino.

Fenech M., Morley A.A., (1985), Measurement of micronuclei in lypmphocytes. *Mut. Res*. **147**, 29-36.

Ferry C., Frochot B., (1958), Une méthode pour dénombrer les oiseaux nicheurs. *Terre e Vie* **13**, 85-102.

FHH, (1993), Untersuchungen zum Transfer von Dioxinen und Furanen. Ergebnisse von Parallelbestimmungen im Boden, Staubniederschlag und Gras sowie in Lebensmitteln tierischer und pflanzlicher Herkunft im Hamburger Suedosten. *Freie Hansestadt Hamburg,*

Behoerde fuer Arbeit, Gesundheit und Soziales und Umweltbehoerde.

Fiedler H., (1996), Sources and Environmental Levels of PCDD/-PCDF in Germany. Past and Present Experiences. *National dioxin source inventory: The British and German experiences.* Marghera-Venezia.

Fiedler H., Hutzinger O., (1990), *Toxicol. Environ. Chem.* **29**, 157-234.

Fletcher C.L., McKay W.A., (1993), *Chemosphere* **26**, 1041-1069.

Franco M.G., (1964), Il ceppo "SRS" di *Musca domestica L. Boll. Zool.* **31**, 651-4.

Franco M.G., Rubini P.G., Vecchi M., (1982), Sex-determinants and their distribution in various populations of *Musca domestica L.* of Western Europe. *Genet. Res.* **40**, 279-93.

Galimberti, Citterio, Losa, (1977), *Seveso la tragedia della diossina.* Ed.GR, Besana Brianza.

Gallo M.A., Scheuplein R.J., Van Der Heijden K.A., editors, (1991), *Biological basis for risk assessment of dioxins and related compounds. Banbury Report 35.* Cold Spring Harbor Laboratory Press, New York.

Gizzi F., Reginato R., Benfenati E., Fanelli R., (1982), *Chemosphere* **11**, 577-583.

Graveline N., (1989), *Les plus beaux jardins de France.* Minerva, Parigi.

Guerrieri C., (1993), Barcellona: i giardini moderni. *Folia di Acer* **1**. Il Verde Editoriale, Varese.

Hagenmeier H., (1989), Polychlorierte Dibenzodioxine und polychlorierte Dibenzofurane - Bestandsaufnahme und Handlungsbedarf. *VDI-Berichte* **475**, 939.

Hepper F.N., (1982), *Kew: Gardens for science and pleasure.* H.M.S.O., Londra.

Hiester E., Boehm R., Eynck P., Gerlach A., Muelder W., Ristow H., (1993), Long Term Monitoring of PCDD, PCDF and PCB in Bulk Deposition Samples, Fiedler H., Frank H., Hutzinger O., Parzefall W., Riss A., Safe S. editors. *DIOXIN '93. 13th International Symposium on Chlorinated Dioxins and Related Compounds. Vienna, September 1993. Organohalogen Compounds* **12**, 147.

Hunt G., Maisel E., (1990), *Chemosphere* **20**, 1455-1462.

Ideo G., Bellati A., Bellobuono A., Mocarelli P., Marocchi A., Brambilla P., (1982), Increased urinary D-glucaric acid excretion by children living in an area polluted with tetrachlorodibenzoparadioxin (TCDD). *Clin. chim. Acta* **120**, 273-283.

Innes G.L., Bendell J.F., (1988), Sampling of small mammals by different types of traps in northern Ontario, Canada. *Acta Theriol.* **32**, 443-450.

Itikawa O., Ogura Y., (1954), The Feulgen reaction after hydrolysis at room temperature, *Stain Technol* **29**, 13-5, 8-86.

Jellicoe J., (1960), *Studies in Landscape Design.* O.U.P.,Oxford.

Jellicoe J., Jellicoe S., (1987), *The Landscape of man.* O.U.P. Londra.

Jemenez B., Eljarrat E., Hernández L.M., Rivera J., González M.J., (1996), *Chemosphere* **32**, 1327-1348.

