

L'ambiente in Europa: Seconda valutazione

Capitolo 6. Sostanze chimiche

European Environment Agency



6. Sostanze chimiche

Conclusioni

Nel periodo successivo alla valutazione di Dobris, l'industria chimica dell'Europa occidentale ha registrato una crescita costante e, dal 1993, la produzione è aumentata a un ritmo superiore al tasso di crescita del PIL. Nei PECO e negli NSI, invece, la produzione ha subito un netto calo a partire dal 1989, in linea con la caduta del PIL. Dal 1993, tuttavia, in alcuni di questi paesi si è assistito a una parziale ripresa della produzione chimica, con conseguente aumento del flusso di prodotti chimici in tutta Europa.

Pur disponendo di dati insufficienti sulle emissioni, si può affermare che la presenza di sostanze chimiche è ampiamente diffusa in tutte le matrici ambientali, compresi i tessuti animali e umani. L'Inventario europeo delle sostanze chimiche esistenti comprende oltre 100.000 composti. Il grado di pericolosità di molte di queste sostanze chimiche continua a essere difficilmente valutabile per la mancanza di conoscenze riguardo alla loro concentrazione e al modo in cui circolano e si accumulano nell'ambiente con conseguenti effetti sull'organismo umano e su altre forme di vita.

Alcune informazioni, tuttavia, sono già disponibili, ad esempio sui metalli pesanti e sugli inquinanti organici persistenti (POP). Benché le emissioni di alcune di queste sostanze siano in diminuzione, la loro concentrazione nell'ambiente rimane a livelli allarmanti, soprattutto in alcune aree e bacini altamente contaminati come il Mare Artico e il Mar Baltico. Per quanto sia già stata decisa la graduale cessazione dell'impiego di alcuni noti POP, molti altri con caratteristiche analoghe continuano a essere prodotti in quantità consistenti.

Recentemente è stato lanciato l'allarme a proposito dei cosiddetti "disgregatori endocrini", ossia alcuni inquinanti organici persistenti e alcune sostanze organometalliche che si ritiene possano determinare alterazioni delle funzioni riproduttive nella fauna selvatica e nell'uomo. Mentre gli effetti prodotti negli animali marini sono documentati, i dati empirici sono ancora insufficienti per stabilire un nesso causale tra l'esposizione alle sostanze chimiche in questione e i possibili effetti a carico delle funzioni riproduttive negli esseri umani, le cause dei quali sono ampiamente sconosciute e possono arrivare a comprendere, oltre all'inquinamento chimico, anche cambiamenti nello stile di vita e addirittura nel modo di vestire.

A causa della difficoltà e dei costi di valutazione della tossicità del grande numero di sostanze chimiche potenzialmente pericolose oggi in uso, in particolare di quelle che potrebbero avere effetti neuro-tossicologici e agire sulle funzioni riproduttive, alcune delle strategie di controllo recentemente introdotte, come quella adottata dalla convenzione OSPAR sulla protezione del Mare del Nord, si propongono di ridurre il "carico" di sostanze chimiche nell'ambiente attraverso la cessazione o riduzione del loro uso e delle relative emissioni. Nell'ambito della convenzione sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a grande distanza, l'UNECE si è impegnata a formulare entro il 1998 due nuovi protocolli sulle emissioni nell'atmosfera di tre metalli pesanti e sedici POP.

Dopo la valutazione di Dobris sono state avviate alcune nuove iniziative a livello nazionale e internazionale volte a ridurre il possibile impatto delle sostanze chimiche sull'ambiente, tra cui figurano programmi volontari di riduzione, l'introduzione di imposte su determinati prodotti chimici e il pubblico accesso a dati analoghi a quelli raccolti nell'Inventario delle emissioni inquinanti degli Stati Uniti, come previsto ad esempio dalla direttiva dell'UE sulla prevenzione e riduzione integrata dell'inquinamento. In ogni parte d'Europa sussistono le condizioni per una più ampia applicazione di tali strumenti.

6.1. Introduzione

Dall'inizio della rivoluzione industriale ad oggi, l'industria chimica ha sintetizzato nei suoi laboratori e poi prodotto, in alcuni casi in quantità ingenti, un numero elevatissimo di nuove sostanze chimiche.

Molte di queste vengono utilizzate per la produzione di una vasta gamma di manufatti e di altri prodotti.

Il numero delle sostanze chimiche attualmente in uso è sconosciuto. Nel 1981 le aziende comunitarie del settore furono invitate a identificare le sostanze presenti in quel momento sul mercato e a seguito del censimento fu compilato l'Inventario europeo delle sostanze chimiche esistenti (EINECS), comprendente 100 116 voci. Secondo le stime, quelle commercializzate attualmente sono tra le 20 000 e le 70 000 (Teknologi-Radet,

1996). Le sostanze nuove introdotte ogni anno sul mercato sono diverse centinaia .

Gran parte delle sostanze chimiche prodotte finiscono prima o poi col riversarsi nell'ambiente attraverso i prodotti acquistati da milioni di consumatori. Molte di esse sono notoriamente, o potrebbero essere, pericolose per la salute umana e ambientale.

Alcuni dei maggiori pericoli derivanti dalla produzione e dall'uso di sostanze chimiche, come le esplosioni, gli incendi e gli avvelenamenti acuti, sono ben noti (capitolo 13), come lo sono alcuni dei problemi derivanti dalla loro emissione nell'atmosfera (capitoli 2, 3, 4, 5 e 12), nelle acque (capitoli 9 e 10) e nel suolo (capitolo 11) e i problemi connessi con il loro smaltimento (capitolo 7). Per quanto riguarda un modesto numero di sostanze chimiche si ha una discreta conoscenza degli effetti cronici (a lungo termine) che esse provocano negli addetti alla produzione e in coloro che le utilizzano professionalmente, ma le conoscenze circa i possibili effetti sull'uomo e sull'equilibrio ecologico prodotti dalla diffusione delle sostanze chimiche nell'ambiente sono tuttora limitate.

