

Tab. 7.1 – Popolazione residente, superficie, densità abitativa e concentrazione media di diossine nella zona B dei comuni di Seveso, Cesano Maderno e Desio.

Comune	Popolazione residente [ab]	Superficie [km ²]	Densità abitativa [ab km ⁻²]	Concentrazione media [ng (kgSS) ⁻¹]		TCDD/I-TEQ
				TCDD	I-TEQ	
Seveso	1.452	0,608	2.392	35,91	40,65	0,88
Cesano Maderno	4.374	0,923	4.741	29,69	34,87	0,85
Desio	1.490	0,720	2.069	24,85	29,01	0,86

7.2 Elaborazione geostatistica finalizzata alla mappatura dei dati di contaminazione del suolo

Basandosi sui dati presentati nell'Allegato 3, si è effettuata l'elaborazione geostatistica finalizzata alla mappatura dei dati di contaminazione del suolo. Ciò ha avuto lo scopo di rappresentare in modo continuo l'andamento delle concentrazioni di diossine a partire da un dato di tipo puntuale, seppur distribuito sul territorio con una certa uniformità.

L'elaborazione è stata eseguita utilizzando la tecnica del *block kriging* sulla stessa maglia 150×150 m² a cui si riferiscono i dati. L'utilizzo di tale tecnica (implementata mediante l'applicazione combinata dei pacchetti *software* Gstat e Surfer 7.0) implica la stima di un solo valore medio da assegnare ad ogni quadrato della maglia.

Il dettaglio dell'elaborazioni è riportato in Allegato 8.

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

Il modello sferico è tipico dei processi di diffusione spaziale e di deposizione. L'anisotropia, sebbene condizionata dalla disposizione preferenziale dei punti di misura, conferma la direzione di spargimento del *plume* di diossina generato dall'esplosione. Talvolta è possibile notare un secondo asse di continuità delle concentrazioni quasi perpendicolare all'asse principale, un'aspetto "collaterale" dello stesso fenomeno.

Tab. 7.2 – Concentrazione media di diossine nelle maglie caratterizzate dalla maggiore popolazione residente e densità abitativa nella zona B dei comuni di Seveso, Cesano Maderno e Desio.

Maglia	Popolazione residente [ab]	Densità abitativa [ab km ⁻²]	Concentrazione media [ng (kgSS) ⁻¹]	
			TCDD	I-TEQ
SEVESO				
K 19	152	6.755	20	26
M 20	152	6.755	6,3	11
M 17	125	5.555	67	70
N 16	102	4.533	83	90
M 19	100	4.444	26	41
CESANO MADERNO				
P 27	278	12.354	3,0	5,6
P 26	266	11.821	61	64
R 31	247	10.977	15	24
N 25	246	10.932	77	80
O 26	246	10.932	1,4	3,3
Q 28	237	10.532	135	147
R 30	237	10.532	15	19
R 29	204	9.066	45	48
R 28	265	7.333	34	38
P 25	243	6.355	35	39
DESIO				
X 34	209	9.288	29	34
X 33	203	9.021	19	24
X 32	195	8.667	16	21

Tab. 7.3 – Popolazione residente e densità abitativa nelle maglie caratterizzate dalla maggiore concentrazione media di diossine nella zona B dei comuni di Seveso, Cesano Maderno e Desio.

Maglia	Popolazione residente [ab]	Densità abitativa [ab km ⁻²]	Concentrazione media [ng (kgSS) ⁻¹]	
			TCDD	I-TEQ
SEVESO				
J 21	67	2.978	106	106
N 16	102	4.533	83	90
L 17	10	444	66	77
CESANO MADERNO				
N 24	66	2.933	126	168
Q 28	237	10.532	135	147
K 22	50	2.222	70	73
DESIO				
Z 35	113	5.022	39	55
AA 37	50	2.222	47	51

Tra i risultati più interessanti dell'elaborazione geostatistica è la chiara "impronta" dell'incidente di Seveso. È infatti possibile osservare la modesta dispersione della concentrazione di 2,3,7,8-TCDD trasversalmente all'asse NW-SE (vedi Fig. A8.1), rispetto a quella della concentrazione di I-TEQ (o WHO-TEQ) che tiene conto anche di altri congeneri non associabili all'incidente di Seveso (vedi Figg. A8.2 e A8.3). Ciò trova conferma nella Fig. A8.4 dove si nota che le maggiori differenze di concentrazione tra WHO-TEQ e 2,3,7,8-TCDD si registrano al di fuori della direzione principale di spargimento del *plume* di diossina generato dall'esplosione.

8 ANALISI DI RISCHIO

Nel presente capitolo si sintetizzano le ipotesi di base e i principali risultati del documento di analisi di rischio elaborato dalla dott.ssa Elena Fattore su indicazione del Comitato Scientifico di cui al § 6.3, integralmente riportato in Allegato 9.

La metodologia di studio utilizzata si è basata sulle seguenti fasi:

- identificazione del pericolo;
- valutazione dell'esposizione;
- valutazione della relazione dose-risposta;
- caratterizzazione del rischio.

L'identificazione del pericolo consiste, nel caso specifico, nella presenza di residui di TCDD nel terreno della zona B al di sopra dei limiti di legge di 10 ng I-TEQ/kg SS.

La valutazione dell'esposizione si è basata su tre scenari di esposizione e su sette vie di esposizione.

I tre scenari di esposizione individuati sono:

- “*Scenario centrale zona B*”: scenario che dovrebbe rappresentare la situazione di esposizione media della popolazione residente nella zona B. In questo scenario si è considerato che i residenti svolgano attività di giardinaggio e coltivino alcuni prodotti vegetali che entrano a far parte stabilmente della loro alimentazione;
- “*Scenario estremo zona B*”: scenario di esposizione a cui potrebbe essere riconducibile una parte della popolazione residente nella zona B e che esercita attività di coltivazione diretta ed alleva animali da cortile che entrano a fare parte della loro alimentazione;
- “*Scenario centrale di riferimento*”: scenario che dovrebbe rappresentare la situazione di esposizione media della popolazione generale residente in aree comparabili con la zona B ma non coinvolte dall'incidente. Questo scenario di riferimento permette di confrontare l'esposizione della popolazione residente nella zona B con quella “di fondo” alla quale è esposta la popolazione generale.

Le sette vie di esposizione considerate sono:

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

I valori di concentrazione nei diversi comparti ambientali utilizzati nella stima dell'esposizione sono riportati in Tab. 8.1 (corrispondente alla Tab. A9.1 dell'Allegato 9).

Il calcolo dell'esposizione si è basato sul LADD (*Lifetime Average Daily Dose*) cioè la dose giornaliera espressa in peso per unità di peso corporeo.

Per quanto riguarda la valutazione della relazione dose-risposta, tralasciando la cancerogenicità che tende ad insorgere in corrispondenza di esposizioni di due ordini di grandezza superiori di quelle stimate, si è considerata la dose tollerabile settimanale (TWI, *Tolerable Weekly Intake*) definita dallo *Scientific Committee on Food* della Commissione Europea pari a 14 pg /kg peso corporeo-settimana, cioè 14 pg /kg peso corporeo-giorno, ed associabile alle alterazioni sperimentate in laboratorio nello sviluppo degli organi riproduttivi nel ratto.

La Tab. 8.2 (corrispondente alla Tab. A9.8 dell'Allegato 9) mostra i risultati della stima dell'esposizione corretta in funzione del reale assorbimento nel corpo umano ed il contributo percentuale relativo a ciascuna via di esposizione.

I valori di esposizione da confrontare con la TDI sono quindi 1,44, 2,3-4,3 e 1,32 pg WHO-TEQ/kg peso corporeo-giorno per lo "scenario centrale" e lo "scenario estremo" di Seveso e lo "scenario centrale di riferimento", rispettivamente. Espressi su base settimanale essi risultano 10, 16-29 e 9 pg WHO-TEQ/kg peso corporeo-settimana. Questi risultati sono inferiori alla dose tollerabile settimanale per i due "scenari centrali" mentre per lo "scenario estremo" della zona B il risultato eccede il valore tollerabile. Questo non significa che vi sia necessariamente un rischio per la salute ma piuttosto che non è rispettato il margine di sicurezza pari a 10 per il verificarsi dei più sensibili effetti avversi descritti precedentemente. Il superamento della dose tollerabile nello scenario estremo è dovuto fondamentalmente al consumo di prodotti di derivazione locale.

Tab. 8.1 – Valori di concentrazione nei diversi comparti ambientali utilizzati nella stima dell'esposizione.

	UM	Scenario centrale zona B	Scenario estremo zona B	Scenario centrale di riferimento
Suolo	[ng WHO-TEQ/kgSS]	30,6	107,4	10,0
Aria	[pg WHO-TEQ/m ³]	0,378	0,378	0,230
Acqua	[pg WHO-TEQ/l]	0,00056	0,00056	0,00056

Tab. 8.2 – Stima dell'esposizione espressa come *LADD*
in pg WHO-TEQ/kg peso corporeo-giorno corretta per le percentuali di assorbimento per il suolo e contributo percentuale delle singole vie di esposizione all'esposizione totale.

Vie di esposizione	Zona B		Zona non-ABR
	"Scenario Centrale"	"Scenario Estremo"	"Scenario Centrale di Riferimento"
[pg WHO-TEQ/kg peso corporeo-giorno]			
Ingestione suolo inquinato	0,02	0,23	0,01
Contatto dermico suolo	0,001	0,02	0,0005
Inalazione	0,08	0,13	0,05
Ingestione acqua	0,00001	0,00002	0,00001
Dieta	1,18	1,15	1,18
Ingestione vegetali locali	0,16	0,40	0,08
Ingestione polli e uova locali	-	0,4-2,3*	-
ESPOSIZIONE TOTALE	1,44	2,3-4,2	1,32
[%]			
Ingestione suolo inquinato	1	10-5	0,6
Contatto dermico suolo	0,07	1,0-0,4	0,04
Inalazione	6	5-3	4
Ingestione acqua	0,0008	0,001-0,0004	0,0009
Dieta	82	50-26	90
Ingestione vegetali locali	11	16-8	5
Ingestione polli e uova locali	-	18-58*	-
ESPOSIZIONE TOTALE	100	100-100	100

* I due valori diversi si ottengono a seconda che tutte le uova e il pollo consumato ovvero soltanto una loro percentuale sia di derivazione della zona inquinata.

9 PROGETTI DI RICERCA DI APPROFONDIMENTO PROPOSTI

Nell'ambito del progetto di ricerca sono stati proposti i seguenti due progetti di ricerca di approfondimento (ampiamente dettagliati negli Allegati 10 e 11) che potrebbero essere finanziati per affinare il livello di dettaglio dell'analisi di rischio:

- “Indagine a lungo termine della mortalità e della incidenza dei tumori nella popolazione esposta – Indagine sul meccanismo d'azione della TCDD, in particolare sui possibili fattori di suscettibilità individuale geneticamente determinati” proposto dal prof. Pier Alberto Bertazzi (vedi Allegato 10);
- “Analisi in componenti principali (PCA) dei risultati dei campionamenti” proposto dal dott. Alessandro Di Domenico (vedi Allegato 11).

Il progetto di ricerca "Analisi di rischio relativa alla presenza di diossina residua nella zona B di Seveso" illustrato nel presente rapporto ha permesso di stimare la maggiore esposizione alle diossine¹ cui sono soggetti i residenti della zona B rispetto a soggetti residenti altrove, in particolare in aree non inquinate ai sensi della normativa vigente (D.M. 471/1999), in funzione non solo del luogo specifico di residenza (e cioè della concentrazione di diossine cui sono soggetti) ma anche degli stili di vita (attività lavorativa, base della dieta, ecc.).

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

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

¹ Viste le generali differenze terminologiche in uso nel settore, convenzionalmente, nell'ambito del presente rapporto, si sono adottate le seguenti terminologie:

- "diossina": è la 2,3,7,8-TCDD, cioè il congenere conseguente all'incidente di Seveso (il più tossico);
- "diossine": la sola famiglia delle policlorodibenzo-*p*-diossine (PCDD) ovvero, in modo estensivo, l'insieme delle PCDD, dei policlorodibenzofurani (PCDF) e dei policlorobifenili (PCB) *dioxin-like*, a seconda dei contesti.

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

I policlorobifenili (PCB) sono una serie di 209 composti aromatici biciclici (congeneri) costituiti da molecole di bifenile variamente clorate. Si tratta di molecole sintetizzate all'inizio del secolo scorso e prodotte commercialmente fin dal 1930 (fluidi dielettrici per l'utilizzo nei trasformatori elettrici, fluidi di scambio termico, oli lubrificanti, ecc.), sebbene attualmente in buona parte bandite a causa della loro tossicità. Solo i PCB coplanari presentano caratteristiche chimico-fisiche e tossicologiche paragonabili alle diossine e ai furani: questi congeneri vengono definiti PCB *dioxin-like* (cioè simili alle diossine).

(coltivazione diretta di prodotti vegetali e allevamento di animali da cortile che entrano a far parte stabilmente della loro dieta);

- “*Scenario centrale di riferimento*”: scenario che rappresenta la situazione di esposizione media della popolazione generale residente in aree comparabili con la zona B ma non coinvolte dall’incidente (concentrazione di diossine pari al limite di legge²: 10 ngWHO-TEQ (kgSS)⁻¹). Questo scenario di riferimento permette di confrontare l’esposizione della popolazione residente nella zona B con quella “di fondo” alla quale è esposta la popolazione generale³.

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

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

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

² Si è considerato il valore di diossina equivalente al valore limite ammissibile per aree a destinazione d’uso verde pubblico, privato e residenziale di cui al D.M. (Ambiente) 471/1999 perché esso è il massimo valore al quale si può ancora associare la libera fruizione del suolo (cioè priva di limitazioni e di condizionamenti connessi alla tutela sanitaria).

³ Il valore assunto non costituisce un vero e proprio valore di “fondo”, ma solo il massimo valore di fondo ammissibile per legge, e si giustifica con la grande variabilità dei livelli di presenza delle diossine dalle aree più remote (ordine di grandezza dell’unità di ngWHO-TEQ (kgSS)⁻¹) ai suoli urbani ed industriali (ordine di grandezza della decina di ngWHO-TEQ (kgSS)⁻¹).