Jones K., (1996), Source Inventories, Environmental Aspects and Time Trends of Dioxins. The UK Experience. *National dioxin source inventory: The British and German experiences. October 10-11*, Marghera-Venezia.

Karr J.R., Roth R.R., (1971), Vegetation structure and avian diversity in several new world areas. *Am. Nat.* **105**, 423-435.

Kello D., Yrjanheikki E., (1992), Assessment of health hazards associated with exposure to dioxins. *Chemosphere* **25**, 1067-70.

Kenaga E.E., Norris L.A., (1983), Environmental toxicity of TCDD, *Environ. Sci. Res.* **26**, 277-99.

Kipar A., (1992), Il parco. *Folia di Acer* **4**. Il Verde Editoriale, Varese.

Kjeller L-O., Jones K. C., Johnston A. E., Rappe C., (1991), *Environ. Sci. Technol.* **25**, 1619-1627.

König J., Theisen J., Günther W.J., Liebl K.H., Büchen M., (1993), *Chemosphere* **26**, 851-861.

Krebs J., (1989), *Ecological methodology.* Harper & Row, New York.

Lambert G.H., Mocarelli P., Hsu C.C., Needham L.L., Ryan J.J., Guo L., Brambilla P., Signorini S., Patterson D.G., Chen J., Garcia F., Ferrari E., Scholler D.A., (1993), Cytochrome P4501a2 Activity in Dioxin Exposed Seveso Subjects Compared to Polychlorinated Biphenyl and Polychlorinated DibenzoFuran Exposed Yucheng Subjects. *Organohalogen Compounds* **14**. Fiedler H., Frank H., Hutzinger O., Parzefall W., Riss A., Safe S.,editors. Federal Environmental Agency, Vienna, Austria, 253-256.

Landi M.T., Bertazzi P.A., Clark G., Lucier G.W., Garte S.J., Caporaso N.E.,et al., (1993), Susceptibility markers in normal subjects: a pilot study for the investigation of 2,3,7,8 tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin related diseases. *Chemosphere* **27**, 375-81.

Lange M., (1990), Minimierung von Dioxin- und Furanemissionen - Umweltbelastung, Quellen, Anforderungen und Massnahmen. *VDI-Bildungswerk, Dioxin- und NOx-Minimierungstechniken* **20/21**, Monaco.

Lassini P., (1990), Tecniche agroforestali per il Bosco delle Querce. *Acer* **6**. Il Verde Editoriale, Varese.

Lassini P., Ballardini P., Mambriani A., Monzani F., (1992), Il Bosco delle Querce di Seveso: la ricostruzione graduale del paesaggio sull'area già inquinata da diossina. *Atti del Congresso Internazionale Tecniche di Rinaturazione e di Ingegneria Naturalistica,* Lignano Sabbiadoro.

Lassini P., (1993), Il Bosco delle Quer-

ce. *Acer* **4**. Il Verde Editoriale, Varese.

Lassini P., (1996), Environmental recovery of Zone A: the creation of "Bosco Delle Querce" in Seveso and Meda. *Atti del convegno "Chimica, Uomo e Ambiente"*, Milano (in pubblicazione).

Le Corbusier, (1984), *La casa degli uomini.* Jaca Book, Milano.

Leblond C.P., Clermont Y., (1952), Spermatogenesis of rat, mouse, hamster and guinea pig as revealed by the "periodic acid-fuchsin sulphurous acid" technique. *Am. J. Anat.* **90**, 167-215.

Li X., Weber L.W.D., Rozman K.K., (1995), Toxicokinetics of TCDD in female Sprague-Dawley rats including placental and lactational transfer to fetuses and neonates. *Fundam. Appl. Toxicol.* **27**, 70-6.

Lindstrom G., Rappe C., (1988), *Chemosphere* **17**, 921-935.

Lo Valvo M., La Mantia T., Massa B., (1985), Bird population of Palermo's urban and suburban areas. *Boll. Zool.* **52**, 347-354.