Dai tempi in cui, negli anni Settanta, fu riconosciuta per la prima volta la gravità del problema dell'impatto ambientale delle sostanze chimiche, gli ambiti di ricerca e il modo di percepire i problemi da parte della classe politica e del mondo scientifico sono cambiati sotto diversi aspetti. Alcuni aspetti di questo riorientamento sono illustrati nella tabella 6.1. Una delle principali differenze rispetto agli anni Settanta è rappresentata dal maggior interesse per i beni di consumo, compresi i prodotti alimentari, che sono per la maggior parte delle persone la principale fonte di esposizione alle sostanze pericolose.

Questo capitolo affronta i problemi centrali degli anni Novanta, tentando di dare una risposta ai quattro quesiti di ordine generale considerati in questa relazione:

1. Quali tendenze evidenzia la produzione dell'industria chimica europea?
2. Come circolano e si accumulano nell'ambiente le sostanze chimiche?
3. Quali sono i loro effetti sull'equilibrio ecologico e sull'uomo?
4. Quali risposte vengono offerte a livello politico?

L'argomento trattato in questo capitolo è molto vasto e comprende sia le sostanze chimiche utilizzate dall'industria manifatturiera sia quelle contenute nei prodotti di consumo. Per illustrare i problemi esistenti e le modalità adottate per affrontarli, sono stati scelti due gruppi rappresentativi di sostanze pericolose: i metalli pesanti e gli inquinanti organici persistenti.

Tabella 6.1 Inquinamento chimico - Ambiti di ricerca e modalità di percezione dei problemi: cos'è cambiato negli anni Novanta rispetto agli anni Settanta

Anni Settanta	Anni Novanta
singole matrici ambientali (principalmente aria e acque superficiali)	molteplici matrici ambientali (compresi anche suolo, sedimenti e acque sotterranee)
fonti di inquinamento localizzate ad es. ciminiera agricoltura, prodotti e	fonti diffuse, ad esempio

beni di consumo

concentrazioni nell'ambiente	esposizione totale tramite il cibo, l'aria, l'acqua, il suolo, i prodotti di consumo
igiene del lavoro	salute dei consumatori, salute degli ecosistemi
interesse di portata locale e regionale portata internazionale/globale	interesse di
danno economico limitato, non quantificato quantificabile	danno economico ingente,
studio degli effetti complesso, ad es. singoli, ad es. leucemia delle funzioni riproduttive	studio degli effetti ad un livello più
inquinanti singoli inquinanti multipli/miscele	
misure alla fine del processo produzione pulita e controllo integrato produttivo	dell'inquinamento, (valutazione lungo l'intero ciclo di vita del prodotto)
etichettatura e istruzioni per l'uso	informazione del pubblico sulle emissioni e il trasporto
processi produttivi processi & prodotti	
"Prodotti" chimici "vendi e dimentica"	cura del prodotto dalla produzione allo smaltimento; assistenza per i prodotti chimici
regolamentazione specifica regolamentazione "quadro", tasse, accordi volontari,	programmi "Responsible care", ecc.

Fonte: Tabella 3, p.248 in Van Leeuwen et al.(1996) ampliata a cura dell'AEA

6.2. Tendenze nella produzione di sostanze chimiche

Dal 1945 ad oggi dalla produzione dell'industria chimica mondiale ha registrato una crescita enorme, superando nel 1995 i 400 milioni di tonnellate. Secondo le stime, nel 1994 il fatturato mondiale è stato di 1540 miliardi USD, di cui la metà generato da Stati Uniti, Giappone e Germania. Con una quota del 38% del fatturato globale (di cui il 33% solo nell'Europa occidentale) l'Europa, come regione, è la maggiore produttrice di sostanze chimiche del mondo, seguita a breve distanza dai paesi di dell'Asia e del Pacifico, compreso il Giappone che produce il 31% del fatturato mondiale (UNECE, 1997).

Nel 1996 l'Europa ha esportato sostanze chimiche per 54,3 miliardi di ECU, di cui 19,5 miliardi in Asia, 5,7 milioni in Giappone, 14,3 miliardi negli Stati Uniti, 5,9 miliardi nell'America Latina e 8,9 miliardi nell'Europa orientale. Nello stesso anno, le importazioni di sostanze chimiche sono state di 22 miliardi di ECU (CEFIC, 1997). Mentre in passato il tasso di crescita di questo settore era sempre stato allineato a quello del PIL, nel 1993 ha superato questo indice (figura 6.1).

Questa tendenza non ha caratterizzato l'industria chimica dei PECO che, in linea con la significativa diminuzione del PIL (35% dal 1989 al 1995), ha invece subito un forte calo di produzione. Dal 1993, tuttavia, molti di questi paesi, come la Bulgaria, la Croazia, la Repubblica ceca, l'Estonia, l'Ungheria, la Polonia e la Slovenia, hanno registrato una ripresa del settore.

I principali clienti dell'industria chimica sono l'industria chimica stessa, l'industria manifatturiera, in particolare quella della gomma e della plastica, l'industria dei servizi e i consumatori finali (figura 6.2).

Le due maggiori "locomotive" di questa crescita dell'industria chimica sono la necessità di soddisfare la continua domanda di nuovi prodotti di consumo, contenenti eventualmente nuove sostanze, e la necessità di utilizzare e smerciare i prodotti e i sottoprodotti dell'industria petrolifera, trainata a sua volta dalla crescente domanda di combustibili. Una raffineria che tratta circa 2,5 milioni di tonnellate di petrolio l'anno, produce ogni anno diverse tonnellate di sottoprodotti come il benzene, l'etilene e il propilene, che vengono utilizzati come materie prime dall'industria chimica (Friedlander, 1994). Parimenti, il cloro, come sottoprodotto della produzione dell'idrossido di sodio, e il cadmio, come sottoprodotto della raffinazione dello zinco, sono sostanze chimiche utilizzate in grande quantità dall'industria di trasformazione.