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

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

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

- "Scenario centrale zona B": $10 \text{ pgWHO-TEQ (kg peso corporeo)}^{-1} \text{ settimana}^{-1}$;
- "Scenario estremo zona B": $16\text{-}29^4 \text{ pgWHO-TEQ (kg peso corporeo)}^{-1} \text{ settimana}^{-1}$;
- "Scenario centrale di riferimento": $9 \text{ pgWHO-TEQ (kg peso corporeo)}^{-1} \text{ settimana}^{-1}$.

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

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

⁴ In funzione dell'incidenza del consumo di prodotti locali (in particolare, polli e uova).

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

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

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

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

⁵ I LOAEL sono i più bassi livelli di assunzione per i quali si osservano effetti avversi, i NOAEL sono i livelli di assunzione per i quali non si osservano effetti avversi. Ne consegue che $\text{NOAEL} < \text{LOAEL}$. Dal momento che per i più sensibili effetti avversi si dispone di LOAEL e non di NOAEL e dovendo la definizione di "dose tollerabile" basarsi sui NOAEL, risulta pertanto necessario introdurre un fattore di incertezza pari al prevedibile rapporto $\text{LOAEL}/\text{NOAEL} > 1$.

⁶ Il *body burden* (espresso in ngWHO-TEQ (kg peso corporeo)⁻¹) rappresenta l'ammontare di diossina immagazzinata nel corpo in un definito periodo di tempo come risultato di una esposizione di breve o lungo periodo. Esso rappresenta una importante misura della dose dal momento che gli effetti tossici della diossina, infatti, a differenza di quelli dovuti ad altri composti, risultano relativamente indipendenti dal fatto che l'assunzione sia cronica (basse dosi prolungate nel tempo) o acuta (singole dosi elevate). La ragione di questo è che la diossina, in qualità di inquinante persistente, si accumula nell'organismo e gli effetti tossici che determina sembrano dipendere non tanto dai livelli di esposizione giornaliera quanto dai livelli di concentrazione che questi composti raggiungono nei tessuti.

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

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

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

1. la valutazione deve ritenersi preliminare dal momento che:
 - o i modelli utilizzati si basano su parametri che solo di rado è stato possibile adattare al caso specifico di Seveso: in mancanza di dati specifici si è fatto spesso ricorso a parametri di letteratura che richiederebbero conferme sperimentali sul sito;
 - o tutti i valori di diossina equivalenti utilizzati (riferiti allo schema WHO-TEQ) prescindono dalla presenza di PCB *dioxin-like*⁷: ciò costituisce un limite della

⁷ Tutti i dati sperimentali (come i risultati delle campagne analitiche condotte dal JRC di Ispra nel periodo 1997-1999) o di letteratura (come la concentrazione di diossina nella dieta) non tengono ancora conto dei PCB *dioxin-like* solo recentemente introdotti nella definizione di diossina equivalente (secondo lo schema WHO-TEQ). Per quanto riguarda l'esposizione alla diossina, sotto forma di PCB, con la dieta, essa è dell'ordine di grandezza di 1 pgWHO-TEQ (kg peso corporeo)⁻¹ d⁻¹.

valutazione dal momento che il termine di riferimento, cioè la dose tollerabile, include anche i PCB *dioxin-like*⁸;

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

⁸ È ragionevole ritenere che se si tenesse conto anche solo del contributo dato dai PCB *dioxin-like* dovuto alla dieta (vedi nota 7) tutti e tre gli scenari dell'analisi di rischio, anche il cosiddetto "Scenario centrale di riferimento", condurrebbero a valori di esposizione superiori alla TWI, confermando alcune delle conclusioni dell'SCF della Commissione Europea allorché ritiene che una considerevole frazione della popolazione europea si posizioni al di sopra della dose tollerabile.

7. L'insieme degli elementi raccolti e dei commenti già effettuati portano a due conclusioni fondamentali:
- o anche alla luce delle recenti determinazioni comunitarie sulla TWI in precedenza documentate, l'esposizione alle diossine dovuta alla dieta è di cruciale importanza e ha una rilevanza tutt'altro che trascurabile anche nella popolazione generale, cioè esterna alla zona B e all'area di Seveso;
 - o si suggerisce di adottare opportune cautele al consumo di prodotti alimentari provenienti direttamente dalla zona B, con particolare riguardo ai prodotti animali in generale⁹ nonché a taluni particolari prodotti vegetali¹⁰.

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

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

⁹ È ampiamente riconosciuta la caratteristica della diossina di bioaccumularsi nei grassi animali.

¹⁰ Ad esempio i prodotti vegetali appartenenti alla famiglia delle cucurbitacee (cocomero, cetriolo, melone, zucca, zucchina) che hanno dimostrato significative capacità di bioaccumulo della diossina.

11 BIBLIOGRAFIA

I riferimenti bibliografici e normativi riportati nel presente capitolo si riferiscono in parte a materiale citato nel testo (§ 11.1 e 11.3) e in parte a materiale liberamente consultato in fase di stesura dello stesso (§ 11.2).

La presente bibliografia non riguarda l'Allegato 9 che è dotato di una propria specifica lista di riferimenti bibliografici (§ A9.7).

11.1 Bibliografia citata nel testo

- AEA Technology (1999). *Compilation of EU Dioxin Exposure and Health Data*. European Commission DG Environment, UK Department of the Environment, Transport and the Regions (DETR), October 1999, 629 pp..
- European Commission (2000). *Opinion of the SCF on the Risk Assessment of Dioxins and Dioxin-like PCBs in Food adopted on 22 November 2000*. Scientific Committee on Food (SCF), SCF/CS/CNTM/DIOXIN/8 Final, Bruxelles, 23 November 2000, 141 pp..
- European Commission (2001). *Opinion of the SCF on the Risk Assessment of Dioxins and Dioxin-like PCBs in Food adopted on 30 May 2001. Update based on new scientific information available since the adoption of the SCF opinion of 22nd November 2000*, Scientific Committee on Food (SCF), CS/CNTM/DIOXIN/20 final, Bruxelles, 29 pp..
- IPCS (1989). *Polychlorinated dibenzo-para-dioxins and dibenzofurans*. International Programme on Chemical Safety, Environmental Health Criteria 88, World Health Organization, Geneva, 1989.
- IPCS (1993). *Polychlorinated biphenyls and terphenyls (Second Edition)*. International Programme on Chemical Safety, Environmental Health Criteria 140, World Health Organization, Geneva, 1993.
- IPCS (1994). *Assessing human health risks of chemicals: derivation of guidance values for health-based exposure limits*. International Programme on Chemical Safety, Environmental Health Criteria 170, World Health Organization, Geneva, 1994.
- IPCS (2002). *Safety evaluation of certain food additives and contaminants*. Prepared by the Fifty-seventh meeting of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA), Rome, 5-14 June 2001, International Programme on Chemical Safety, WHO Food Additives Series 48, World Health Organization, Geneva, 2002.

- NATO/CCMS (1988). *International Toxicity Equivalency Factor (I-TEF) method of risk assessment for complex mixtures of dioxins and related compounds. Pilot study on international information exchange on dioxins and related compounds*. Report No. 176, North Atlantic Treaty Organization, Committee on Challenges of Modern Society, August 1988.
- U.S. EPA (2000a). *Exposure and human health reassessment of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) and related compounds. Part I Estimating exposure to dioxin-like compounds. Volume 3: Properties, environmental levels, and background exposures – Draft Final Report*. Exposure Assessment and Risk Characterization Group, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., EPA/600/P-00/001Bc, September 2000, 576 pp..
- van den Berg M., Birnbaum L., Bosveld B.T.C., Brunström B., Cook P., Feeley M., Giesy J.P., Hanberg A., Hasegawa R., Kennedy S.W., Kubiak T., Larsen J.C., van Leeuwen F.X.R., Liem A.K.D., Nolt C., Peterson R.E., Poellinger L., Safe S., Schrenck D., Tillitt D., Tysklind M., Younes M., Wærn F., Zacharewski T. (1998). *Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, PCDFs for humans and wildlife*. Environ. Health Perspect., **106** (12), 775-792.
- WHO (1998). *Assessment of the health risk of dioxins: re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI) – Executive Summary*. WHO European Centre for Environment and Health (WHO-ECEH), International Programme on Chemical Safety (IPCS), WHO Consultation, May 25-29 1998, Geneva, Switzerland.
- WHO (2000). *Assessment of the health risk of dioxins: re-evaluation of the Tolerable Daily Intake (TDI)*. Eds. F.X.R. van Leeuwen and M.M. Younes. Food Add. Contam., **17** (4), 223-369. Taylor and Francis, London, UK.
- WHO (2002). *Evaluation of certain food additives and contaminants*. Fifty-seventh report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives, Rome, 5-14 June 2001, WHO Technical Report Series 909, World Health Organization, Geneva, 2002, 186 pp..

11.2 Bibliografia consultata e non citata nel testo

- European Commission (2000). *Assessment of dietary intake of dioxins and related PCBs by the population of EU Member States*, Report SCOOP Task 3.2.5 (Dioxins). Final Report, Bruxelles, 7 June 2000, 115 pp..
- European Commission (2001). *Exposure data in risk assessments of organic chemicals expressed at the 25th CSTE Plenary Meeting*, Scientific Committee on Toxicity, Ecotoxicity and the Environment (CSTEE), C2/JCD/csteeop/ExpAssess20072001/D(01), bruxelles, 20 July 2001, 43 pp..
- Fiedler H. (1999). *Dioxin and furan inventories - National and regional emissions of PCDD/PCDF*. UNEP Chemicals, Report 99/7, Geneva, Switzerland, May 1999, 100 pp..
- U.S. EPA (1997). *Locating and estimating air emissions from sources of dioxins and furans*. Office of Air Quality Planning and Standards, Office of Air and Radiation, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina, EPA-454/R-97-003, May 1997, 318 pp..
- U.S. EPA (1999). *Exposure Factors Handbook (EFH)*. National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., EPA/600/C-99/001, February 1999, CD-ROM.
- U.S. EPA (2000b). *Exposure and human health reassessment of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) and related compounds. Part I: Estimating exposure to dioxin-like compounds. Volume 2: Sources of dioxin-like compounds in the United States – Draft Final Report*. Exposure Assessment and Risk Characterization Group, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., EPA/600/P-00/001Bb, September 2000, 571 pp..
- U.S. EPA (2000c). *Exposure and human health reassessment of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) and related compounds. Part I: Estimating exposure to dioxin-like compounds. Volume 4: Site-specific assessment procedures – Draft Final Report*. Exposure Assessment and Risk Characterization Group, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., EPA/600/P-00/001Bd, September 2000, 637 pp..

- U.S. EPA (2000d). *Exposure and human health reassessment of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) and related compounds. Part II: Health assessment of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) and related compounds – Draft Final Report*. Exposure Assessment and Risk Characterization Group, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., EPA/600/P-00/001Be, September 2000, 961 pp..
- U.S. EPA (2000e). *Exposure and human health reassessment of 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) and related compounds. Part III: Integrated summary and risk characterization for 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin (TCDD) and related compounds – Draft Final Report*. Exposure Assessment and Risk Characterization Group, National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., EPA/600/P-00/001Bg, September 2000, 961 pp..

11.3 Riferimenti normativi

- D.Lgs. 5 febbraio 1997, n.22 “Attuazione delle direttive 91/156/CEE sui rifiuti, 91/689/CEE sui rifiuti pericolosi e 94/62/CE sugli imballaggi e rifiuti di imballaggio” (G.U. n. 38 del 15 febbraio 1997, S.O. n. 33).
- D.M. (Ambiente) 25 ottobre 1999, n. 471 “Regolamento recante criteri, procedure e modalità per la messa in sicurezza, la bonifica e il ripristino ambientale dei siti inquinati, ai sensi dell'art. 17 del D.Lgs. 5 febbraio 1997, n. 22, e successive modificazioni e integrazioni” (G.U. n. 293 del 15 dicembre 1999, S.O. n. 218).

ALLEGATO 1: FATTORI DI TOSSICITÀ EQUIVALENTI

Il presente allegato concerne la definizione dei fattori tossicità equivalente dei congeneri tossici di diossine, furani e PCB *dioxin-like* riferiti alla 2,3,7,8-TCDD secondo gli schemi I-TEF (NATO/CCMS, 1988) e WHO-TEF (van den Berg *et al.*, 1998).

Essi sono riportati in dettaglio in Tab. A1.1 per diossine e furani (I-TEF e WHO-TEF) ed in Tab. A1.2 per i PCB *dioxin-like* (presenti solo nello schema WHO-TEF).

Tab. A1.1 – Fattori di tossicità equivalente (I-TEF e WHO-TEF) dei congeneri tossici di diossine e furani riferiti alla 2,3,7,8-TCDD.

Atomi di Cl	Diossine		Furani	
4	2,3,7,8-TCDD	1,0000	2,3,7,8 TCDF	0,1000
5	1,2,3,7,8-PeCDD	0,5000 (I) 1,0000 (WHO)	2,3,4,7,8 PeCDF	0,5000
			1,2,3,7,8 PeCDF	0,0500
6	1,2,3,4,7,8-HxCDD 1,2,3,7,8,9-HxCDD 1,2,3,6,7,8-HxCDD	0,1000	1,2,3,4,7,8 HxCDF 1,2,3,7,8,9 HxCDF 1,2,3,6,7,8 HxCDF 2,3,4,6,7,8 HxCDF	0,1000
7	1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0,0100	1,2,3,4,6,7,8 HpCDF 1,2,3,4,7,8,9 HpCDF	0,0100
8	OCDD	0,0010 (I) 0,0001 (WHO)	OCDF	0,0010 (I) 0,0001 (WHO)

Tab. A1.2 – Fattori di tossicità equivalente (WHO-TEF) dei congeneri tossici di PCB *dioxin-like* riferiti alla 2,3,7,8-TCDD.