Lugar R.M., Harless R.L., Dupuy A.E.JR., McDaniel D.D., (1996), *Environ. Sci. Technol.* **30**, 555-561.

Lynch K., (1982), *L'immagine della città.* Marsilio Editori, Venezia.

Maderna A., (1986), *Seveso nell'archivio dei secoli.* Ed. GR, Besana Brianza.

Marklund S., Andersson R., Tysklind M., Rappe C., (1990), *Chemosphere* **20**, 553-561.

McArthur R.H., Wilson E.O., (1963), An equilibrium theory of insular zoogeography. *Evolution* **17**, 373-387.

Meiinhard Schietchtl U., (1993), Barriere antirumore. *Folia di Acer* **3**. Il Verde Editoriale, Varese.

Meriggi A., (1989), Analisi critica di alcuni metodi di censimento della fauna selvatica (*Aves, Mammalia*). Aspetti teorici ed applicativi, *Ric. Biol. Selvag.* **83**, 1-59.

Milani R., (1967), The genetics of *Musca domestica* and other muscoid flies. In: *Genetics of insect vectors of disease.* Wright J.W., Pal R., editors. Elsevier Publ Co., Amsterdam, 315-69.

Mocarelli P., Marocchi A., Brambilla P., Gerthoux P.M., Young D.S., Mantel N., (1986), Clinical laboratory manifestations of exposure to dioxin in children. A six-year study of the effects of an environmental disaster near Seveso, Italy. *JAMA* **256**, 2687-2695.

Mocarelli P., Pocchiari P., Nelson N., (1988), Center for environmental health and injury control, CDC. Preliminary report: 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin. Exposure to humans - Seveso, Italy. *Morbidity Mortality Weekly Report* **37**, 733-735.

Mocarelli P., Patterson Jr., D.G., Marocchi A., Needham L.L., (1990), Pilot study (Phase II) for determining polychlorinated dibenzo-*p*-dioxin (PCDD) and polychlorinated dibenzo-

furans (PCDF) levels in serum of Seveso, Italy residents collected at the time of exposure: future plans. *Chemosphere* **20**, 967-974.

Mocarelli P., Marocchi A., Brambilla P., Gerthoux P.M., Beretta C., Colombo L., Mondonico A., (1991), Effects of dioxin exposure in humans at Seveso, Italy. In: *Banbury report 35: Biological Basis for Risk Assessment of Dioxins and Related Compounds*. Gallo M.A., Scheuplein R.J.and Van Der Heijden K.A., editors. Cold Spring Harbor Laboratory Press, 95-110.

Mocarelli P., Needham L.L., Marocchi A., Patterson Jr., Brambilla P., Gerthoux P.M., Meazza L., Carreri V., (1991), Serum concentrations of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin and test results from selected residents of Seveso, Italy. *J. Toxicol. Env. Health* **32**, 357-366.

Mocarelli P., Marocchi A., Brambilla P., Gerthoux P.M., Beretta C., Colombo L., Bertona M., Sarto C., Tramacere PL., Mondonico A., Crespi C., Signorini S., Brivio R., Carreri V., Meazza L., (1992), Human data derived from the Seveso accident relevance for human risk assessment. *Toxic Subst. J.* **5**,**12**, 151-173.

Mocarelli P., (1995), Caffeine Breath Tests in Subjects Exposed to Dioxin at Seveso: Preliminary Results. *Clin. Chem.* **41**, 1926-1927.

Mocarelli P., Brambilla P., Gerthoux P.M., Patterson D.G.Jr., Needham, L.L., (1996), Change in sex ratio with exposure to dioxin. *The Lancet* **348**, 409.

Mocarelli P., et al., (1996), Dioxin health effects on human 20 years after Seveso: a summary. *Atti del convegno "Chimica, Uomo e Ambiente"*, Milano (in pubblicazione).

Morrison L., Timossi I.C., With K.A., (1987), Development and testing of linear regression models predicting bird-habitat relationships. *J. Wildl. Manage.* **51**, 247-253.