Dato l'intenso utilizzo, da parte dell'industria chimica, dei sottoprodotti di altre industrie, i problemi ambientali creati dalla produzione chimica possono essere affrontati in maniera soddisfacente solo con una valutazione completamente integrata degli effetti prodotti e delle soluzioni praticabili. Volendo ad esempio ridurre il contenuto di un materiale tossico come il cadmio nelle batterie, occorre tener conto del fatto che questa sostanza, principalmente un sottoprodotto della raffinazione dello zinco, dovrà trovare un altro mercato, altrimenti dovrà essere smaltita come rifiuto con metodi che potrebbero avere un impatto ambientale maggiore rispetto a quello delle batterie al cadmio (Stigliani e Anderberg, 1994).

6.3. Metalli pesanti

I metalli pesanti più pericolosi per la salute sono il cadmio, il mercurio e il piombo. Il cadmio viene utilizzato, oltre che nelle batterie, in pitture e materie plastiche.

Figura 6.1 Produzione dell'industria chimica dell'Europa occidentale e PIL

Indice

PIL UE (indice 1991=100)

Produzione chimica (indice 1990=100)

Fonte: CEFIC, 1996

Figure 6.2 I clienti dell'industria chimica, 1991

Consumatori finali

Servizi
Agricoltura
Tessile e abbigliamento
Industria metallurgica, ingegneria elettromeccanica
Costruzioni
Industria automobilistica
Carta
Altri

Fonte: CEFIC, 1996

Il mercurio è utilizzato in odontoiatria e odontotecnica e, anch'esso, nelle batterie. L'uso del piombo più dannoso dal punto di vista ambientale è come antidetonante per la benzina. Tutti e tre questi metalli sono tossici per l'uomo e possono produrre effetti dannosi persino alle concentrazioni alle quali sono normalmente presenti in natura. Il loro potenziale tossico può inoltre aumentare per effetto della bioaccumulazione.

Emissioni e concentrazioni

La figura 6.3 illustra le stime delle emissioni nell'atmosfera di alcuni metalli pesanti relative al passato e previste per il futuro in 32 paesi europei. Le emissioni future ipotizzate presumono la progressiva adozione delle migliori tecnologie disponibili e la completa eliminazione del piombo dalla benzina. Attualmente le emissioni di cadmio e di piombo sono diminuite di circa il 65% rispetto ai livelli massimi del 1965.

Le emissioni di mercurio nell'atmosfera sono causate principalmente dalla combustione del carbone, dai processi produttivi dei cementifici e dell'industria dei metalli non ferrosi e dall'incenerimento dei rifiuti urbani. I prodotti con il maggiore contenuto di mercurio smaltiti con i rifiuti urbani sono le batterie, le lampade a fluorescenza, i termometri e gli amalgami delle cliniche dentistiche (Umweltbundesamt e TNO, 1997). Nel 1990 l'emissione totale di mercurio nell'atmosfera (dai paesi aderenti al programma EMEP, come illustrato nella carta 6.1) è stata, secondo le stime, di 462 tonnellate, di cui la metà proveniente dall'industria energetica e il 38% dalla produzione industriale. Poco più della metà del totale è stata generata da fonti situate nell'Europa occidentale, mentre ai PECO e agli NSI è attribuibile l'altra metà, suddivisa più o meno equamente tra loro. La concentrazione delle emissioni coincide approssimativamente con la densità di popolazione.

La riduzione delle emissioni di piombo derivante dalla sempre maggiore diffusione della "benzina verde" (cfr. sottoparagrafo 4.6.2 e carta 4.7) è illustrata nella figura 6.4.

I metalli pesanti possono oltrepassare i confini nazionali, prima di finire nel sottosuolo, nei sedimenti marini o essere assorbiti dalla flora e dalla fauna. La carta 6.2 illustra la distribuzione geografica dei depositi di cadmio nell'Europa settentrionale ottenuta mediante il biomonitoraggio dei muschi. Il cadmio è ampiamente disperso e proviene principalmente da fonti diffuse, mentre le fonti localizzate, a differenza di quanto accade per altri metalli pesanti, sono nel complesso di entità minore. Le concentrazioni tendono a diminuire procedendo da sud a nord, con alcuni "punti caldi" nelle aree industriali (Rühling, 1994).

Gran parte dei fiumi europei contiene elevate concentrazioni di metalli pesanti. Nel periodo dal 1991 al 1993 il contenuto medio di cadmio nei fiumi inquinati era circa 50 volte più elevato che nei fiumi incontaminati, quello di piombo 9 volte, quello di cromo 11 volte e quello di rame 4 volte più elevato (tabella 6.2). Nel complesso è stata registrata una diminuzione rispetto al 1985. Ciò è dovuto, nel caso del cadmio e per determinati fiumi, all'adozione di normative più rigide, mentre la diminuzione di altri metalli in alcuni fiumi è dovuta anche all'introduzione di sistemi più efficienti di trattamento delle acque reflue. Anche nei

Figure 6.3 Stima delle emissioni di alcuni metalli pesanti nell'atmosfera nei paesi europei, 1955-2010

Migliaia di tonnellate
Piombo
Zinco
Migliaia di tonnellate
Arsenico
Cadmio

Fonte: Pacyna, 1996

Figure 6.4 Diminuzione delle emissioni di piombo dalla benzina, 1990-96

Norvegia
Bielorussia
Svezia*
Finlandia
Danimarca*
Germania*
Paesi Bassi
Slovenia
Ucraina
Estonia
Svizzera
Georgia
Regno Unito*
Lituania
Croazia
Bulgaria

Nota: * dati relativi alle variazioni intervenute tra il 1990 e il 1995.

In Turchia, negli anni 1990-96, le emissioni di piombo dagli autoveicoli sono raddoppiate.

Fonte: EPA danese, 1998

Sostanze chimiche 113

fiumi in cui la situazione è migliorata, la concentrazione è ancora circa cinque volte più alta che in quelli incontaminati. A causa della difficoltà di stabilire il livello al di sotto del quale non vi sarebbero effetti nocivi, non è possibile affermare con certezza se i miglioramenti raggiunti sono sufficienti a consentire il risanamento degli ecosistemi interessati (OCSE, 1996).