Atomi di Cl	Formula strutturale	Numero IUPAC	WHO-TEF
Non-orto PCB			
4	3,3',4,4'-TCB	PCB-77	0,00010
	3,4,4',5-TCB	PCB-81	
5	3,3',4,4',5-PeCB	PCB-126	0,10000
6	3,3',4,4',5,5'-HxCB	PCB-169	0,01000
Mono-orto PCB			
5	2,3,4,4',5-PeCB	PCB-114	0,00050
	2,3,3',4,4'-PeCB	PCB-105	0,00010
	2,3',4,4',5-PeCB	PCB-118	
	2,3,4,4',5-PeCB	PCB-123	
6	2,3,3',4,4',5-HxCB	PCB-156	0,00050
	2,3,3',4,4',5'-HxCB	PCB-157	
	2,3',4,4',5,5'-HxCB	PCB-167	0,00001
7	2,3,3',4,4',5,5'-HpCB	PCB-189	0,00010

ALLEGATO 2: PROGETTI DI RICERCA DELLA FONDAZIONE LOMBARDIA PER L'AMBIENTE SUL TERRITORIO DI SEVESO NEL PERIODO 1994-2000

Il presente allegato concerne la descrizione schematica dei nove progetti di ricerca condotti dalla Fondazione Lombardia per l'Ambiente sul territorio di Seveso nel periodo 1994-2000. Essi sono riportati in dettaglio nelle Tabb. A2.1-A2.9 e riguardano in particolare i seguenti temi:

- “Studio dell’influenza della TCDD sulla modificazione del rapporto fra i sessi (*sex ratio*)” (vedi Tab. A2.1);
- “Epidemiologia molecolare degli effetti dell’esposizione a TCDD nell’area di Seveso” (vedi Tab. A2.2);
- “Valutazione della presenza attuale di 2,3,7,8-TCDD in prodotti alimentari dell’area di Seveso” (vedi Tab. A2.3);
- “Valutazione degli effetti della diossina (TCDD) sul sistema riproduttivo della fauna murina in zona B ed R di Seveso; analisi del rapporto sessi in spermatozoi da topolini trattati con TCDD; analisi della relazione dose-effetto in *Musca domestica*” (vedi Tab. A2.4);
- “Valutazione della presenza attuale di 2,3,7,8 TCDD nell’atmosfera dell’area interessata dall’incidente ICMESA” (vedi Tab. A2.5);
- “Campionamento analitico della 2,3,7,8-TCDD in campioni del suolo e in organismi indicatori vegetali e animali delle zone B ed R di Seveso e comuni limitrofi” (vedi Tab. A2.6);
- “Monitoraggio degli aspetti bio-naturalistici degli ecosistemi vegetali e animali del Bosco delle Querce di Seveso e Meda e aree limitrofe” (vedi Tab. A2.7);
- “Campionamento analitico della 2,3,7,8-TCDD residua in campioni di suolo, organismi indicatori vegetali e animali delle zone B ed R di Seveso e comuni limitrofi” (vedi Tab. A2.8);
- “Specie e ricchezza specifica della fauna del Bosco delle Querce; rischio biologico nella zona B” (vedi Tab. A2.9).

Tab. A2.1 – Progetto di ricerca
 “Studio dell’influenza della TCDD sulla modificazione del rapporto fra i sessi (*sex ratio*)”.

STUDIO DELL’INFLUENZA DELLA TCDD SULLA MODIFICAZIONE DEL RAPPORTO FRA I SESSI (<i>SEX RATIO</i>)
Budget 570 ML
Responsabile del progetto di ricerca prof. Paolo Mocarelli (Ospedale di Desio)
Collaborazione con altri Enti • Dipartimento di Patologia Clinica – Università degli Studi di Milano • Center for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA, USA • Dipartimento di Embriotossicologia – Università degli Studi di Berlino, Germania • Primo Dipartimento di Ostetricia-Ginecologia – Università degli Studi di Milano
Responsabile scientifico per la Fondazione Lombardia per l’Ambiente prof. Antonio Ballarin Denti
Cronologia • luglio 1994: avvio della ricerca • luglio 1995: prima relazione finale (1994-1995) • dicembre 1995: aggiornamento prima relazione finale • novembre 1997: seconda relazione finale (1996-1997)
Obiettivi della ricerca Il primo obiettivo è stato la verifica dell’influenza della diossina sul <i>sex ratio</i> dei nuovi nati, il secondo la compilazione di un <i>database</i> di tutte le donne interessate dallo studio.
Sintesi della ricerca La ricerca si è sviluppata secondo tre direttive. La prima ha inteso verificare l’influenza della diossina sul <i>sex ratio</i> (rapporto maschi/femmine) dei nuovi nati nel periodo 1977-1984, con il risultato di un’evidente superiorità numerica di femmine rispetto ai maschi. La ricerca si è quindi concentrata sulla valutazione della concentrazione minima di TCDD nel siero in grado di determinare la modifica del <i>sex ratio</i>; sulla valutazione delle possibili differenze tra gli effetti dovuti a esposizione materna e paterna; sulle conseguenze dell’esposizione di entrambi i genitori e sulla possibile reversibilità di questo effetto. Le analisi svolte hanno confermato l’influenza dell’esposizione dei genitori alla diossina sul sesso dei nascituri, fenomeno che scompare progressivamente negli anni successivi. In stretta attinenza con questa linea di ricerca, nel periodo 1994-1996 è stato approntato un <i>database</i> delle donne interessate dallo studio, di età compresa tra 0,5 e 30 anni al tempo dell’incidente e residenti nelle zone coinvolte (180 in zona A, 773 in zona B). Nel 1997, dopo un’attenta valutazione comparativa dei dati raccolti, si è potuto concludere quanto segue: per le donne residenti in zona A, si evidenzia una forte contaminazione in circa il 50% della popolazione e un’assenza di contaminazione nel 7-8% dei soggetti; il 44% delle donne della zona R sono risultate negative alla misurazione della concentrazione della TCDD. Un’ultima linea di ricerca ha evidenziato l’influenza della TCDD su alterazioni temporanee o persistenti del sistema immunitario in bambini esposti dopo l’incidente.

Tab. A2.2 – Progetto di ricerca
 “Epidemiologia molecolare degli effetti dell’esposizione a TCDD nell’area di Seveso”.

EPIDEMIOLOGIA MOLECOLARE DEGLI EFFETTI DELL’ESPOSIZIONE A TCDD NELL’AREA DI SEVESO
Budget 562 ML
Responsabile del progetto di ricerca prof. Pier Alberto Bertazzi (EPOCA, Istituto di Medicina del Lavoro – Università degli Studi di Milano)
Collaborazione con altri Enti • Istituti clinici di perfezionamento del Dipartimento di medicina del lavoro e delle patologie esterne correlate – Università degli Studi di Milano • Laboratory of Biochemical Risk Analysis – National Institute of Environmental Health Sciences, Research Triangle Park, NC, USA • Servizio di Epidemiologia e Sistema Informativo – Settore Sanità e Igiene – Regione Lombardia
Responsabile scientifico per la Fondazione Lombardia per l’Ambiente prof. Antonio Ballarin Denti
Cronologia • gennaio 1995: avvio della ricerca • dicembre 1995: prima relazione finale (1995) • ottobre 1997: seconda relazione finale (1996-1997)
Obiettivi della ricerca Valutazione degli effetti dell’esposizione alla diossina sull’uomo.

segue alla pagina successiva

Tab. A2.2 – *continua dalla pagina precedente.*

**EPIDEMIOLOGIA MOLECOLARE DEGLI EFFETTI
DELL'ESPOSIZIONE A TCDD NELL'AREA DI SEVESO**

Sintesi della ricerca

Lo studio si è articolato in tre fasi. La prima fase (1995) ha previsto lo studio di 60+60 soggetti residenti in zona altamente contaminata e in zona non contaminata, suddivisi per fasce d'età e abitudini di fumo, allo scopo di esaminare la distribuzione di un certo numero di marcatori di suscettibilità individuale e di effetto biologico precoce e di valicare le procedure e i metodi di laboratorio per analizzarli. La seconda fase (1996) ha esaminato soggetti affetti in passato da cloracne e soggetti con uguale età e sesso, della stessa area, non affetti da cloracne. Si è valutata la possibilità che, a parità di condizione di esposizione, siano i fattori di suscettibilità individuale a caratterizzare i casi rispetto ai non-casi.

La terza fase (1997) si è occupata di esaminare soggetti viventi e deceduti affetti da patologie tumorali in seguito all'incidente ICMESA, nel tentativo di individuare possibili legami con la contaminazione da diossina, in special modo sarcoma non-Hodgkin, tumore dei tessuti molli, del fegato, dell'apparato respiratorio, della mammella e della pelle. I soggetti colpiti sono stati affiancati a soggetti sani, per un totale di 125 casi, registrando un eccesso di mortalità dovuta a patologie cardiovascolari, in particolare nelle zone contaminate, legate alle conseguenze psico-sociali dell'incidente, in aggiunta alla contaminazione chimica, nonché un eccesso significativo di soggetti affetti da diabete. Il cancro al sistema linfatico e al tessuto ematopoietico è risultato superiore di due ordini di grandezza negli ultimi anni, sia negli uomini sia nelle donne. Negli uomini, inoltre, è stata riscontrata una recrudescenza del tumore ai polmoni e al retto. In conclusione, i risultati ottenuti sembrano confermare la diretta influenza dell'esposizione a diossina sull'insorgenza delle patologie indicate.

Tab. A2.3 – Progetto di ricerca “Valutazione della presenza attuale di 2,3,7,8-TCDD in prodotti alimentari dell’area di Seveso”.

VALUTAZIONE DELLA PRESENZA ATTUALE DI 2,3,7,8-TCDD IN PRODOTTI ALIMENTARI DELL’AREA DI SEVESO
Budget 221 ML
Responsabili del progetto di ricerca prof. Anna Arnoldi (Dipartimento di Scienze Molecolari Agroalimentari – Università degli Studi di Milano) dott. Roberto Fanelli (Istituto di Ricerche Farmacologiche “Mario Negri”, Milano)
Collaborazione con altri Enti • Azienda Regionale delle Foreste • Joint Research Center (JRC), Ispra (VA) • Servizio Veterinario USL Desio
Responsabile scientifico per la Fondazione Lombardia per l’Ambiente prof. Antonio Ballarin Denti
Cronologia • gennaio 1995: avvio della ricerca • maggio 1997: prima relazione finale (1995-1996) • settembre 1998: seconda relazione finale (1997) • marzo 1999: terza relazione finale (1998)
Obiettivi della ricerca Il progetto di ricerca nel suo complesso ha avuto lo scopo di valutare la concentrazione di diossina nei prodotti alimentari dell’area di Seveso.
Sintesi della ricerca Sono state condotte accurate analisi nel fegato di coniglio e in alimenti di origine vegetale. In particolare, sono stati analizzati campioni di fegato di conigli nutriti con erba raccolta in quattro siti significativi delle zone B ed R e campioni di zucchine, cetrioli e verze coltivati anch’essi nelle stesse zone. I dati di letteratura indicano infatti che questi ortaggi assorbono le policloro-dibenzodiossine dal terreno e sono in grado di traslocarle nelle parti aeree e accumularle. I risultati delle analisi sui fegati di coniglio hanno mostrato che la 2,3,7,8-TCDD è presente in quantità minori rispetto agli altri isomeri non correlati all’incidente ICMESA, la cui presenza è con ogni probabilità ascrivibile alla deposizione di diossine atmosferiche sui vegetali utilizzati come alimento per gli animali. Questi dati confermano pertanto i risultati di un’elevata deposizione atmosferica già riscontrata dagli studi sull’aria condotti negli anni precedenti dall’Istituto di Ricerche Farmacologiche “Mario Negri” (vedi Tab. A2.5). Anche i valori dei vegetali indicano un’origine di deposizione atmosferica. I valori espressi in equivalenti di tossicità per i fegati sono compresi tra 5 e 30 pg I-TEQ/g tessuto umido, per gli ortaggi variano da 0,03 a un massimo di 0,31 pg I-TEQ/g tessuto umido.

Tab. A2.4 – Progetto di ricerca

“Valutazione degli effetti della diossina (TCDD) sul sistema riproduttivo della fauna murina in zona B ed R di Seveso; analisi del rapporto sessi in spermatozoi da topolini trattati con TCDD; analisi della relazione dose-effetto in *Musca domestica*”.

VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELLA DIOSSINA (TCDD) SUL SISTEMA RIPRODUTTIVO DELLA FAUNA MURINA IN ZONA B ED R DI SEVESO; ANALISI DEL RAPPORTO SESSI IN SPERMATOZOI DA TOPOLINI TRATTATI CON TCDD; ANALISI DELLA RELAZIONE DOSE-EFFETTO IN <i>MUSCA DOMESTICA</i>	
Budget	375 ML
Responsabile del progetto di ricerca	prof. Carlo Alberto Redi (Dipartimento di Biologia Animale – Università degli Studi di Pavia)
Collaborazione con altri Enti	• Centro Grandi Strumenti – Università degli Studi di Pavia • Azienda Regionale delle Foreste • Dipartimento di Scienze dell’Ambiente e del Territorio (DISAT) – Università degli Studi di Milano Bicocca
Responsabile scientifico per la Fondazione Lombardia per l’Ambiente	prof. Antonio Ballarin Denti
Cronologia	• maggio 1996: avvio della ricerca • luglio 1997: prima relazione finale (1996-1997) • maggio 1998: seconda relazione finale (1997-1998) • dicembre 1999: terza relazione finale (1998-1999)
Obiettivi della ricerca	La ricerca ha inteso verificare gli effetti della diossina negli esemplari di topo delle zone B ed R ed individuare la zona stanziale dei topi del ceppo “Seveso”, caratterizzati da un nuovo cariotipo.

segue alla pagina successiva

Tab. A2.4 – continua dalla pagina precedente.

**VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI DELLA DIOSSINA (TCDD)
SUL SISTEMA RIPRODUTTIVO DELLA FAUNA MURINA
IN ZONA B ED R DI SEVESO; ANALISI DEL RAPPORTO SESSI
IN SPERMATOZOI DA TOPOLINI TRATTATI CON TCDD;
ANALISI DELLA RELAZIONE DOSE-EFFETTO IN *MUSCA DOMESTICA***

Sintesi della ricerca

Dal 1996 al 1998, anno conclusivo della ricerca, si è inteso: estendere le indagini relative agli esemplari di topo in zona B ed R; definire l'areale occupato dai topi del ceppo "Seveso" (*Mus domesticus*) caratterizzato da un cariotipo sino a oggi mai descritto (un articolo su questa scoperta è stato pubblicato sulla rivista scientifica *Nature*); analizzare gli effetti del trattamento con TCDD nei diversi momenti del ciclo vitale della mosca per valutare la relazione dose-effetto nel causare anomalie cromosomiche e alterazioni morfologiche.

Sostanzialmente i risultati conseguiti non hanno evidenziato danni istologici e citologici nei topi di zona B trattati con diossina. Inoltre non sono emersi segni di genotossicità e mutagenicità. Per quanto riguarda la valutazione del rapporto fra i sessi, i dati hanno confermato il normale rapporto di 1:1 tra spermatozoi X e Y. Le catture di topi all'interno della zona B hanno permesso di giungere a definire la zona in cui è presente il cariotipo $2n=24$ "Seveso", che comprende tutta la zona A (Bosco delle Querce) e metà della zona B con essa confinante. I test cronici condotti su mosca con 200 ng di TCDD non hanno mostrato anomalie cromosomiche sugli individui trattati. In conclusione si può affermare che la zona B di Seveso non presenta valori di rischio biologico diversi da quelli di altre realtà agricole-industriali, rischio risultato non di rilievo.

Tab. A2.5 – Progetto di ricerca “Valutazione della presenza attuale di 2,3,7,8 TCDD nell’atmosfera dell’area interessata dall’incidente ICMESA”.

VALUTAZIONE DELLA PRESENZA ATTUALE DI 2,3,7,8 TCDD NELL’ATMOSFERA DELL’AREA INTERESSATA DALL’INCIDENTE ICMESA	
Budget	399 ML
Responsabile del progetto di ricerca	dott. Roberto Fanelli (Istituto di Ricerche Farmacologiche “Mario Negri”, Milano)
Responsabile scientifico per la Fondazione Lombardia per l’Ambiente	prof. Antonio Ballarin Denti
Cronologia	• gennaio 1995: avvio della ricerca • settembre 1995: prima relazione finale (1995) • ottobre 1997: seconda relazione finale (1996-1997) • ottobre 1998: terza relazione finale (1997-1998) • marzo 1999: aggiornamento terza relazione finale
Obiettivi della ricerca	L’indagine ha avuto lo scopo di misurare nell’arco dei 4 anni 1995-1999 il contributo della diossina originata dall’incidente del 1976 all’inquinamento totale.
Sintesi della ricerca	I dati sulla presenza di diossina nel territorio di Seveso relativi ai quattro anni di indagine hanno confermato che non si rileva un contributo apprezzabile di diossina derivata dall’incidente all’inquinamento dell’area. Inoltre, i livelli atmosferici di diossina nel territorio sono risultati più alti di quelli registrati a Milano nello stesso periodo di tempo. Le concentrazioni rilevate sono risultate simili a quelle di siti localizzati in città altamente industrializzate e situati in prossimità di sorgenti primarie. Il profilo isomerico è risultato simile a quello legato alle emissioni da combustione. La ricerca ha dunque dovuto necessariamente valutare la presenza di tali fonti nel territorio di Seveso e nelle città vicine, al fine di pianificare appropriati interventi di recupero della qualità dell’aria.

Tab. A2.6 – Progetto di ricerca

“Campionamento analitico della 2,3,7,8-TCDD in campioni del suolo e in organismi indicatori vegetali e animali delle zone B ed R di Seveso e comuni limitrofi”.

CAMPIONAMENTO ANALITICO DELLA 2,3,7,8-TCDD IN CAMPIONI DEL SUOLO E IN ORGANISMI INDICATORI VEGETALI E ANIMALI DELLE ZONE B ED R DI SEVESO E COMUNI LIMITROFI
Budget 143 ML
Responsabile del progetto di ricerca prof. Sergio Facchetti (Joint Research Center (JRC), Ispra (VA))
Collaborazione con altri Enti • Azienda Regionale delle Foreste • Comune di Seveso
Responsabile scientifico per la Fondazione Lombardia per l'Ambiente prof. Antonio Ballarin Denti
Cronologia • gennaio 1995: avvio della ricerca • dicembre 1997: prima relazione finale (1995-1996) • marzo 1998: seconda relazione finale (1997-1998) • marzo 1999: terza relazione finale (1998-1999)
Obiettivi della ricerca Scopo della ricerca è stata la valutazione della contaminazione residua di diossina (2,3,7,8-TCDD) in zona B e in zona R.
Sintesi della ricerca Dagli elevati valori riscontrati durante le campagne di indagine, espressi in equivalenti di tossicità (I-TEQ), è possibile constatare che la 2,3,7,8-TCDD rilasciata durante l'incidente del 1976 ha, a tutt'oggi, una forte influenza nel suolo di zona B. Circa il 30% dei campioni presenta infatti valori superiori a 50 pg/g. Tuttavia, non essendo ancora uniformati a livello europeo i valori massimi ammissibili per l'utilizzo di siti contaminati da diossine e furani (PCDD/F), è possibile valutare i risultati solo riferendosi alle regolamentazioni delle singole nazioni. In Italia solo le regioni Emilia-Romagna, Piemonte e Toscana hanno fissato in 1 ng/g I-TEQ (1000 pg/g) il valore limite di PCDD/F in aree agricole e industriali. Le concentrazioni rilevate in zona R sono risultate considerevolmente inferiori a quelle di zona B, non confermando la tendenza riscontrata.

Tab. A2.7 – Progetto di ricerca “Monitoraggio degli aspetti bio-naturalistici degli ecosistemi vegetali e animali del Bosco delle Querce di Seveso e Meda e aree limitrofe”.

MONITORAGGIO DEGLI ASPETTI BIO-NATURALISTICI DEGLI ECOSISTEMI VEGETALI E ANIMALI DEL BOSCO DELLE QUERCE DI SEVESO E MEDA E AREE LIMITROFE	
Budget	122 ML
Responsabile del progetto di ricerca	dott. Paolo Lassini (Azienda Regionale delle Foreste)
Collaborazione con altri Enti	• Istituto di Coltivazioni Arboree – Università degli Studi di Milano • Dipartimento di Ecologia del Territorio – Università degli Studi di Pavia • Istituto di Selvicoltura – Università degli Studi di Firenze • Dipartimento di Scienze dell’Ambiente e del Territorio (DISAT) – Università degli Studi di Milano Bicocca
Responsabile scientifico per la Fondazione Lombardia per l’Ambiente	prof. Antonio Ballarin Denti
Cronologia	• gennaio 1998: avvio della ricerca • dicembre 1999: relazioni finali
Obiettivi della ricerca	La ricerca ha riguardato in via principale lo studio dello sviluppo delle specie arboree del Bosco delle Querce, l’indagine sulla gestione selvicolturale e l’analisi della condizione della copertura vegetale.
Sintesi della ricerca	La ricerca ha monitorato lo sviluppo delle specie arboree del Bosco delle Querce e la condizione della copertura vegetale nel tempo. Ha in seguito sviluppato un’indagine sulla dinamica di popolazioni animali nel territorio delle zone A, B ed R (sotto la direzione del prof. Renato Massa dell’Università degli Studi di Milano). Nel corso del 1999 si sono inoltre aggregate alle indagini in corso due linee di ricerca sviluppate nell’ambito dei progetti collegati alle borse di formazione della Fondazione. La prima concerne l’esame di <i>bioremediation</i> nei confronti di molecole inquinanti organiche da parte di ceppi di microrganismi (responsabile prof.ssa Vincenza Andreoni dell’Università degli Studi di Milano). La seconda è mirata all’analisi delle concentrazioni e dell’origine di metalli pesanti presenti nei suoli delle zone A e B (responsabile prof. Teresa Soldi Fulle, Università degli Studi di Pavia).

Tab. A2.8 – continua dalla pagina precedente.

**CAMPIONAMENTO ANALITICO DELLA 2,3,7,8-TCDD RESIDUA
IN CAMPIONI DI SUOLO, ORGANISMI INDICATORI VEGETALI E ANIMALI
DELLE ZONE B ED R DI SEVESO E COMUNI LIMITROFI**

Sintesi della ricerca

L'analisi del suolo e dei vegetali nel territorio di Seveso è stata sviluppata sulla base dei risultati acquisiti negli anni precedenti (vedi Tab. A2.6). È stato dimostrato che PCDD e PCDF non sono soggetti a mobilità e di conseguenza confermano il fatto che non si è riscontrata la presenza di diossine sotto i 30 cm di profondità dalla superficie. Sono tuttavia in corso ulteriori analisi per convalidare questa ipotesi e per valutare l'influenza delle diossine sulla salute dell'uomo. Infatti, poiché questi composti raggiungono la catena alimentare, è necessario sapere, in caso siano riscontrate diossine, se l'area contaminata è coltivata. In aree non coltivate la TCDD può raggiungere l'uomo per vie più dirette, a conferma che le analisi condotte sullo strato superficiale del terreno sono di significativa importanza.

La scelta dei siti è stata condizionata dalla presenza di orti in cui fossero reperibili cucurbitacee (zucchine) o vegetali simili. Le priorità per la scelta sono state le seguenti: conferma dei risultati delle campagne precedenti nei punti a più alta concentrazione; campionamento in siti non ancora controllati; selezione di aree adatte a un prelievo tra 30 e 50 cm di profondità ossia siti con alte concentrazioni non coltivati.

Nella zona A i campioni sono stati raccolti nelle vicinanze della vasca all'interno del Bosco delle Querce (collina di Seveso) e della vasca nella zona nord del Bosco (collina di Meda).

In totale sono stati prelevati 74 campioni di suolo (20 in zona A e 54 in zona B), 23 campioni di vegetali in zona B. Negli ultimi mesi della ricerca (febbraio-marzo 2000) sono state ripetute le analisi del suolo con apparecchi di misurazione innovativi, che hanno permesso di ottenere risultati estremamente precisi evidenziando una residua contaminazione di TCDD superiore ai valori recentemente stabiliti dal D.M. 471/1999.

Tab. A2.9 – Progetto di ricerca “Specie e ricchezza specifica della fauna del Bosco delle Querce; rischio biologico nella zona B”.

SPECIE E RICCHEZZA SPECIFICA DELLA FAUNA DEL BOSCO DELLE QUERCE; RISCHIO BIOLOGICO NELLA ZONA B	
Budget	72 ML
Responsabile del progetto di ricerca	prof. Carlo Alberto Redi (Dipartimento di Biologia Animale – Università degli Studi di Pavia)
Collaborazione con altri Enti	• Centro Grandi Strumenti – Università degli Studi di Pavia • Azienda Regionale delle Foreste • Dipartimento di Scienze dell’Ambiente e del Territorio (DISAT) – Università degli Studi di Milano Bicocca
Responsabile scientifico per la Fondazione Lombardia per l’Ambiente	prof. Antonio Ballarin Denti
Cronologia	• 1999: avvio della ricerca • maggio 2000: relazione finale
Obiettivi della ricerca	Il primo obiettivo è stato la valutazione qualitativa e quantitativa della fauna attualmente presente nel Bosco delle Querce con indicazione del numero di specie, diversità specifica e ricchezza specifica per le popolazioni di Artropodi, Uccelli e Mammiferi. Il secondo obiettivo è stato la valutazione dell’eventuale danno a livello popolazionistico per Artropodi, Uccelli e Mammiferi (Bosco delle Querce verso parchi urbani milanesi e pavesi) e del rischio biologico nella zona B, a livello molecolare come indici prognostici del danno a livello del DNA di mammiferi e a livello cellulare. Infine, il terzo obiettivo è stato il completamento delle indagini di laboratorio sulla somministrazione di 2,3,7,8 TCDD a mosche e topi per la definizione di un saggio di mutagenesi da diossina sui ditteri e per la valutazione dei danni da assunzione a livello embrionale e fetale.

segue alla pagina successiva

Tab. A2.9 – continua dalla pagine precedente.

**SPECIE E RICCHEZZA SPECIFICA DELLA FAUNA
DEL BOSCO DELLE QUERCE; RISCHIO BIOLOGICO NELLA ZONA B**

Sintesi della ricerca

Il progetto, proseguimento delle indagini iniziate negli anni scorsi sulla fauna, ha avuto lo scopo di analizzare la fauna attualmente presente nel Bosco delle Querce. A questa attività è stata affiancata la continuazione dell'analisi delle cellule germinali dei piccoli mammiferi presenti, iniziata negli anni precedenti, quale reagente biologico per i saggi di mutagenicità. L'intento è stato quello di giungere a un'articolata definizione delle specie presenti e della loro ricchezza specifica con particolare riguardo a Artropodi, Uccelli, Mammiferi (questi ultimi ancora oggi meno censiti rispetto ad altri gruppi). La conoscenza della fauna presente è di particolare rilievo per la definizione della qualità del Bosco come parco artificialmente creato, in considerazione della non elevata superficie (43 ettari) e della caratterizzazione come parco urbano ad alto indice di isolamento.

In questa fase della ricerca è stata prestata particolare attenzione ai dati finali relativi alla fauna e al rischio biologico del Bosco delle Querce. Per quanto riguarda quest'ultimo aspetto, sono stati analizzati gli spermatozoi di *Lumbricus terrestris* prelevati al Parco Sempione di Milano. Questa analisi si è dimostrata estremamente significativa per la valutazione della qualità del suolo in relazione alla presenza di contaminanti. I risultati della ricerca hanno dimostrato che non esiste particolare differenza tra gli spermatozoi dei lombrichi prelevati a Seveso e quelli di Milano (campione di controllo). D'altro lato, la ricerca sui topi della ex zona B non ha dato i risultati sperati data la scarsità di esemplari catturati. Gli spermatozoi di questi ultimi sono stati sottoposti a valutazione morfologica, al saggio COMETA e all'analisi dell'architettura dell'epitelio seminifero. Nessun danno istologico, cellulare e molecolare è risultato evidente. Rispetto alla fase iniziale della ricerca (vedi Tab. A2.4), è stato possibile evidenziare un miglioramento per tutti gli indici caratteristici delle carbidocenosi considerati.