Muret J., Allayn Y., Sabrie M., (1987), *Les espaces urbains: concevoir, réaliser, gérer.* Le Moniteur, Parigi.

NATO CGMS (North Atlantic Treaty Organization. Committee on Challenges of Modern Society), (1988), *Report Number* 176.

NATO/CCMS (1988), International Toxicity Equivalency Factor (I-TEF). Method of Risk Assessment of Complex Mixtures of Dioxins and Related Compounds. *Pilot Study on International Information Exchange on Dioxins and Related Compounds, Report Number 176*, North Atlantic Treaty Organization, Committee on Challenges of Modern Society.

Needham L.L., Gerthoux P.M., Patterson D.G.Jr, Brambilla P., Pirkle J.L., Tramacere P.L., Turner W.E., Beretta C., Sampson E.J., Mocarelli P., (1994), Half-life of 2,3,7,8-Tetrachlorodibenzo-*p*-dioxin in Serum of Seveso Adults: Ad interim Report. *Organohalogen Compounds* **21**. Fiedler H., Hutzinger O., Birnbaum L., Lambert G., Needham L., Safe S., editors. Kyoto University, Kyoto, Japan, 363-366.

Nestrick T.J., Lamparski L.L., (1986),

Chemosphere **15**, 1453-1460.

Nieni G.J., (1990), Practical Applications of Quantitative Strucure Activity Relationship (QSAR). *Environmental Chemistry and Toxicology.* Karcher W. and Devillers J., editors. Kluwer, Dordrecht, 153-169.

Oakberg E.F., (1956), A description of the spermiogenesis in the mouse and its use in the analysis of the cycle of the seminipherous epithelium and germ cell renewal. *Am. J Anat.* **99**, 391-400.

Odum E.P., (1971), Fundamentals of ecology, 3ª ed., W.B. Saunders Co, Philadelphia.

Oneto G., (1991), Recupero ambientale in quadricromia: i Giardini Butchart di Victoria British Columbia Canada. *Ville e Giardini* **4**. Elemond, Milano.

Parish T., Lakhani K.H., Sparks T.H., (1984), Modelling the relationship between bird population variables and hedgerow and other field margin attributes. I. Species richness of winter, summer and breeding birds. *J. Appl. Ecol* **31**, 764-775.

Pesatori A.C., (1995), Dioxin contamination in Seveso: the social tragedy and the scientific challenge. *Medicina del Lavoro* **86**, 2, 111-124.

Pesatori A.C., Consonni D., Tironi A., Zocchetti C., Fini A., Bertazzi P.A., (1993), Cancer in a young population in a dioxin-contaminated area, *Int. J. Epidemiol.* **22**, 1010-1013.

Peterson R.E., Theobald H.M., Kimmel G.L., (1993), Developmental and reproductive toxicity of dioxins and related compounds: Cross-species comparisons. *Crit. Rev. Toxicol.* **23**, 283-335.

Porcinai P., Mordini A., (1966), *Giardini d'oriente e d'occidente.* Fabbri Editore, Milano.

Prinz B., (1995), Derivation of an Air Quality Standard for PCDD/Fs on the Basis of Intermedial Aspects, *Dioxin-Informationsveranstaltung - EPA Dioxin Reassessment, Bayreuth.* Hutzinger O., Fiedler H., editors. *Organohalogen Compounds* **22**, 239.

Rappe C., (1994), Fresenius J. *Anal. Chem.* **75**, 348-363.

Rappe C., Kjeller L-O., (1987), *Chemosphere* **16**, 1775-1780.

Rappe C., Kjeller L-O., (1988), *Chemosphere* **17**, 3-20.

Redi C.A., Capanna E., (1988), Robertsonian heterozygotes in the house mouse and the fate of their germ cells. In: *The Cytogenetics of Mammalian Autosomal Rearrangements.* Daniell A. editor. Alan R. Liss, New York, 315-59.