Effetti

Miniere, forni fusori e impianti industriali sono responsabili di gravi forme di contaminazione da metalli pesanti a livello locale. I forni fusori costruiti circa 50 anni fa nell'ex Unione Sovietica hanno ad esempio prodotto veri e propri "deserti industriali", con la distruzione di tutta o quasi tutta la vegetazione in un raggio di 15 km. Nei muschi si rilevano alte concentrazioni di nichel, rame e piombo fino a 200 km dagli impianti. Nella regione di Murmansk, il contenuto di rame e di nichel delle acque di superficie in un raggio di 30 km dalle maggiori fonderie è con ogni probabilità molto superiore ai valori soglia di tossicità per l'uomo; gli ecosistemi di almeno cinque corpi idrici della zona sono stati completamente distrutti.

Gli effetti provocati dai metalli pesanti sugli ecosistemi si osservano comunemente attorno a fonderie, depositi di scorie della lavorazione mineraria e in altri terreni contaminati. Gli effetti dovuti alla ricaduta di metalli pesanti sono tuttavia simili a quelli prodotti dall'acidificazione per cui spesso è difficile stabilire con certezza quale ne sia la causa.

Nonostante non sia ancora sufficientemente provato che i metalli pesanti abbiano effetti su larga scala sugli ecosistemi delle foreste,

Carta 6.1 Emissioni di mercurio nell'atmosfera, 1990
Emissione di mercurio nell'atmosfera

Fonte: Umweltbundesamt e TNO, 1997

è stato rilevato che la concentrazione di piombo, cadmio e mercurio nell'humus del 50% delle foreste svedesi è aumentata da tre a dieci volte rispetto all'epoca preindustriale; le concentrazioni diminuiscono procedendo da sud a nord (EPA svedese, 1993).

Dato l'esiguo numero di programmi di monitoraggio, gli effetti su larga scala prodotti dai metalli pesanti sugli ecosistemi delle acque dolci e costiere sono ancora poco conosciuti. È tuttavia certa l'esistenza di una correlazione tra i problemi di acidificazione e di eutrofizzazione rilevati in queste acque e le immissioni di

Carta 6.2 Cadmio nei muschi, primi anni '90

Cadmio nei muschi

Cd in µg/g

oltre 0,8

0,7-0,8

0,6-0,7

0,5-0,6

0,4-0,5

0,3-0,4

0,2-0,3

meno di 0,2

non definito

Fonte: Rühling, 1994

metalli pesanti. Una diminuzione del pH da 7 a 4 aumenta di circa 10 volte il dilavamento del manganese, del cadmio e dello zinco (EPA svedese, 1993a). La biodisponibilità e la sedimentazione di questi metalli nel corpo idrico dipende dal grado di eutrofizzazione.

Elevate concentrazioni di metalli pesanti possono produrre un aumento dello stress fisiologico sulla flora e sulla fauna, rendendole più vulnerabili dalle infezioni.

Il contenuto di mercurio del pesce, specialmente in Scandinavia, supera il livello accettabile dal punto di vista della salute. Si stima che siano circa 40 000 i laghi svedesi i cui lucci contengono una quantità di mercurio superiore al valore limite di 0.5 mg/kg ammesso per il consumo. Il fatto che livelli di mercurio nei tessuti dei pesci non siano in diminuzione nonostante la forte riduzione delle emissioni prodotte su territorio svedese, è probabilmente dovuto alla ricaduta di mercurio proveniente da altre regioni e al dilavamento locale (EPA svedese, 1993a).

Un caso ben documentato degli effetti prodotti dalle sostanze chimiche tossiche sugli ecosistemi marini è quello osservato nelle ostriche e nei buccini esposti al tributilstagno (TBT). Negli anni '80, si è scoperto che le ostriche di diverse località mostravano segni di anomalie della crescita, come l'ispessimento della conchiglia, e molti gasteropodi soffrivano di una forma di ermafroditismo (ossia la formazione di organi sessuali maschili nelle femmine). Le ostriche e i gasteropodi con questi sintomi vivevano nelle vicinanze di porti e attracchi marittimi e i loro tessuti presentavano un elevato contenuto di stagno, rilasciato dalle vernici antivegetative delle imbarcazioni. Un'indagine svolta per accertare la portata e la gravità della forma di ermafroditismo causata dal TBT ha rilevato la presenza di effetti molto estesi lungo le coste britanniche (UK Environment Agency, 1996).

Conclusioni

Le emissioni di metalli pesanti stanno diminuendo in seguito all'eliminazione del piombo dalla benzina, all'introduzione di sistemi più efficienti per il trattamento delle acque reflue e per l'incenerimento dei rifiuti, all'introduzione di tecnologie più pulite nell'industria metallurgica e alla riduzione dell'uso di cadmio e di mercurio nelle fonti di inquinamento localizzato. Le emissioni diffuse di questi metalli sono tuttavia più difficili da gestire e rimangono tuttora un problema di ardua soluzione. Ulteriori e significativi miglioramenti potrebbero essere ottenuti solo se le (migliori) tecnologie disponibili entrassero in uso in tutti i paesi. Gli effetti osservati negli ecosistemi marini, la possibilità che si creino fenomeni di bioconcentrazione e gli elevati livelli riscontrati in alcune zone indicano la necessità di mantenere viva l'attenzione per i possibili effetti prodotti dai metalli pesanti sulla salute umana.

Tabella 6.2 Valori medi per alcuni metalli presenti nelle acque fluviali (1995) in µg/l

	Cadmio	Piombo	Cromo	Rame
Fiumi relativamente incontaminati				
Finlandia	0,03	0,1	0,5	0,7
Lussemburgo	0,1	5,8	1,0	2,5
Svezia	0,01 – 0,02	0,3	-	1,5-1,9
Svizzera	0,02 ¹	1,33	0,5 ¹	1,3 ³

Fiumi relativamente inquinati

Portogallo	5,0 ²	30 ²	10 ²	5,0 ²
Spagna	1,3	14 ¹	5,0 ¹	5-10 ¹
Polonia	0,2	3-9	7,8 ¹	4

¹ Dati relativi al 1993.