ALLEGATO 3: PRIME ELABORAZIONE GRAFICHE E STATISTICHE SUI DATI DI CONTAMINAZIONE RESIDUA DA DIOSSINE NELLA ZONA B DI SEVESO

Il presente allegato concerne le prime elaborazione grafiche e statistiche sui dati di contaminazione residua da diossina nella zona B di Seveso determinate sulla base di una griglia a maglie quadrate $150 \times 150 \text{ m}^2$, basandosi sui dati rilevati dal JRC di Ispra nell'ambito dei campionamenti effettuati nel periodo 1997-1999.

Questi sono presentati nelle Tabb. A3.1-A3.3 ordinati per maglia (da Ovest a Est e da Nord a Sud), per concentrazione (crescente) e per Comune e concentrazione.

In Fig. A3.1 si riportano con differenti colori le diverse concentrazioni di I-TEQ rilevate in zona B, mentre in Fig. A3.2 si indicano le singole maglie in cui avviene il superamento del valore limite tabellare per siti a destinazione d'uso verde pubblico, verde privato e residenziale di $10 \text{ ngI-TEQ (kgSS)}^{-1}$ previsto dal D.M. 471/1999.

I valori attribuiti a ciascuna maglia derivano dalla media dei valori relativi ai diversi campionamenti effettuati all'interno della maglia stessa.

I dati presentati nelle Tabb. A3.1-A3.3 sono stati elaborati dalla dott.ssa Elena Fattore e dall'ing. Giuseppe Pastorelli.

I dati presentati nelle Figg. A3.1-A3.2 sono stati elaborati dall'ing. Paola Torricelli, mentre la realizzazione cartografica è stata curata dall'arch. Annamaria Rivolta.

Tab. A3.1 – Diossine (TCDD, I-TEQ e WHO-TEQ) rilevate dal JRC di Ispra nell'ambito dei campionamenti effettuati nel periodo 1997-1999 (dati ordinati per maglia).

coord. X (maglia)	coord. Y (maglia)	# campione	coord. X [m]	coord. Y [m]	TCDD [ng (kgSS) ⁻¹]	I-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	WHO-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	rapporto TCDD/I-TEQ	rapporto TCDD/WHO-TEQ	Comune/i
I	18	I	1.390	3.500	22	23	23	0,957	0,943	Seveso
		II	1.500	3.535	13	15	15	0,867	0,874	Seveso
	21		1.520	3.040	6,6	7,8	8,2	0,846	0,810	Seveso
J	20	I	1.630	3.235	1,8	2,7	2,7	0,667	0,661	Seveso
		II	1.615	3.185	7,4	7,9	7,9	0,937	0,932	Seveso
		III	1.650	3.290	2,1	3,5	3,6	0,600	0,590	Seveso
	21		1.575	3.075	110	113	114	0,973	0,965	Seveso
	22		1.600	2.950	9,9	13	14	0,762	0,723	Cesano Maderno
K	14		1.725	4.150	32	35	35	0,914	0,919	Seveso
	15		1.725	4.010	57	58	58	0,983	0,976	Seveso
	16	Ia	1.740	3.855	39	42	42	0,929	0,924	Seveso
		Ib	1.740	3.865	45	49	49	0,918	0,920	Seveso
		Ic	1.750	3.865	34	39	40	0,872	0,859	Seveso
		Id	1.750	3.855	40	43	43	0,930	0,920	Seveso
		Ie	1.745	3.860	39	43	43	0,907	0,909	Seveso
		II	1.739	3.854	32	34	34	0,941	0,937	Seveso
		III	1.795	3.882	30	36	35	0,833	0,855	Seveso
	18		1.800	3.569	32	35	35	0,914	0,906	Seveso
	19		1.740	3.320	20	26	26	0,769	0,760	Seveso
	20		1.799	3.169	13	14	14	0,929	0,905	Seveso
	21	I	1.800	3.105	110	112	113	0,982	0,977	Seveso
		II	1.715	3.062	40	44	44	0,909	0,915	Seveso
		III	1.715	3.090	120	122	122	0,984	0,982	Seveso
		IV	1.800	3.150	8,4	11	11	0,764	0,753	Seveso
	22		1.800	2.940	70	73	73	0,959	0,961	Cesano Maderno
	23		1.810	2.780	7,9	10	10	0,790	0,763	Cesano Maderno

segue alla pagina successiva

Tab. A3.1 – continua dalla pagina precedente.

		coord. X (maglia)	coord. Y (maglia)	# campione	coord. X [m]	coord. Y [m]	TCDD [ng (kgSS) ⁻¹]	I-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	WHO-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	rapporto TCDD/I-TEQ	rapporto TCDD/WHO-TEQ	Comune/i
L	15				1.875	3.975	65	72	73	0,903	0,890	Seveso
	16				1.865	3.812	77	80	80	0,963	0,960	Seveso
	17	Ia			1.880	3.665	79	82	83	0,963	0,956	Seveso
		Ib			1.880	3.680	34	37	37	0,919	0,919	Seveso
	18				1.985	3.540	55	58	58	0,948	0,950	Seveso
	19				1.921	3.370	45	54	54	0,833	0,826	Seveso
	20				1.910	3.268	19	22	23	0,864	0,839	Seveso
	21				1.900	3.020	17	19	20	0,895	0,870	Seveso
M	22				1.910	2.935	19	21	21	0,905	0,897	Cesano Maderno
	17	Ia			2.025	3.675	67	70	71	0,957	0,950	Seveso
		Ib			1.995	3.685	72	75	76	0,960	0,947	Seveso
	18				2.030	3.495	3,8	7	7,1	0,543	0,536	Seveso
	19				1.990	3.335	26	41	42	0,634	0,620	Seveso
	20				2.018	3.195	6,3	11	11	0,573	0,554	Seveso
	21	I			2.025	3.075	16	21	21	0,762	0,762	Seveso
		II			2.020	3.080	4,5	5,8	5,9	0,776	0,763	Seveso
N	22				2.025	2.925	12	17	18	0,706	0,667	Cesano Maderno
	16				2.175	3.825	83	90	91	0,922	0,912	Seveso
	18	I			2.249	3.595	7,7	33	32	0,233	0,240	Seveso
		II			2.235	3.535	24	43	44	0,558	0,547	Seveso
	21				2.210	3.080	8,9	12	12	0,742	0,742	Seveso
	22				2.190	2.875	7,9	9,3	9,3	0,849	0,847	Cesano Maderno
	23				2.230	2.730	15	18	18	0,833	0,851	Cesano Maderno
	24	I			2.180	2.560	250	253	253	0,988	0,987	Cesano Maderno
		II			2.200	2.600	85	93	92	0,914	0,925	Cesano Maderno
		III			2.210	2.675	150	159	157	0,943	0,956	Cesano Maderno
	25	I			2.195	2.485	77	80	81	0,963	0,956	Cesano Maderno
		II			2.175	2.475	115	119	119	0,966	0,966	Cesano Maderno
	26				2.220	2.250	29	37	37	0,784	0,789	Cesano Maderno
	27				2.190	2.140	19	23	23	0,826	0,833	Cesano Maderno

segue alla pagina successiva

Tab. A3.1 – continua dalla pagina precedente.

		coord. X (maglia)	coord. Y (maglia)	# campione	coord. X [m]	coord. Y [m]	TCDD [ng (kgSS) ⁻¹]	I-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	WHO-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	rapporto TCDD/I-TEQ	rapporto TCDD/WHO-TEQ	Comune/i
O	22				2.325	2.925	15	20	20	0,750	0,750	Cesano Maderno
	23				2.390	2.820	8	9,8	9,9	0,816	0,809	Cesano Maderno
	24				2.345	2.662	29	33	33	0,879	0,883	Cesano Maderno
	25	I			2.330	2.475	65	70	70	0,929	0,922	Cesano Maderno
		II			2.330	2.475	52	56	56	0,929	0,929	Cesano Maderno
		III			2.330	2.475	37	41	42	0,902	0,881	Cesano Maderno
	26				2.340	2.310	1,4	3,3	3,3	0,424	0,419	Cesano Maderno
	27				2.325	2.175	21	26	26	0,808	0,808	Cesano Maderno
	28				2.325	2.025	27	33	34	0,818	0,794	Cesano Maderno
P	25				2.475	2.475	35	39	39	0,897	0,897	Cesano Maderno
	26				2.475	2.325	61	64	64	0,953	0,953	Cesano Maderno
	27				2.480	2.200	3	5,6	5,7	0,536	0,529	Cesano Maderno
	28				2.470	2.018	44	56	56	0,786	0,783	Cesano Maderno
	29				2.475	1.875	13	16	16	0,813	0,813	Cesano Maderno
Q	27				2.625	2.175	15	19	19	0,789	0,789	Cesano Maderno
	28	I			2.650	2.010	210	224	225	0,938	0,934	Cesano Maderno
		II			2.625	2.025	64	71	72	0,901	0,889	Cesano Maderno
	29				2.625	1.875	12	18	18	0,667	0,667	Cesano Maderno
	30				2.625	1.725	9	17	16	0,529	0,563	Cesano Maderno
R	27				2.775	2.175	1,5	5,9	6,2	0,254	0,242	Cesano Maderno
	28				2.775	2.025	34	38	38	0,895	0,895	Cesano Maderno
	29				2.775	1.875	45	48	48	0,938	0,938	Cesano Maderno
	30				2.775	1.745	15	19	19	0,789	0,785	Cesano Maderno
	31				2.775	1.575	15	24	25	0,625	0,600	Cesano Maderno
S	29				2.925	1.875	39	42	42	0,929	0,929	Cesano Maderno
	30				2.925	1.725	5,6	7,7	7,6	0,727	0,737	Cesano Maderno
T	30				3.070	1.745	49	59	58	0,831	0,839	Cesano Maderno
	31				3.065	1.560	39	42	42	0,929	0,936	Cesano Maderno
	33				3.030	1.360	16	18	19	0,889	0,865	Cesano Maderno

segue alla pagina successiva

Tab. A3.1 – continua dalla pagina precedente.

	coord. X (maglia)	coord. Y (maglia)	# campione	coord. X [m]	coord. Y [m]	TCDD [ng (kgSS) ⁻¹]	I-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	WHO-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	rapporto TCDD/I-TEQ	rapporto TCDD/WHO-TEQ	Comune/i
U	30			3.235	1.740	16	20	20	0,800	0,787	Cesano Maderno
	31			3.225	1.575	29	31	31	0,935	0,935	Cesano Maderno
	32	I		3.260	1.410	27	29	29	0,931	0,925	Cesano Maderno
		II		3.225	1.425	0,19	1,5	1,5	0,127	0,127	Cesano Maderno
V	30			3.380	1.660	13	15	15	0,867	0,886	Desio
	31			3.375	1.575	29	32	32	0,906	0,906	Cesano Maderno
	32	I		3.375	1.425	36	40	40	0,900	0,900	Cesano Maderno/Desio
		II		3.375	1.425	43	46	46	0,935	0,935	Cesano Maderno
	33			3.375	1.275	34	36	37	0,944	0,919	Desio
	34			3.375	1.125	19	22	22	0,864	0,864	Desio
W	30			3.540	1.740	10	12	13	0,833	0,799	Desio
	31			3.525	1.575	67	71	71	0,944	0,944	Desio
	32			3.525	1.425	39	44	44	0,886	0,881	Desio
	33			3.525	1.275	25	38	38	0,658	0,658	Desio
	34			3.545	1.112	4,2	6,3	6,3	0,667	0,663	Desio
	35			3.550	990	24	26	27	0,923	0,903	Desio
	37			3.560	650	18	21	21	0,857	0,859	Desio
X	30			3.690	1.750	8,3	10	9,8	0,830	0,843	Desio
	31			3.740	1.560	13	16	16	0,813	0,796	Desio
	32			3.675	1.575	16	21	22	0,762	0,727	Desio
	33			3.660	1.300	19	24	24	0,792	0,783	Desio
	34			3.675	1.125	29	34	34	0,853	0,853	Desio
	35			3.710	990	9,9	19	18	0,521	0,549	Desio
Y	34			3.870	1.130	19	23	23	0,826	0,838	Desio
	35			3.890	960	34	37	37	0,919	0,926	Desio
	36	I		3.890	800	20	22	22	0,909	0,891	Desio
		II		3.800	810	28	32	32	0,875	0,887	Desio

segue alla pagina successiva

Tab. A3.1 – continua dalla pagina precedente.

	coord. X (maglia)	coord. Y (maglia)	# campione	coord. X [m]	coord. Y [m]	TCDD [ng (kgSS) ⁻¹]	I-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	WHO-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	rapporto TCDD/I-TEQ	rapporto TCDD/WHO-TEQ	Comune/i
Z	35			3.975	975	39	55	56	0,709	0,696	Desio
	36			4.010	830	24	26	26	0,923	0,923	Desio
	37	I		4.010	710	18	21	21	0,857	0,871	Desio
		II		4.020	740	11	13	13	0,846	0,824	Desio
		III		4.010	760	54	58	58	0,931	0,936	Desio
AA	36			4.085	870	16	19	19	0,842	0,841	Desio
	37			4.125	675	47	51	51	0,922	0,922	Desio
	38			4.125	525	38	42	42	0,905	0,905	Desio
AB	36			4.290	810	23	31	30	0,742	0,759	Desio
	37			4.280	700	22	31	30	0,710	0,728	Desio
	38			4.275	525	26	29	29	0,897	0,897	Desio
AC	37			4.455	605	27	29	29	0,931	0,921	Desio
	38			4.425	525	15	20	20	0,750	0,750	Desio
	39			4.490	370	19	22	22	0,864	0,863	Desio
50%ile						25,5	31,0	30,6	0,869	0,870	
95%ile						103,8	107,3	107,4	0,963	0,961	
min						0,2	1,5	1,5	0,127	0,127	
max						250,0	253,0	253,4	0,988	0,987	
media						35,1	39,5	39,6	0,827	0,823	
mediana						25,5	31,0	30,6	0,869	0,870	