Redi C.A., Garagna S., Pompilio L., Zuccotti M., Meriggi A., Rubini P.G., (1996). The "Bosco delle Querce" park ecosystem: mutagenicity tests in wild animals, *Atti del convegno "Chimica, Uomo e Ambiente"*, Milano (in pubblicazione).

Rubini P.G., Vecchi M., Franco M.G., (1980), Mitotic recombination in *Musca domestica L.* and its influence on

masaicism, gynandromorphism and recombination in males, *Genet. Res.* **35**, 121-30.

Rubini P.G., Vecchi M., Franco M.G., (1983), Recenti progressi nello studio delle variazioni dei determinanti sessuali in popolazioni naturali di *Musca domestica L. Congresso Nazionale Italiano di Entomologia* **13**, 527-34.

Rubini P.G., Franco M.G., Rovati, C., Vecchi M., (1989), Genetic variability of the sex balance in European populations of *Musca domestica domestica L.* In: *Regulation of insect reproduction IV*. Tonner M., Soldan T., Bennettova B., editors., *Czech. Acad. Sc.*, Praga, 303-15.

Schlegel R., MacGregor Jt., (1984),The persistence of micronucleated erythrocytes in the peripheral circulation of normal and splenectomized Pischer 344 rats: Implication for cytogenetic screening. *Mut. Res.* **127**,169-74.

Schmid W., (1976), The micronucleus test for cytogenetic analysis. *Chemical mutagens.* Hollaender A. ed, Plenum Press, New York, 31-53.

Smith R.M., O'Keefe P.W., Aldous K., Connor S., (1990), *Chemosphere* **20**, 1447-1453.

Smith R.M., O'Keefe P.W., Hilker D.R., Aldous K.M., (1989), *Chemosphere* **18**, 585-592.

Smith R.M., O'Keefe P.W., Aldous K.M., Valente H., Connor S.P., Donnelly R.J., (1990), *Environ. Sci. Technol.* **24**, 1502-1506.

Swierstra E.E., Foote R.H., (1963), Cytology and kinetics of spermatogenesis in the rabbit. *J. Reprod. Fertil.* **5**, 309-22.

Tagliolini A., (1988), *Storia del giardino italiano*. La Casa Usher, Firenze.

Theisen J., Funcke W., Balfanz E., König J., (1989), *Chemosphere* **19**, 423-428.

Tysklind M., Fängmark I., Marklund S., Lindskog A., Thaning L., Rappe C., (1993), *Environ. Sci. Technol.* **27**, 2190-2197.

Verschueren, Karel, (1983), Handbook of environmental data on organic chemicals, second edition, Van Nostrand Reinhold Company, New York.

World Health Organization, (1989), *Environmental Health Criteria* **88**.

Wyrobek A.J., Gordon L.A., Burkhart J.G., Francis M.W., Kapp R.W., Letz G., Malling H.V., Topham J.C., Whorton M.D., (1983), An evaluation of the mouse sperm morphology test and other sperm tests in nonhuman mammals. A report of the U.S. Environmental Protection Agency Gene-Tox Program, *Mutation Res.* **115**, 1-72.

Zagari F., (1988), *L'architettura del giardino contemporaneo*, Mondadori, Milano.

Zoppi & Co., (1988), *Progettare con il verde 1, 2, 3*, Alina Editrice, Firenze.