² Dati relativi al 1992.

³ Dati relativi al 1994.

Fonte: OCSE, dati aggiornati al 1997

6.4. Inquinanti organici persistenti

Gli inquinanti organici persistenti (POP, cfr. tabella 6.3) sono presenti in tutto il pianeta e possono accumularsi nei tessuti umani e animali a seguito del loro diffuso utilizzo, della dispersione operata dal vento e dalle correnti oceaniche e attraverso la catena alimentare in cui sono coinvolti flora e fauna. Alcuni POP si formano come sottoprodotti indesiderati delle attività umane e possono essere difficili da identificare e controllare. Altri vengono invece deliberatamente prodotti per determinati usi, quali i pesticidi o i prodotti chimici industriali. La produzione e l'uso di alcune sostanze, che nell'Europa occidentale sono state gradualmente eliminate, continua invece in alcuni paesi in via di sviluppo ed esse rappresentano una minaccia per la biosfera non solo in tali paesi ma anche per l'Europa e per l'Artico, che possono essere contaminati tramite il commercio e la dispersione globale.

Lo studio della circolazione e dei movimenti transfrontalieri dei POP e del loro accumulo nell'ambiente richiede la conoscenza delle variazioni climatiche regionali e planetarie che contribuiscono alla "distillazione globale". La concentrazione nell'atmosfera di DDT e di DDE, di lindano e di altri pesticidi, ad esempio, è talvolta maggiore in zone dove vengono poco utilizzati che non nei paesi tropicali in cui sono dispersi in dosi massicce per il controllo dei parassiti. (Wannia e McKay, 1996). Alcune zone possono agire alternativamente come regioni di assorbimento e fonti di emissione, come accade ad esempio nei Grandi Laghi del Nord America, dove i POP si depositano e vengono rilasciati stagionalmente (CCEC, 1997). Lo stesso accade probabilmente anche nel Mar Baltico.

I POP nell'ambiente marino

In ogni parte del mondo non mancano gli esempi di elevate concentrazioni di POP nell'ambiente marino.

Tabella 6.3 Alcuni inquinanti organici persistenti

Acronimo	Sostanza Prodotti e applicazioni	
PAH	Idrocarburi policiclici aromatici greggio, dalla combustione incompleta di	Nel petrolio combustibili e legno, nei conservanti per legno a base di creosoto, nel catrame di carbone
PAC	Composti policiclici aromatici Composti aromatici eterociclici e azoto, cloro e bromo derivati dei PAH	
HAC	Composti alifatici alogenati volatili come il tri- e il tetracloroetilene e il dicloroetano	Solventi
CP	Paraffine clorate Alcani C ₁₀₋₃₀ , 30-70% cloro	
PCB	Difenili Oltre 200 diverse sostanze contenute in fluidi isolanti policlorurati condensatori e trasformatori, cavi, plastificanti, additivi per oli, additivi per vernici, carta autocopiante, fluidi idraulici	per
PBB	Polibromodifenili Prodotti intermedi per l'industria chimica. Antifiamma Eteri difenilici	bromurati.
PCN	Naftaleni Fluidi isolanti per condensatori, additivi per oli, (poli)clorurati antifiamma, conservanti per legno, pesticidi, sottoprodotti della combustione	
PCDE	Eteri difenilici Sottoprodotti dei PCP, sostituti dei PCB, additivi per policlorurati	pesticidi

PCS	Policlorurati Sottoprodotti di processi produttivi dell'industria di stirene chimica	
PCT	Terfenili Sostituti dei PCB policlorurati	
ACB	Clorodifenili Sostituti dei PCB alchilati	
PCP	Pentaclorofenolo Fungicidi, battericidi, conservanti per legno	
	Cloroguaiacoli della polpa di legno	Sottoprodotti della sbianca
PCDD/F	poli-cloro Oltre 200 sostanze. Sottoprodotti indesiderati di vari dibenzo-p-diossine/ prodotti poli-cloro dibenzofurani a base di clorofenolo (erbicidi fenossidici), prodotti della (inceneritori), ingredienti della sbianca della polpa	processi chimici, impurità negli oli di PCB e nei combustione di legno.
PAE	Esteri dell'acido Plastificanti per polimeri (PVC), additivi per pitture, ftalico (ftalati) vernici, cosmetici, lubrificanti	
	Composti organo-metallici	Principalmente mercurio, piombo e stagno, mercurio nelle pitture, disinfettanti per sementi, agenti antifermentativi, piombo nella benzina, stagno nelle pitture antivegetative per le imbarcazioni
DDT	4,4'-diclorodifenil-tricloroetano ancora usato nei paesi tropicali in via di sviluppo	Insetticida
DDE	4,4'-diclorodifenil- Prodotto di degradazione del DDT dicloroetano	

HCH isomeri persistenti, contenuto in percentuale dall'1% al 90% nel lindano (gamma isomero).	Esaclorociclo- esano	Insetticida. Diversi
-----------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------	----------------------

Ciclodieni	aldrin, endrina, dieldrin, endosulfan, clordano, eptacloro	Pesticidi
------------	------------------------------------------------------------------	-----------

PCC	Policloro- Pesticidi come ad es. il toxafene e il camfecloro camfeni
-----	----------------------------------------------------------------------------

NPN	Nonilfenolo Prodotto intermedio stabile della degradazione del nonilfenoletossilato (NPEO) nei detergenti
-----	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Note: Alcuni pesticidi, come il DDT e il relativo prodotto di degradazione (DDE), il lindano, l'aldrin, il dieldrin e l'endrina sono stati vietati o ne è stato limitato l'uso. Sono state varate restrizioni anche per l'uso di PCB, PBB (esabromodifenile), PCT, PCP, PCCD/F e PCC. L'aldrin, il clordano, il DDT, il dieldrin, l'endrina, il mirex, il pentaclorofenolo (PCP), il toxafene, le diossine, i furani, l'esabromodifenile, gli HCB, i PAH e i PCB e le paraffine clorurate a catena breve sono contenuti nel Protocollo sui POP della convenzione UNECE sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a grande distanza. Fonte: EPA svedese, 1993b