Tab. A3.2 – Diossine (TCDD, I-TEQ e WHO-TEQ) rilevate dal JRC di Ispra nell'ambito dei campionamenti effettuati nel periodo 1997-1999 (dati ordinati per concentrazione crescente).

	coord. X (maglia)	coord. Y (maglia)	# campione	coord. X [m]	coord. Y [m]	TCDD [ng (kgSS) ⁻¹]	I-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	WHO-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	rapporto TCDD/I-TEQ	rapporto TCDD/WHO-TEQ	Comune/i
U	32	II		3.225	1.425	0,19	1,5	1,5	0,127	0,127	Cesano Maderno
J	20	I		1.630	3.235	1,8	2,7	2,7	0,667	0,661	Seveso
O	26			2.340	2.310	1,4	3,3	3,3	0,424	0,419	Cesano Maderno
J	20	III		1.650	3.290	2,1	3,5	3,6	0,600	0,590	Seveso
P	27			2.480	2.200	3	5,6	5,7	0,536	0,529	Cesano Maderno
M	21	II		2.020	3.080	4,5	5,8	5,9	0,776	0,763	Seveso
R	27			2.775	2.175	1,5	5,9	6,2	0,254	0,242	Cesano Maderno
W	34			3.545	1.112	4,2	6,3	6,3	0,667	0,663	Desio
M	18			2.030	3.495	3,8	7	7,1	0,543	0,536	Seveso
S	30			2.925	1.725	5,6	7,7	7,6	0,727	0,737	Cesano Maderno
I	21			1.520	3.040	6,6	7,8	8,2	0,846	0,810	Seveso
J	20	II		1.615	3.185	7,4	7,9	7,9	0,937	0,932	Seveso
N	22			2.190	2.875	7,9	9,3	9,3	0,849	0,847	Cesano Maderno
O	23			2.390	2.820	8	9,8	9,9	0,816	0,809	Cesano Maderno
X	30			3.690	1.750	8,3	10	9,8	0,830	0,843	Desio
K	23			1.810	2.780	7,9	10	10	0,790	0,763	Cesano Maderno
K	21	IV		1.800	3.150	8,4	11	11	0,764	0,753	Seveso
M	20			2.018	3.195	6,3	11	11	0,573	0,554	Seveso
N	21			2.210	3.080	8,9	12	12	0,742	0,742	Seveso
W	30			3.540	1.740	10	12	13	0,833	0,799	Desio
Z	37	II		4.020	740	11	13	13	0,846	0,824	Desio
J	22			1.600	2.950	9,9	13	14	0,762	0,723	Cesano Maderno
K	20			1.799	3.169	13	14	14	0,929	0,905	Seveso
V	30			3.380	1.660	13	15	15	0,867	0,886	Desio
I	18	II		1.500	3.535	13	15	15	0,867	0,874	Seveso

segue alla pagina successiva

Tab. A3.2 – continua dalla pagina precedente.

	coord. X (maglia)	coord. Y (maglia)	# campione	coord. X [m]	coord. Y [m]	TCDD [ng (kgSS) ⁻¹]	I-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	WHO-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	rapporto TCDD/I-TEQ	rapporto TCDD/WHO-TEQ	Comune/i
P	29			2.475	1.875	13	16	16	0,813	0,813	Cesano Maderno
X	31			3.740	1.560	13	16	16	0,813	0,796	Desio
Q	30			2.625	1.725	9	17	16	0,529	0,563	Cesano Maderno
M	22			2.025	2.925	12	17	18	0,706	0,667	Cesano Maderno
N	23			2.230	2.730	15	18	18	0,833	0,851	Cesano Maderno
Q	29			2.625	1.875	12	18	18	0,667	0,667	Cesano Maderno
T	33			3.030	1.360	16	18	19	0,889	0,865	Cesano Maderno
X	35			3.710	990	9,9	19	18	0,521	0,549	Desio
Q	27			2.625	2.175	15	19	19	0,789	0,789	Cesano Maderno
AA	36			4.085	870	16	19	19	0,842	0,841	Desio
R	30			2.775	1.745	15	19	19	0,789	0,785	Cesano Maderno
L	21			1.900	3.020	17	19	20	0,895	0,870	Seveso
O	22			2.325	2.925	15	20	20	0,750	0,750	Cesano Maderno
AC	38			4.425	525	15	20	20	0,750	0,750	Desio
U	30			3.235	1.740	16	20	20	0,800	0,787	Cesano Maderno

Z	37	I		4.010	710	18	21	21	0,857	0,871	Desio
W	37			3.560	650	18	21	21	0,857	0,859	Desio
M	21	I		2.025	3.075	16	21	21	0,762	0,762	Seveso
L	22			1.910	2.935	19	21	21	0,905	0,897	Cesano Maderno
X	32			3.675	1.575	16	21	22	0,762	0,727	Desio
V	34			3.375	1.125	19	22	22	0,864	0,864	Desio
AC	39			4.490	370	19	22	22	0,864	0,863	Desio
Y	36	I		3.890	800	20	22	22	0,909	0,891	Desio
L	20			1.910	3.268	19	22	23	0,864	0,839	Seveso
Y	34			3.870	1.130	19	23	23	0,826	0,838	Desio
N	27			2.190	2.140	19	23	23	0,826	0,833	Cesano Maderno
I	18	I		1.390	3.500	22	23	23	0,957	0,943	Seveso
X	33			3.660	1.300	19	24	24	0,792	0,783	Desio
R	31			2.775	1.575	15	24	25	0,625	0,600	Cesano Maderno

segue alla pagina successiva

Tab. A3.2 – continua dalla pagina precedente.

coord. X (maglia)	coord. Y (maglia)	# campione	coord. X [m]	coord. Y [m]	TCDD [ng (kgSS) ⁻¹]	I-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	WHO-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	rapporto TCDD/I-TEQ	rapporto TCDD/WHO-TEQ	Comune/i
O	27		2.325	2.175	21	26	26	0,808	0,808	Cesano Maderno
Z	36		4.010	830	24	26	26	0,923	0,923	Desio
K	19		1.740	3.320	20	26	26	0,769	0,760	Seveso
W	35		3.550	990	24	26	27	0,923	0,903	Desio
AB	38		4.275	525	26	29	29	0,897	0,897	Desio
U	32	I	3.260	1.410	27	29	29	0,931	0,925	Cesano Maderno
AC	37		4.455	605	27	29	29	0,931	0,921	Desio
AB	37		4.280	700	22	31	30	0,710	0,728	Desio
AB	36		4.290	810	23	31	30	0,742	0,759	Desio
U	31		3.225	1.575	29	31	31	0,935	0,935	Cesano Maderno
Y	36	II	3.800	810	28	32	32	0,875	0,887	Desio
V	31		3.375	1.575	29	32	32	0,906	0,906	Cesano Maderno
N	18	I	2.249	3.595	7,7	33	32	0,233	0,240	Seveso
O	24		2.345	2.662	29	33	33	0,879	0,883	Cesano Maderno
O	28		2.325	2.025	27	33	34	0,818	0,794	Cesano Maderno
X	34		3.675	1.125	29	34	34	0,853	0,853	Desio
K	16	II	1.739	3.854	32	34	34	0,941	0,937	Seveso
K	14		1.725	4.150	32	35	35	0,914	0,919	Seveso
K	18		1.800	3.569	32	35	35	0,914	0,906	Seveso
K	16	III	1.795	3.882	30	36	35	0,833	0,855	Seveso
V	33		3.375	1.275	34	36	37	0,944	0,919	Desio
Y	35		3.890	960	34	37	37	0,919	0,926	Desio
N	26		2.220	2.250	29	37	37	0,784	0,789	Cesano Maderno
L	17	Ib	1.880	3.680	34	37	37	0,919	0,919	Seveso
W	33		3.525	1.275	25	38	38	0,658	0,658	Desio
R	28		2.775	2.025	34	38	38	0,895	0,895	Cesano Maderno
P	25		2.475	2.475	35	39	39	0,897	0,897	Cesano Maderno
K	16	Ic	1.750	3.865	34	39	40	0,872	0,859	Seveso
V	32	I	3.375	1.425	36	40	40	0,900	0,900	Cesano Maderno/Desio

segue alla pagina successiva

Tab. A3.2 – continua dalla pagina precedente.

	coord. X (maglia)	coord. Y (maglia)	# campione	coord. X [m]	coord. Y [m]	TCDD [ng (kgSS) ⁻¹]	I-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	WHO-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	rapporto TCDD/I-TEQ	rapporto TCDD/WHO-TEQ	Comune/i
M	19			1.990	3.335	26	41	42	0,634	0,620	Seveso
O	25	III		2.330	2.475	37	41	42	0,902	0,881	Cesano Maderno
T	31			3.065	1.560	39	42	42	0,929	0,936	Cesano Maderno
AA	38			4.125	525	38	42	42	0,905	0,905	Desio
S	29			2.925	1.875	39	42	42	0,929	0,929	Cesano Maderno
K	16	Ia		1.740	3.855	39	42	42	0,929	0,924	Seveso
K	16	Ie		1.745	3.860	39	43	43	0,907	0,909	Seveso
K	16	Id		1.750	3.855	40	43	43	0,930	0,920	Seveso
N	18	II		2.235	3.535	24	43	44	0,558	0,547	Seveso
K	21	II		1.715	3.062	40	44	44	0,909	0,915	Seveso
W	32			3.525	1.425	39	44	44	0,886	0,881	Desio
V	32	II		3.375	1.425	43	46	46	0,935	0,935	Cesano Maderno
R	29			2.775	1.875	45	48	48	0,938	0,938	Cesano Maderno
K	16	Ib		1.740	3.865	45	49	49	0,918	0,920	Seveso

AA	37			4.125	675	47	51	51	0,922	0,922	Desio
L	19			1.921	3.370	45	54	54	0,833	0,826	Seveso
Z	35			3.975	975	39	55	56	0,709	0,696	Desio
O	25	II		2.330	2.475	52	56	56	0,929	0,929	Cesano Maderno
P	28			2.470	2.018	44	56	56	0,786	0,783	Cesano Maderno
Z	37	III		4.010	760	54	58	58	0,931	0,936	Desio
L	18			1.985	3.540	55	58	58	0,948	0,950	Seveso
K	15			1.725	4.010	57	58	58	0,983	0,976	Seveso
T	30			3.070	1.745	49	59	58	0,831	0,839	Cesano Maderno

P	26			2.475	2.325	61	64	64	0,953	0,953	Cesano Maderno
O	25	I		2.330	2.475	65	70	70	0,929	0,922	Cesano Maderno

segue alla pagina successiva

Tab. A3.2 – continua dalla pagina precedente.

	coord. X (maglia)	coord. Y (maglia)	# campione	coord. X [m]	coord. Y [m]	TCDD [ng (kgSS) ⁻¹]	I-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	WHO-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	rapporto TCDD/I-TEQ	rapporto TCDD/WHO-TEQ	Comune/i
M	17	Ia	2.025	3.675	67	70	71	0,957	0,950		Seveso
W	31		3.525	1.575	67	71	71	0,944	0,944		Desio
Q	28	II	2.625	2.025	64	71	72	0,901	0,889		Cesano Maderno
L	15		1.875	3.975	65	72	73	0,903	0,890		Seveso
K	22		1.800	2.940	70	73	73	0,959	0,961		Cesano Maderno
M	17	Ib	1.995	3.685	72	75	76	0,960	0,947		Seveso
L	16		1.865	3.812	77	80	80	0,963	0,960		Seveso
N	25	I	2.195	2.485	77	80	81	0,963	0,956		Cesano Maderno
L	17	Ia	1.880	3.665	79	82	83	0,963	0,956		Seveso
N	16		2.175	3.825	83	90	91	0,922	0,912		Seveso
N	24	II	2.200	2.600	85	93	92	0,914	0,925		Cesano Maderno
K	21	I	1.800	3.105	110	112	113	0,982	0,977		Seveso
J	21		1.575	3.075	110	113	114	0,973	0,965		Seveso
N	25	II	2.175	2.475	115	119	119	0,966	0,966		Cesano Maderno
K	21	III	1.715	3.090	120	122	122	0,984	0,982		Seveso
N	24	III	2.210	2.675	150	159	157	0,943	0,956		Cesano Maderno
Q	28	I	2.650	2.010	210	224	225	0,938	0,934		Cesano Maderno
N	24	I	2.180	2.560	250	253	253	0,988	0,987		Cesano Maderno
50%ile					25,5	31,0	30,6	0,869	0,870		
95%ile					103,8	107,3	107,4	0,963	0,961		
min					0,2	1,5	1,5	0,127	0,127		
max					250,0	253,0	253,4	0,988	0,987		
media					35,1	39,5	39,6	0,827	0,823		
mediana					25,5	31,0	30,6	0,869	0,870		

Tab. A3.3 – Diossine (TCDD, I-TEQ e WHO-TEQ) rilevate dal JRC di Ispra nell'ambito dei campionamenti effettuati nel periodo 1997-1999 (dati ordinati per comune e concentrazione).