Libri pubblicati dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente

1. *Banca Dati dell'Ambiente '94. Quali ricerche, chi e dove: il catalogo dei progetti*, a cura di A. Ballarin Denti, Milano 1995.
2. A. Capria, L. Martinelli, *Ricerca Ambientale. Indirizzi della ricerca ambientale: legislazione e politiche pubbliche*, Milano 1995.
3. G. Cordini, *Diritto Ambientale. Elementi giuridici comparati della protezione ambientale*, edito con CEDAM, Milano 1995.
4. *Incenerimento. Il ruolo dell'incenerimento nello smaltimento dei rifiuti, Atti del convegno internazionale Istituto di Ricerche Farmacologiche "Mario Negri". Milano, 25-26 ottobre 1994*, a cura di R. Fanelli, E. Benfenati, A. Ballarin Denti, Milano 1995.
5. *Dottori Ambientali. Le pagine gialle dei dottori ambientali, Anno Accademico 1993/94*, a cura di A. Ballarin Denti, Milano 1995.
6. *Acta '94. Rapporto dell'attività scientifica 1994*, a cura di A. Ballarin Denti, Milano 1995.
7. *Rifiuti. Rifiuti da attività industriali, Atti del convegno nazionale. Milano, 16 dicembre 1994*, a cura di V. Ragaini, Milano 1995.
8. S. Carboni, *Riciclare. Riciclare il vetro*, Milano 1995.
9. K. F. Bernar, G. La Franca, P. Tamai, *Parco Trotter. Un'idea per il Parco Trotter. Il ciclo dell'acqua e l'ambiente urbano*, Milano 1995.
10. G. Rasario, *Riciclare. Riciclare la plastica. I contenitori per liquidi*, Milano 1995.
11. T. Bonomi, *Gestire le acque sotterranee. SIT per la valutazione del bilancio del sistema idrogeologico milanese*, Milano 1995.
12. G. Chiellino, *Nitrati nelle acque. Contaminazione da nitrati negli acquiferi del vicentino*, Milano 1995.
13. E. Lux, *Val d'Ossola. L'impatto ambientale in ambiente alpino*, Milano 1995.
14. B. Neto, *Inquinamento transfrontaliero. L'inquinamento atmosferico a lunga distanza nel diritto internazionale*, Milano 1996.
15. E. Dal Lago, *Carbon-tax. Tasse ambientali e l'introduzione della carbon-tax*, Milano 1996.
16. *Acta '95. Rapporto dell'attività scientifica 1995*, a cura di A. Ballarin Denti, Milano 1996.
17. L. Lazzati, *Contaminazione da fitofarmaci. Individuazione di aree a rischio. Il caso del Parco Sud a Milano*, Milano 1996.

18. G. Giannerini, G. Stagni, *Raccolta differenziata. Finanziamenti per la raccolta differenziata dei rifiuti. Il caso del Frisl (Fondo Ricostruzione Infrastrutture Sociali Lombardia)*, Milano 1996.
19. *Tesinbreve. Acqua, aria, recupero ambientale, rifiuti*, Milano 1996.
20. *Termoutilizzazione. Termoutilizzazione nello smaltimento dei rifiuti,* a cura di R. Fanelli, E. Benfenati, A. Ballarin Denti, Milano 1996.
21. *La tossicità dei fanghi di depurazione. Presenza di xenobiotici organici*, a cura di P. L. Genevini, Milano 1996.
22. G. Cordini, *Diritto ambientale comparato*, edito con CEDAM, Milano 1997.
23. W. Epis, *Rifiuti solidi urbani. Raccogliere e smaltire i rifiuti a Milano*, Milano 1996.
24. A. Camba, *Formazione ambientale. Analisi comparativa dei corsi post-universitari*, Milano 1996.
25. C. Testori, *Bosco delle Querce. Seveso: un progetto per il Bosco delle Querce*, Milano 1996.
26. *Banca dati dell'Ambiente '97. Nomi e ricerche per l'ambiente italiano: il catalogo dei progetti*, Milano 1997.
27. *I dottori ambientali dalla A alla Z, anno accademico 1994/95*, Milano 1997.
28. *Acta '96. Rapporto dell'attività scientifica 1996*, a cura di A. Ballarin Denti, Milano 1997.
- *Ecolo '97: il CD-ROM globale,* contenente la *Banca dati dell'Ambiente '97* e *I dottori ambientali dalla A alla Z, anno accademico 1994/95*, Milano 1997.