Per quanto riguarda il Mare del Nord, ad esempio (Greenpeace, 1993):

- nel fegato di pesci provenienti dalla zona meridionale è stata rilevata un'alta concentrazione di pesticidi organici clorurati e PCB. I livelli sono tuttavia in diminuzione. La concentrazione di PCB-153 nel fegato di merluzzo è diminuita da 1100 mg/kg nel 1987 a 470 mg/kg nel 1991.
- le concentrazioni di PCB nelle anguille del Reno e della Mosa hanno superato il livello ammesso per il consumo. Nonostante la produzione di PCB sia cessata, i livelli non hanno ancora registrato alcuna diminuzione apprezzabile.
- La concentrazione di lindano, un pesticida presente ovunque nel Mare del Nord, raggiunge i livelli massimi nella fascia costiera che si estende dall'Inghilterra meridionale alla Norvegia. Il lindano è stato rilevato anche nei sedimenti, in concentrazioni particolarmente elevate nello Skagerrak.

Dal confronto delle concentrazioni di inquinanti rilevate nei tessuti adiposi di tre specie di foca che vivono nel Mar Baltico, nello Skagerrak, nel Kattegat e nel Mare del Nord è risultato che negli individui che popolano i porti del Mar Baltico le concentrazioni di PCB sono due volte superiori a quelle rilevate negli individui della stessa specie che vivono nello Skagerrak e la concentrazione di DDT+DDE+DDD è circa quattro volte superiore. Le foche dagli anelli del Baltico evidenziano concentrazioni di PCB uguali a quelle delle foche che vivono nei porti dello Skagerrak, ma le concentrazioni di DDT sono tre volte più elevate. Le foche grigie del Baltico sono quelle con le più elevate concentrazioni sia di PCB sia di DDT (figura 6.5). Dal confronto di questi risultati con quelli degli studi precedenti risulta tuttavia una notevole diminuzione delle concentrazioni di DDT rispetto ai primi anni '70. Nelle foche dagli anelli è diminuita la concentrazione sia di DDT sia di PCB. I livelli rilevati nella Scozia nordorientale sono tuttavia 10 volte inferiori a quelli rilevati nel Mar Baltico (Blomkvist et al. 1992).

La presenza dei POP nell'ambiente marino europeo è discussa nel capitolo 10, sottoparagrafo 10.3.2. Le osservazioni condotte in oltre 40 località della regione baltica dal 1967 ad oggi, un periodo in cui si è avuto dapprima un uso intensivo dei POP, poi l'emanazione a livello internazionale di misure legislative a tutela dell'ambiente e infine una fase di ripresa ecologica (Bignert, 1997), hanno evidenziato, per il periodo 1968-1996, una diminuzione della concentrazione di DDT+DDE+DDD negli animali marini di circa l'11% annuo. La concentrazione di PCB è diminuita più lentamente, probabilmente a causa delle dispersioni di queste sostanze. La figura 6.6 illustra la curva di diminuzione della concentrazione di queste sostanze osservata nelle uova di uria. Le popolazioni di diverse specie minacciate, come ad esempio le otarie delle regioni scandinava e artica, sono aumentate in seguito alla diminuzione dei livelli di POP nei loro tessuti adiposi (AMAP, 1997).

Il tasso di accumulazione dei POP in diverse specie è parzialmente governato dal fenomeno della "bioamplificazione", legato alle abitudini alimentari e alla dieta. Il fenomeno della bioamplificazione di PCB, DDT e altri POP attraverso le catene alimentari è stato osservato in molte parti del mondo: dalla regione dei Grandi Laghi nel Nord America (anni Sessanta) al Mar Baltico (anni Settanta) e nell'Artico europeo, dove i PCB e DDT raggiungono livelli elevatissimi nell'orso polare, il predatore in vetta alla catena alimentare (AEA, 1996).

Il Danubio con il suo vasto delta è tra le regioni del mondo preferite per la nidificazione da

Figura 6.5 Inquinanti organici nel tessuto adiposo delle foche, ultimi anni '80

Foca grigia del Baltico
Kalmarsung (Foca comune del Baltico)
Foca dagli anelli del Baltico
Foca comune del Kattegat
Foca comune dello Skagerrak
Foca grigia delle acque della Scozia nordorientale

DDT
PCB

Fonte: Blomkvist et al. 1992

Figura 6.6 DDT e PCB nelle uova di uria, 1969-95

µg/g sulla base del peso lipidico

DDt PCB

Fonte: Bignert *et al.*, dati aggiornati al 1997

Tabella 6.4 Composti organo-alogenati nelle uova di uccelli acquatici raccolte nel delta del Danubio

Tipo di alimentazione	Specie	HCB	Lindano	DDT+	PCB	
		g/g peso a secco				
Consumatore primario	Germano reale	0,18	0,27	1,27	0,98	
Consumatore secondario (invertebrati)	Mignattaio	0,16	0,28	4,00	2,40	
Consumatori secondari (invertebrati+pesce)	Airone cenerino	0,17	0,65	7,35	2,04	
	Nitticora	0,19	0,52	6,25	2,33	
Consumatori terziari (pesce)	nel delta	Marangone	0,47	0,46	19,31	14,95 minore
	in superficie	Pellicano bianco	0,32	1,15	18,75	538
	Cormorano comune	Cormorano comune	1,30	2,01	59,9	23,6

Fonte: Walker e Livingstone, 1992

moltissime specie di uccelli acquatici. Uno studio UNDP/UNEP condotto in quella regione ha esemplificato il processo di bioamplificazione evidenziando concentrazioni crescenti di inquinanti nelle uova, man mano che si procede dalle specie di consumatori primari (ad esempio i germani reali), ai consumatori secondari che si nutrono anche di pesce (come ad esempio gli aironi), ai consumatori terziari per i quali il pesce rappresenta l'unico alimento (ad esempio i cormorani e i pellicani) (Walker e Livingstone, 1992) (cfr. tabella 6.4).