	coord. X (maglia)	coord. Y (maglia)	# campione	coord. X [m]	coord. Y [m]	TCDD [ng (kgSS) ⁻¹]	I-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	WHO-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	rapporto TCDD/I-TEQ	rapporto TCDD/WHO-TEQ	Comune/i
U	32	II		3.225	1.425	0,19	1,5	1,5	0,127	0,127	Cesano Maderno
O	26			2.340	2.310	1,4	3,3	3,3	0,424	0,419	
P	27			2.480	2.200	3	5,6	5,7	0,536	0,529	
R	27			2.775	2.175	1,5	5,9	6,2	0,254	0,242	
S	30			2.925	1.725	5,6	7,7	7,6	0,727	0,737	
N	22			2.190	2.875	7,9	9,3	9,3	0,849	0,847	
O	23			2.390	2.820	8	9,8	9,9	0,816	0,809	
K	23			1.810	2.780	7,9	10	10	0,790	0,763	
J	22			1.600	2.950	9,9	13	14	0,762	0,723	
P	29			2.475	1.875	13	16	16	0,813	0,813	
Q	30			2.625	1.725	9	17	16	0,529	0,563	
M	22			2.025	2.925	12	17	18	0,706	0,667	
N	23			2.230	2.730	15	18	18	0,833	0,851	
Q	29			2.625	1.875	12	18	18	0,667	0,667	
T	33			3.030	1.360	16	18	19	0,889	0,865	
Q	27			2.625	2.175	15	19	19	0,789	0,789	
R	30			2.775	1.745	15	19	19	0,789	0,785	
O	22			2.325	2.925	15	20	20	0,750	0,750	
U	30			3.235	1.740	16	20	20	0,800	0,787	
L	22			1.910	2.935	19	21	21	0,905	0,897	
N	27			2.190	2.140	19	23	23	0,826	0,833	
R	31			2.775	1.575	15	24	25	0,625	0,600	
O	27			2.325	2.175	21	26	26	0,808	0,808	
U	32	I		3.260	1.410	27	29	29	0,931	0,925	
U	31			3.225	1.575	29	31	31	0,935	0,935	
V	31			3.375	1.575	29	32	32	0,906	0,906	
O	24			2.345	2.662	29	33	33	0,879	0,883	
O	28			2.325	2.025	27	33	34	0,818	0,794	
N	26			2.220	2.250	29	37	37	0,784	0,789	
R	28			2.775	2.025	34	38	38	0,895	0,895	

segue alla pagina successiva

Tab. A3.3 – continua dalla pagina precedente.

	coord. X (maglia)	coord. Y (maglia)	# campione	coord. X [m]	coord. Y [m]	TCDD [ng (kgSS) ⁻¹]	I-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	WHO-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	rapporto TCDD/I-TEQ	rapporto TCDD/WHO-TEQ	Comune/i
P	25			2.475	2.475	35	39	39	0,897	0,897	Cesano Maderno
O	25	III		2.330	2.475	37	41	42	0,902	0,881	
T	31			3.065	1.560	39	42	42	0,929	0,936	
S	29			2.925	1.875	39	42	42	0,929	0,929	
V	32	II		3.375	1.425	43	46	46	0,935	0,935	
R	29			2.775	1.875	45	48	48	0,938	0,938	
O	25	II		2.330	2.475	52	56	56	0,929	0,929	
P	28			2.470	2.018	44	56	56	0,786	0,783	
T	30			3.070	1.745	49	59	58	0,831	0,839	
P	26			2.475	2.325	61	64	64	0,953	0,953	
O	25	I		2.330	2.475	65	70	70	0,929	0,922	
Q	28	II		2.625	2.025	64	71	72	0,901	0,889	
K	22			1.800	2.940	70	73	73	0,959	0,961	
N	25	I		2.195	2.485	77	80	81	0,963	0,956	
N	24	II		2.200	2.600	85	93	92	0,914	0,925	
N	25	II		2.175	2.475	115	119	119	0,966	0,966	
N	24	III		2.210	2.675	150	159	157	0,943	0,956	
Q	28	I		2.650	2.010	210	224	225	0,938	0,934	
N	24	I		2.180	2.560	250	253	253	0,988	0,987	
V	32	I		3.375	1.425	36	40	40	0,900	0,900	Cesano Maderno/Desio
W	34			3.545	1.112	4,2	6,3	6,3	0,667	0,663	Desio
X	30			3.690	1.750	8,3	10	9,8	0,830	0,843	
W	30			3.540	1.740	10	12	13	0,833	0,799	
Z	37	II		4.020	740	11	13	13	0,846	0,824	
V	30			3.380	1.660	13	15	15	0,867	0,886	
X	31			3.740	1.560	13	16	16	0,813	0,796	
X	35			3.710	990	9,9	19	18	0,521	0,549	
AA	36			4.085	870	16	19	19	0,842	0,841	
AC	38			4.425	525	15	20	20	0,750	0,750	

segue alla pagina successiva

Tab. A3.3 – continua dalla pagina precedente.

coord. X (maglia)	coord. Y (maglia)	# campione	coord. X [m]	coord. Y [m]	TCDD [ng (kgSS) ⁻¹]	I-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	WHO-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	rapporto TCDD/I-TEQ	rapporto TCDD/WHO-TEQ	Comune/i
Z	37	I	4.010	710	18	21	21	0,857	0,871	Desio
W	37		3.560	650	18	21	21	0,857	0,859	
X	32		3.675	1.575	16	21	22	0,762	0,727	
V	34		3.375	1.125	19	22	22	0,864	0,864	
AC	39		4.490	370	19	22	22	0,864	0,863	
Y	36	I	3.890	800	20	22	22	0,909	0,891	
Y	34		3.870	1.130	19	23	23	0,826	0,838	
X	33		3.660	1.300	19	24	24	0,792	0,783	
Z	36		4.010	830	24	26	26	0,923	0,923	
W	35		3.550	990	24	26	27	0,923	0,903	
AB	38		4.275	525	26	29	29	0,897	0,897	
AC	37		4.455	605	27	29	29	0,931	0,921	
AB	37		4.280	700	22	31	30	0,710	0,728	
AB	36		4.290	810	23	31	30	0,742	0,759	
Y	36	II	3.800	810	28	32	32	0,875	0,887	
X	34		3.675	1.125	29	34	34	0,853	0,853	
V	33		3.375	1.275	34	36	37	0,944	0,919	
Y	35		3.890	960	34	37	37	0,919	0,926	
W	33		3.525	1.275	25	38	38	0,658	0,658	
AA	38		4.125	525	38	42	42	0,905	0,905	
W	32		3.525	1.425	39	44	44	0,886	0,881	
AA	37		4.125	675	47	51	51	0,922	0,922	
Z	35		3.975	975	39	55	56	0,709	0,696	
Z	37	III	4.010	760	54	58	58	0,931	0,936	
W	31		3.525	1.575	67	71	71	0,944	0,944	

segue alla pagina successiva

Tab. A3.3 – continua dalla pagina precedente.

coord. X (maglia)	coord. Y (maglia)	# campione	coord. X [m]	coord. Y [m]	TCDD [ng (kgSS) ⁻¹]	I-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	WHO-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	rapporto TCDD/I-TEQ	rapporto TCDD/WHO-TEQ	Comune/i
J	20	I	1.630	3.235	1,8	2,7	2,7	0,667	0,661	Seveso
J	20	III	1.650	3.290	2,1	3,5	3,6	0,600	0,590	
M	21	II	2.020	3.080	4,5	5,8	5,9	0,776	0,763	
M	18		2.030	3.495	3,8	7	7,1	0,543	0,536	
I	21		1.520	3.040	6,6	7,8	8,2	0,846	0,810	
J	20	II	1.615	3.185	7,4	7,9	7,9	0,937	0,932	
K	21	IV	1.800	3.150	8,4	11	11	0,764	0,753	
M	20		2.018	3.195	6,3	11	11	0,573	0,554	
N	21		2.210	3.080	8,9	12	12	0,742	0,742	
K	20		1.799	3.169	13	14	14	0,929	0,905	
I	18	II	1.500	3.535	13	15	15	0,867	0,874	
L	21		1.900	3.020	17	19	20	0,895	0,870	
M	21	I	2.025	3.075	16	21	21	0,762	0,762	
L	20		1.910	3.268	19	22	23	0,864	0,839	
I	18	I	1.390	3.500	22	23	23	0,957	0,943	
K	19		1.740	3.320	20	26	26	0,769	0,760	
N	18	I	2.249	3.595	7,7	33	32	0,233	0,240	
K	16	II	1.739	3.854	32	34	34	0,941	0,937	
K	14		1.725	4.150	32	35	35	0,914	0,919	
K	18		1.800	3.569	32	35	35	0,914	0,906	
K	16	III	1.795	3.882	30	36	35	0,833	0,855	
L	17	II	1.880	3.680	34	37	37	0,919	0,919	
K	16	Ic	1.750	3.865	34	39	40	0,872	0,859	
M	19		1.990	3.335	26	41	42	0,634	0,620	
K	16	Ia	1.740	3.855	39	42	42	0,929	0,924	
K	16	Ie	1.745	3.860	39	43	43	0,907	0,909	
K	16	Id	1.750	3.855	40	43	43	0,930	0,920	
N	18	II	2.235	3.535	24	43	44	0,558	0,547	
K	21	II	1.715	3.062	40	44	44	0,909	0,915	
K	16	Ib	1.740	3.865	45	49	49	0,918	0,920	

segue alla pagina successiva

Tab. A3.3 – continua dalla pagina precedente.

	coord. X (maglia)	coord. Y (maglia)	# campione	coord. X [m]	coord. Y [m]	TCDD [ng (kgSS) ⁻¹]	I-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	WHO-TEQ [ng (kgSS) ⁻¹]	rapporto TCDD/I-TEQ	rapporto TCDD/WHO-TEQ	Comune/i
L	19			1.921	3.370	45	54	54	0,833	0,826	Seveso
L	18			1.985	3.540	55	58	58	0,948	0,950	
K	15			1.725	4.010	57	58	58	0,983	0,976	
M	17	I		2.025	3.675	67	70	71	0,957	0,950	
L	15			1.875	3.975	65	72	73	0,903	0,890	
M	17	II		1.995	3.685	72	75	76	0,960	0,947	
L	16			1.865	3.812	77	80	80	0,963	0,960	
L	17	I		1.880	3.665	79	82	83	0,963	0,956	
N	16			2.175	3.825	83	90	91	0,922	0,912	
K	21	I		1.800	3.105	110	112	113	0,982	0,977	
J	21			1.575	3.075	110	113	114	0,973	0,965	
K	21	III		1.715	3.090	120	122	122	0,984	0,982	
50%ile						25,5	31,0	30,6	0,869	0,870	
95%ile						103,8	107,3	107,4	0,963	0,961	
min						0,2	1,5	1,5	0,127	0,127	
max						250,0	253,0	253,4	0,988	0,987	
media						35,1	39,5	39,6	0,827	0,823	
mediana						25,5	31,0	30,6	0,869	0,870	

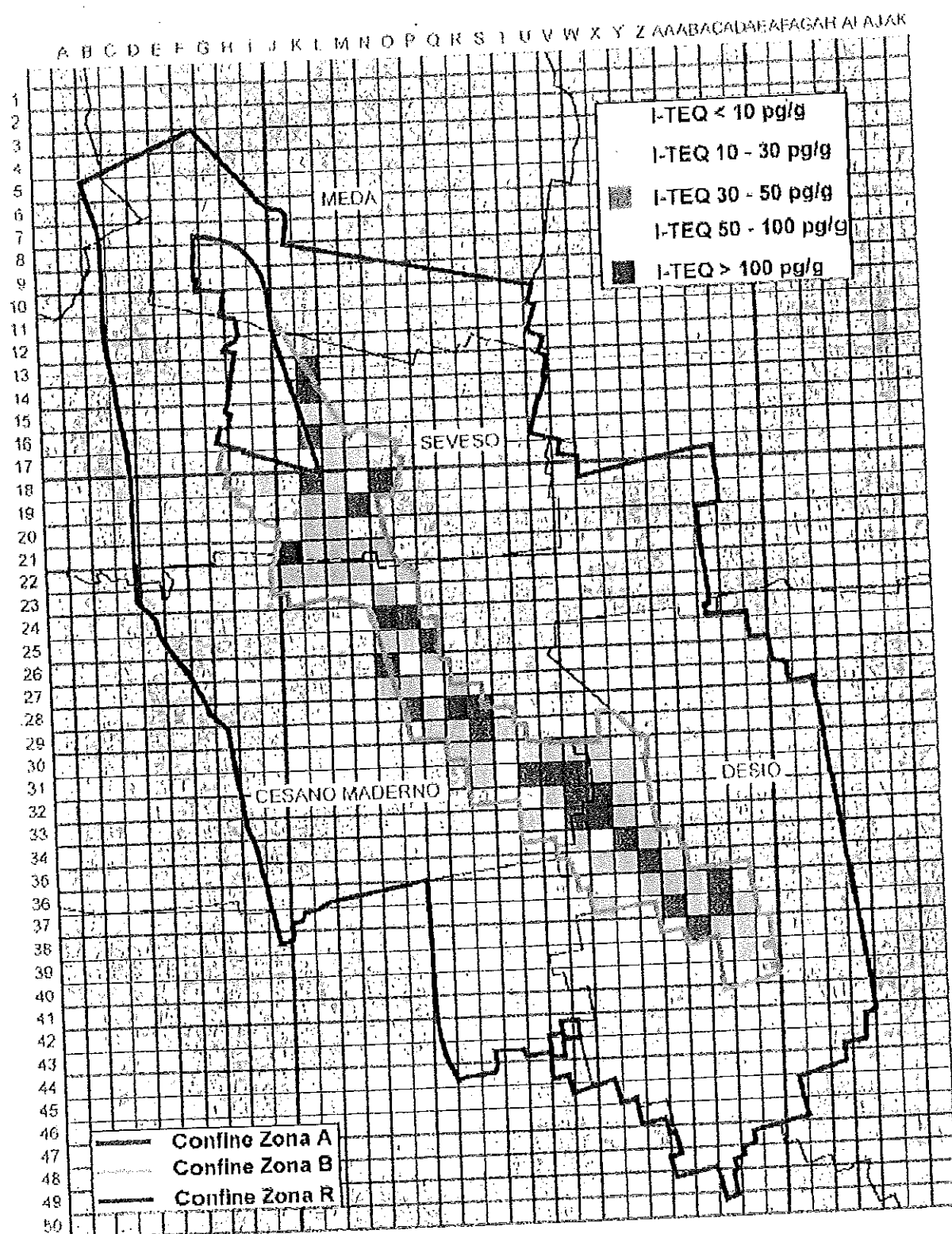


Fig. A3.1 – Concentrazioni di I-TEQ rilevate in zona B.