29. *L'inquinamento da ozono. Diagnosi e terapie per lo smog del duemila*, a cura di A. Ballarin Denti, 1997.
30. *1.000 giorni di ricerca in Lombardia. Relazioni finali delle borse di formazione 1994/96*, a cura di E. Tromellini, Milano 1997.
31. *La Direttiva Seveso 2 - Incidenti da sostanze pericolose e normativa italiana*, a cura di S. Nespor e A. L. De Cesaris, Milano 1998.
- *Ricerche & Risultati - Valorizzazione dei progetti di ricerca 1994/97,* contenente *Individuazione, caratterizzazione e campionamento di ammassi abusivi di rifiuti pericolosi; Criteri per la valutazione della qualità dei suoli; Criteri per la realizzazione di impianti di stoccaggio di rifiuti residuali*, a cura di D. Pitea, A. L. De Cesaris e G. Marchetti (confezione in cofanetto), Milano 1998.
- *Ricerche & Risultati - Valorizzazione dei progetti di ricerca 1994/97,* contenente *Dati di inquinamento atmosferico dell'area metropolitana milanese e metodologie per la gestione della qualità dell'aria; Il benzene e altri*

composti aromatici: monitoraggio e rischi per l'uomo; Le emissioni industriali in atmosfera: inventario e trattamento, a cura di B. Rindone, P. Beltrame e A. L. De Cesaris (confezione in cofanetto), Milano 1998.

- *Ricerche & Risultati - Valorizzazione dei progetti di ricerca 1994/97*, contenente *Bioindicatori ambientali; Compost e agricoltura; Monitoraggio delle foreste sotto stress ambientale*, a cura di A. Ballarin Denti, S. M. Cocucci, P. L. Genevini e F. Sartori (confezione in cofanetto), Milano 1998.

COPIA NON COMMERCIABILE
E IN DISTRIBUZIONE GRATUITA

Finito di stampare
presso "Il Melograno"
di Cassina Nuova di Bollate, Milano
nel mese di maggio 1998.

La Fondazione Lombardia per l'Ambiente (*fla*) è stata istituita dalla Regione Lombardia nel 1986 come ente di carattere morale e scientifico per valorizzare l'esperienza e le competenze tecniche acquisite in seguito al noto incidente di Seveso del 1976. La Fondazione ha come compito statutario lo svolgimento di attività di studi e ricerche volte a tutelare l'ambiente e la salute dell'uomo con particolare attenzione agli aspetti relativi all'impatto ambientale di sostanze inquinanti. A tal fine collabora, nei propri programmi di ricerca e formazione, con le università lombarde - rappresentate nel consiglio di amministrazione - il CNR, il Centro Comune di Ricerca di Ispra e gli organismi tecnici dei principali enti di ricerca nazionali e regionali.

Più di venti anni fa, nel 1976, si verificava il drammatico incidente dell'ICMESA destinato a portare all'attenzione del mondo intero il nome del comune più colpito: Seveso. Dieci anni dopo l'incidente, nel 1986, veniva costituita dalla Regione Lombardia la Fondazione Lombardia per l'Ambiente destinata a investire le sue risorse finanziarie e umane per sviluppare le conoscenze tecnico-scientifiche acquisite in seguito a quell'esperienza e renderle indispensabili ad una efficace tutela dell'ambiente e della salute dell'uomo.

Pur non essendo previsti nel suo statuto ruoli di intervento o monitoraggio nel territorio di Seveso e dei comuni colpiti dall'incidente del 1976, la Fondazione ha tuttavia affrontato la vicenda con una serie di iniziative, avvertendo un legame ideale, morale e scientifico con gli uomini e le istituzioni che vent'anni fa gestirono l'emergenza.

Questo volume si colloca pertanto in questo cammino: accanto alle ricerche condotte dalla Fondazione nel territorio colpito dalla diossina (e relazionate in un capitolo di questo volume), al convegno internazionale organizzato nel 1996 in occasione del ventesimo anniversario dell'incidente, ai premi scolastici e alle borse di studio messe a disposizione dei giovani dei comuni colpiti nel 1976 per promuoverne interessi e formazione in campo ambientale e al volume recentemente pubblicato sulle normative comunitarie e nazionali che si collocano nell'ambito della famosa "Direttiva Seveso".

ISBN 88-8134-025-9