Impatti ecologici dei POP

Sugli effetti ecotossici dei POP sono disponibili grandi quantità di dati e approfondite cognizioni. La tabella 6.5 offre una panoramica di questi effetti, compilata principalmente in base a osservazioni compiute nel bacino del Mar Baltico.

L'esempio più eclatante di impatto provocato dai POP attualmente documentato è l'effetto sulle funzioni riproduttive. La relazione dell'EPA svedese riassume i risultati delle osservazioni compiute su diverse specie di pesci affette da disturbi del ciclo riproduttivo nella regione del Mar Baltico. Si sospetta inoltre l'esistenza di un nesso tra i POP e le anomalie a carico dell'apparato riproduttore osservate in alcuni uccelli e mammiferi marini, come le foche e i delfini, che sono l'ultimo anello della catena alimentare marina. Ne è un esempio il sospetto effetto tossico di restringimento dell'utero delle foche, che risulta marcatamente aumentato tra il 1965 e il 1979, con un parziale recupero nel periodo successivo (figura. 6.7). Un disturbo simile è stato osservato anche tra le foche grigie che vivono nelle zone contaminate del Mare d'Irlanda (Baker, 1989) e del Wadden Zee olandese (Reijnders, 1986).

Nel 1990 e 1991 è stata osservata un'elevata mortalità nella popolazione di stenelle striate che vivono nel Mediterraneo. Gli animali, che morivano per un'infezione virale, presentavano concentrazioni estremamente elevate di PCB nei tessuti adiposi e nel fegato. E' probabile che i PCB rendessero gli animali meno resistenti alle infezioni virali e agli ectoparassiti (Aguilar e Borrell 1994, Borrell *et al.* 1996).

Il monitoraggio compiuto sugli embrioni di pesci che vivono sui fondali del Mare del Nord ha consentito di rilevare tassi di malformazione del 30% nella parte interna della Baia di Helgoland, che diminuiscono al 9% al largo della costa ma aumentano di nuovo al 31% nella più lontana Dogger Bank, che evidentemente agisce da regione di assorbimento per le sostanze chimiche sintetiche (Stebbing *et al.* 1992).

Figura 6.7 Restringimento dell'utero osservato nelle foche del Baltico, 1965-95

percentuale di tutte le femmine di ogni gruppo d'età

Età delle foche femmine

5-10 anni

11-20 anni

oltre 20 anni

Fonte: Helle, 1997

Tabella 6.5 Impatti ecologici e sostanze probabilmente responsabili

Legenda dei gradi di correlazione/nesso causale: 1 = nessuna correlazione, 2 = sospetta correlazione, 3 = debole correlazione, 4 = chiara correlazione, 5 = notevole correlazione.

Osservazione/effetto	Specie a rischio	Sostanza	Correlazione/nesso causale
<i>Su larga scala</i>			
Assottigliamento del guscio dell'uovo	urina, aquila, falco pescatore, falco pellegrino	DDT	5
Riproduzione	foca, otaria	PCB	4
Malformazioni dell'apparato locomotore	foca grigia	DDT, PCB	2
Anomalie patologiche	foca PCB e DDT	metaboliti di	3
Riproduzione	visone	PCB	5
Disturbi delle funzioni riproduttive	falco pescatore	DDT, PCB	4-5
Disturbi delle funzioni riproduttive	aquila	DDT, PCB	2-3
Riproduzione (M74)	salmone clorurate	sostanze	2
<i>Su larga scala - industria della carta e della polpa di legno</i>			
Induzione di enzimi metabolizzanti	pesce persico	miscele di composti organici clorurati e non clorurati di PCCD/F	3
<i>Livello locale/regionale - Industria della carta e della polpa di legno</i>			

Induzione di enzimi metabolizzanti	pesce persico non clorurati	miscele di composti organici clorurati e PCCD/F	3-3
Malformazioni della colonna vertebrale	scorpena californiana	miscele di composti organici clorurati e non clorurati	3-4
<i>A livello locale - Industria forestale</i>			
Induzione di enzimi metabolizzanti	pesce persico	miscele di composti organici clorurati e non clorurati PCCD/F	4-5
Malformazioni della colonna vertebrale	scorpena californiana	miscele di composti organici clorurati e non clorurati	4-5
Danni alle larve	mitilo organici clorurati e non clorurati	miscela di composti	3

Fonte: EPA svedese, 1996

POP nel latte materno

Alcuni POP come il PCB, il DDT e le diossine, si accumulano anche nei tessuti adiposi umani e vengono espulsi principalmente attraverso il latte materno. Alcune sostanze estremamente tossiche per i mammiferi, come le policlorodibenzo-p-diossine (PCDD) e i policlorodibenzofurani (PCDF) possono pertanto rappresentare un grave pericolo per i neonati allattati al seno. Uno studio condotto dalla OMS ha tuttavia appurato che i livelli di PCDD e di PCDF nel latte materno non sono complessivamente in aumento, in alcuni paesi sono diminuiti e in altri vi è stata addirittura una riduzione del 50% rispetto al 1988 (figura 6.8).

La concentrazione degli inquinanti varia nei diversi paesi e nel tempo. Inoltre va tenuto conto delle variazioni dovute alla diversità delle tecniche di campionamento e analitiche utilizzate. Altri fattori sono il contenuto di grassi nel latte,

l'età della donna, le sue abitudini alimentari e l'occupazione. Il latte umano contiene una concentrazione di POP dieci volte più elevata del latte di mucca o dei sostituti del latte materno. La figura 6.9 mostra il contenuto medio di DDT+DDE rilevato nella porzione lipidica del latte materno nei paesi europei. La concentrazione di DDT è normalmente più elevata nei campioni provenienti da paesi in cui sono tuttora in uso, o lo sono stati fino a tempi recenti, i pesticidi persistenti (Jensen, 1996).