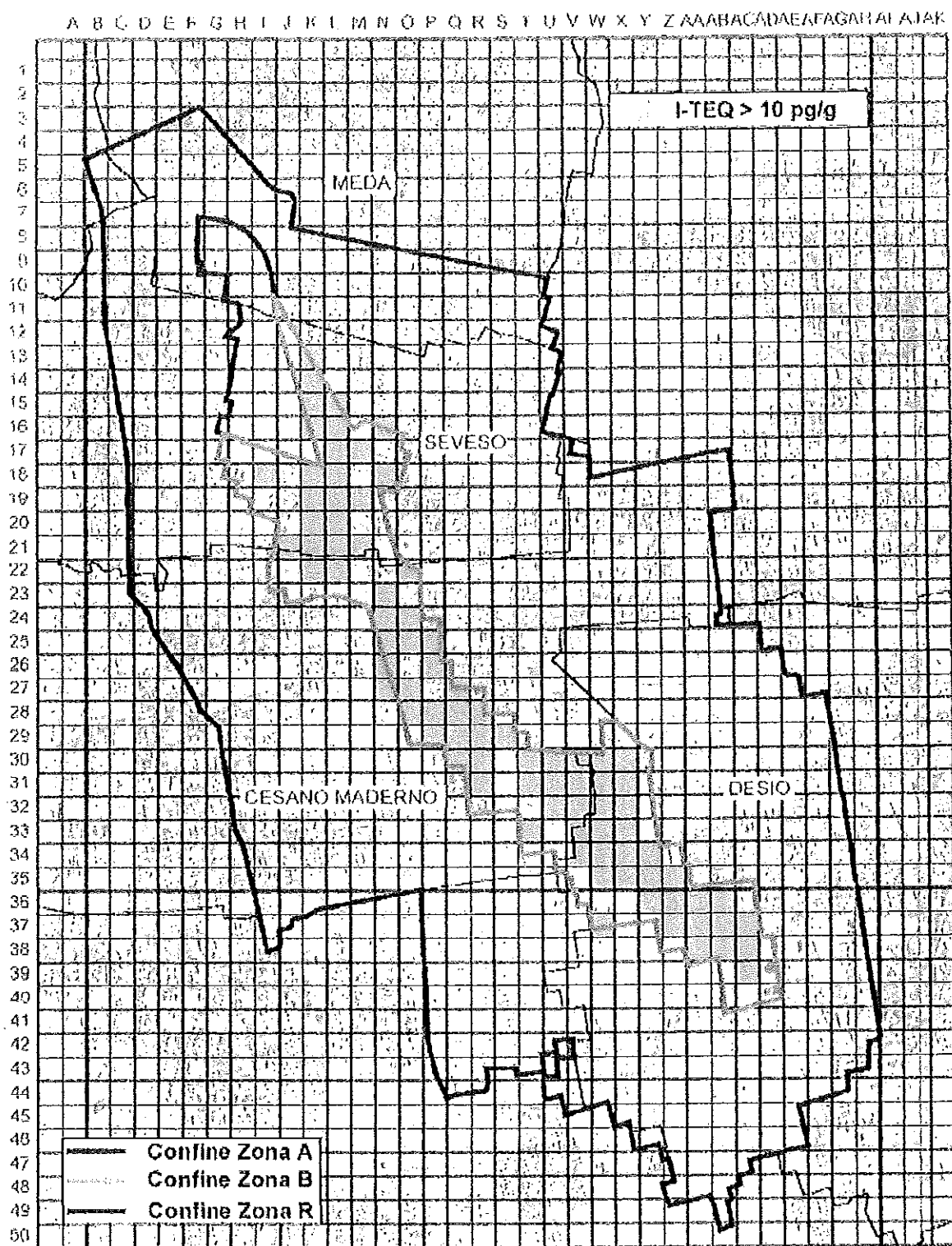


Fig. A3.2 – Maglie in cui avviene il superamento del valore limite tabellare per siti a destinazione d'uso verde pubblico, verde privato e residenziale di $10 \text{ ngI-TEQ (kgSS)}^{-1}$.

ALLEGATO 4: DEFINIZIONE DI “ANALISI DI RISCHIO” EX-D.M. 471/1999

Il presente Allegato concerne la definizione di “analisi di rischio” data nell’Allegato 4 (“Criteri generali per la redazione del progetto di bonifica”) al D.M. (Ambiente) 471/1999.

“II. 4) Analisi di rischio specifica

Con il termine Analisi di Rischio si riassumono tutte le indagini e le valutazioni necessarie a stabilire il rischio posto da uno specifico sito sospetto di inquinamento alla salute pubblica e all’ambiente naturale e costruito; la stima deve essere condotta sia per le condizioni attuali che per le variazioni più probabili di tali condizioni nel futuro.

Per ogni specifico sito questa metodologia consiste nella previsione dei modi e tempi in cui l’inquinamento presente nel sito potrà raggiungere la popolazione e le componenti ambientali dell’area interessata, cioè nella specifica individuazione:

1. dei recettori che possono essere raggiunti dalla contaminazione;
2. dei percorsi di migrazione attivi per le sostanze contaminanti;
3. delle vie di esposizione attive per il sito in esame.

Qualunque metodologia di analisi del rischio adottata nella redazione del progetto definitivo dovrà portare all’esplicazione di:

- i) Sorgenti della contaminazione, tra cui: lista e concentrazione dei contaminanti presenti nel suolo; caratteristiche chimico-fisiche, biologiche degradabilità chimica e biologica e tossicità delle sostanze presenti; volume di suolo contaminato; volume di materiali di altro tipo contaminati; tipologia e volume di rifiuti presenti, in superficie o interrati. L’analisi del rischio dovrà essere condotta almeno per tutte le sostanze che per concentrazione o caratteristiche chimico-fisiche e biologiche presentano il maggior rischio.
- ii) Veicoli: le componenti ambientali attraverso le quali avviene la migrazione della contaminazione, quali acque sotterranee e superficiali, atmosfera, vapori nel suolo, polveri; definizione dei fattori che influenzano la migrazione degli inquinanti (litologia, idrogeologia, idrologia)

- iii) Modalità di esposizione, tra cui: inquinamento acque sotterranee e superficiali, inalazione di vapori dal suolo, contatto diretto con le sorgenti di contaminazione presenti nel sito, ingestione di polveri; ingestione di cibo contaminato, inalazioni di vapori da acque contaminate
- iv) Tutti i bersagli interessati dal sito: popolazione, soggetti sensibili (quali scuole, ospedali), lavoratori, operatori temporanei, componenti ambientali, vegetazione, animali, altri organismi viventi
- v) Stima della concentrazione e delle dosi di assunzione nei punti di esposizione per la popolazione, per bersagli sensibili e calcolo dell'esposizione per i bersagli ambientali individuati; valutazione dell'impatto relativamente ad altre fonti di contaminazione
- vi) Calcolo del rischio

La metodologia di analisi del rischio adottata deve essere chiaramente esplicitata nel Progetto preliminare; ogni assunto effettuato nella stima del rischio, ad esempio tossici delle sostanze considerate, e nella migrazione delle contaminazioni (quali permeabilità del suolo, caratteristiche idrogeologiche) deve essere indicato esplicitamente, in modo da permettere, ai tecnici dell'autorità competente di valutare indipendentemente i risultati proposti.

In considerazione dell'estensione dell'inquinamento, del volume dei rifiuti stoccati, dei fenomeni di migrazione degli inquinanti, della rilevanza del danno ambientale e del rischio per la salute pubblica, l'autorità competente potrà richiedere, per analisi del rischio di contaminazione delle componenti ambientali rilevanti per l'area in esame, l'utilizzazione di modelli matematici (approvati o validati da organismi/enti riconosciuti), che permettano di stimare le modalità del trasporto di sostanze contaminanti e gli andamenti temporali della migrazione nel suolo, sottosuolo e negli acquiferi interessati, e l'efficacia degli interventi di bonifica e ripristino ambientale delle misure di sicurezza nel modificare i fenomeni di trasporto e migrazione. In particolare, nel caso di adozione di tecnologie di messa in sicurezza permanente, l'utilizzazione di modelli matematici che definiscano nel dettaglio le caratteristiche geologiche e idrogeologiche del sito e dell'area interessata diviene un requisito essenziale, di qualità della progettazione. Il fine di questa sezione è la stima dettagliata del rischio posto alla salute pubblica e all'ambiente dalle concentrazioni residue in suolo e sottosuolo proposte per gli interventi di bonifica e ripristino ambientale con misure di sicurezza e per gli interventi di messa in sicurezza permanente. Questa stima deve essere

effettuata considerando tutti i possibili effetti sulla salute pubblica, sull'ambiente naturale e costruito ed esplicitando i rischi posti in essere dall'inquinamento presente nel sito.

II. 5) Criteri per lo svolgimento dell'analisi di rischio.

- a) L'analisi di rischio è basata sulla caratterizzazione e sul Modello Concettuale del sito definiti nelle sezioni precedenti; la migrazione degli inquinanti è stimata sulla base dei risultati delle indagini e delle analisi condotte nell'indagine iniziale e nell'eventuale indagine di dettaglio;
- b) Durante la caratterizzazione del sito potrà rendersi necessario ottenere i valori, specifici per il sito in esame, dei seguenti parametri:

- contenuto d'acqua dei diversi livelli litologici incontrati
- porosità efficace
- densità secca
- spessore della copertura di suolo e dello strato non saturo, pedologia
- frazione di carbonio organico dello strato insaturo
- capacità di scambio cationico, pH dei terreni
- distribuzione granulometrica degli strati principali dal punto di vista idrogeologico
- permeabilità, dispersività e conducibilità idraulica delle zone sature; gradiente idraulico
- direzione del flusso
- infiltrazione efficace
- spessore dei diversi acquiferi
- velocità e frequenza dei venti

Qualora non fosse possibile ottenere misure dirette, questi valori dovranno essere assunti sulla base dei valori ricavati per aree limitrofe o valori di letteratura rappresentativi di situazioni omologhe;

- c) Dati importanti (ottenibili in banche dati sconosciute dall'autorità competente) nella definizione del comportamento nell'ambiente delle sostanze investigate sono:
- solubilità; coefficiente di diffusione in aria e acqua; peso molecolare
 - costante della legge di Henry; pressione di vapore

- coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua, coefficiente di ripartizione nella sostanza organica (Koc) e coefficiente di assorbimento alle superfici solide (Kd)
 - coefficiente di degradabilità chimica e biologica
 - densità e viscosità per i contaminanti presenti in fase separata da quella acquosa
- d) L'analisi del rischio dovrà essere svolta considerando gli usi attuali e possibili nel futuro, delle diverse componenti ambientali, sulla base della destinazione d'uso prevista per il sito;
- e) Assieme all'identificazione delle vie di migrazione ed esposizione dei bersagli realmente attive nel sito e nell'area circostante devono essere definiti la frequenza (gg/anno) dell'esposizione all'inquinamento per ciascun ricettore individuato e i parametri specifici per il sito, quali frazioni corporee esposte e tempi di esposizione.
- f) L'obiettivo della valutazione della concentrazione nei punti di esposizione è la stima conservativa della concentrazione aritmetica media a cui è esposto un ricettore, per un preciso punto di esposizione e per un determinato periodo di esposizione. Tale identificazione potrà essere di tipo probabilistico, usando ad esempio la distribuzione (95° percentile, anche lognormale) delle concentrazioni nei punti di esposizione, invece della media aritmetica in funzione dei dati disponibili.
- g) Le concentrazioni nei punti di esposizione saranno valutate con appositi modelli di trasporto e degradazione degli inquinanti, validati e ampiamente utilizzati per tali elaborazioni; i modelli utilizzati dovranno essere chiaramente documentati. Si sottolinea che, nell'esecuzione dell'analisi del rischio, al momento di assegnare un valore ai diversi parametri che intervengono nel calcolo dovrà essere adottato il principio del caso peggiore, che assicura una scelta cautelativa, a favore dell'ambiente e della salute umana,
- h) La stima delle concentrazioni di esposizione dei ricettori permette di definire il rischio posto per essi dal sito e di valutare l'inaccettabilità dei valori di concentrazione residui proposti per il sito, sulla base dell'individuazione delle migliori tecnologie disponibili applicabili per il disinquinamento del sito
- i) Gli effetti potenziali posti dalle diverse sostanze sono suddivisi in carcinogeni e non carcinogeni; i primi sono quantificati mediante la stima della probabilità (o rischio) di contrarre il cancro, mentre gli effetti non-cancerogeni (cronici, sub-cronici o acuti) sono quantificabili attraverso la stima dell'indice di pericolo ("*hazard index*"). I rischi

carcinogeni vengono definiti come la probabilità incrementale che un individuo contragga il cancro durante la vita a causa dell'esposizione ad un potenziale agente carcinogeno; il rischio calcolato è basato sul concetto di "massima esposizione possibile", conservativo e protettivo per la salute. Vengono di seguito fornite tre fasce di giudizio relative al rischio carcinogenico, derivate da valori forniti in letteratura per casi reali di applicazione dell'analisi del rischio:

- i) rischio $R < 1 \times 10^{-6}$ (il rischio incrementale è per un individuo su un 1.000.000) viene considerato nullo o insignificante e non viene intrapresa alcuna azione di bonifica;
 - ii) rischio compreso tra 1×10^{-6} e 10^{-4} (da 1/1.000.000 a 1/10.000) necessità di azioni di bonifica da valutare caso per caso;
 - iii) rischio $R > 1 \times 10^{-4}$ (1/10.000) azione di bonifica sicuramente necessaria, per riportare il valore di rischio entro l'intervallo di accettabilità.
- j) I potenziali effetti non-carcinogenici vengono valutati con il calcolo dell'indice di Rischio cronico; per ciascun composto di interesse e via di esposizione, l'indice di rischio cronico viene espresso come il rapporto tra l'immissione e la dose di riferimento. La dose di riferimento costituisce il valore limite di immissione conservativamente indicato e deve risultare superiore alla dose effettivamente immessa (infatti l'indice di rischio deve essere < 1), in modo da non avere possibilità di effetti avversi per la salute umana; la dose di riferimento è un valore limite e non quantifica direttamente il rapporto tra dose immessa ed effetto sulla salute.
- k) Quando si considera più di un composto di interesse e più di un mezzo di immissione, l'indice di rischio è espresso come sommatoria dei rapporti tra immissione e dose di riferimento; il rischio risultante deve essere < 1 .

ALLEGATO 5: D.D.G. TUTELA AMBIENTALE N. 8350 DEL 31 MARZO 2000

Il presente allegato riporta il testo integrale della D.D.G. Tutela Ambientale n. 8350 del 31 marzo 2000.