Le diossine sono un altro gruppo di sostanze associabili a una serie di gravi disturbi di salute. I livelli più bassi ai quali sono osservabili effetti sullo sviluppo, sulla sfera neuro-comportamentale e sulle funzioni riproduttive potrebbero essere dell'ordine degli attuali valori normali in alcuni segmenti di popolazione. Stando ai risultati complessivi dello studio condotto dalla OMS, l'allattamento al seno deve tuttavia essere incoraggiato per i suoi vantaggi per la salute e lo sviluppo del bambino.

Conclusioni

A seguito del generale calo registrato dalla produzione e dall'uso dei POP, vi sono chiari segni della diminuzione delle emissioni di alcune di queste sostanze, ma non sono disponibili dati a livello europeo che confermino questa tendenza. Solo di recente è stato portato a termine un inventario delle emissioni di PCB nell'atmosfera per il 1990. Da esso è stata ricavata la carta 6.1: delle 119 tonnellate di PCB emesse in totale (nell'area coperta dal programma EMEP illustrata nella carta), l'80% proveniva da fonti situate nell'Europa occidentale e il 94% da luoghi in cui erano presenti apparecchiature elettriche. Non sono disponibili dati relativi alle acque.

I residui dei POP utilizzati in passato in tutto il mondo sono ancora presenti nella regione artica e baltica e in altre. Tra il 1948 e il 1993 sono stati dispersi 2,6 milioni di tonnellate di DDT. I PCB hanno trovato largo impiego in trasformatori e condensatori, nelle stazioni radar militari e nelle centrali elettriche temporanee installate nei territori di guerra, che scaricavano fluidi a base di PCB nell'ambiente. Altre fonti di inquinamento da POP sono da sempre le perdite dai trasformatori, i fluidi idraulici e di perforazione utilizzati nelle miniere e sulle piattaforme petrolifere, e le discariche nelle quali vengono smaltiti i rifiuti contenenti PCB (AMAP, 1997). La persistenza dei POP nell'ambiente rende evidente la necessità di mantenere viva l'attenzione per questo problema (cfr. paragrafo 6.5).

6.5. Effetti delle sostanze chimiche sulla salute dell'uomo

Nell'ambiente si trovano ovunque basse concentrazioni di un'ampia gamma di sostanze chimiche prodotte dall'uomo, ma, ad eccezione dei casi di elevata esposizione sul luogo di lavoro o a seguito di emissioni accidentali,

Figura 6.8 Concentrazione di diossina nel latte materno, 19883

Belgio – Liegi
Belgio – Bruxelles
Paesi Bassi - 17 campioni indiv.
Finlandia – Helsinki
Belgio - Brabante
Regno Unito – Birmingham
Germania – Berlino
Regno Unito – Glasgow
Danimarca - 7 diverse città
Croazia – Zagabria
Norvegia – Skien
Finlandia – Kuopio
Austria – Tulln
Austria – Vienna
Norvegia - Troms[↑]
Norvegia – Hamar
Ungheria – Budapest

Croazia – Krk
Ungheria - Szentes

pg TEQ/g porzione lipidica

Fonte: OMS, 1996

Figura 6..9 Contenuto medio di DDT+DDE nella porzione lipidica del latte materno nei paesi europei

Turchia 1987

Italia 1984

Francia 1980

Cecoslovacchia 1989

Polonia 1986

Croazia 1991

Germania 1986

Norvegia 1988

Paesi Bassi 1988

Finlandia 1988

Danimarca 1987

Spagna 1991

Svezia 1988

Ppm

Nota: Tra parentesi è indicato il numero di donne dalle quali è stato prelevato il campione.

Fonte: Jensen, 1996

Carta 6.3 Emissioni di PCB nell'atmosfera, 1990

Emissione di PCB nell'atmosfera

Emissione in tonnellate nella griglia EMEP50

Fonte: Umweltbundesamt e TNO, 1997

È molto difficile individuare le prove degli eventuali effetti sulla salute umana. Ciò è dovuto principalmente al fatto che ognuno è esposto a molte sostanze diverse e ai loro sottoprodotti attraverso molteplici vettori (aria, acqua, cibo, altri prodotti di consumo, etc.). Gli effetti sulla salute possono inoltre avere origine anche dall'esposizione a sostanze naturali presenti nell'ambiente. Infine vi è in genere un'ampia distanza, sul piano dei tempi e delle conoscenze, tra l'*esposizione* alle sostanze chimiche, l'*osservazione* dei possibili effetti dannosi e il loro *collegamento* attraverso la formulazione di *correlazioni* e *nessi causali* (riquadro 6.1).

Sebbene i percorsi metabolici compiuti dagli inquinanti chimici nell'organismo umano siano svariati, i punti dell'organismo nei quali si accumula principalmente il "carico" chimico sono relativamente pochi:

- il *fegato*, dove risiedono complessi sistemi enzimatici che hanno la funzione di rendere inerti le sostanze tossiche, ma dove composti come ad esempio i PAH possono creare radicali liberi altamente reattivi, potenzialmente cancerogeni;
- le *membrane cellulari*, in cui le sostanze lipofile (liposolubili) possono concentrarsi e inibire il corretto svolgimento delle funzioni cellulari;
- il *sistema ormonale*, che tramite le ghiandole endocrine e altri meccanismi attiva molte altre funzioni dell'organismo, come quelle riproduttive;

Riquadro 6.1: Correlazione e nesso causale

Talvolta è piuttosto semplice dimostrare come un dato indicante uno stato di cattiva salute (ad es. il numero di ricoveri ospedalieri al giorno) sia associato a una determinata causa, come ad esempio la variazione quotidiana dei livelli degli inquinanti atmosferici. Per illustrare l'esistenza di un nesso causale tra più eventi sono stati sviluppati alcuni criteri e test. Questi sono: la sovrapposibilità dei risultati ottenuti da studi diversi, la concordanza tra i risultati di studi diversi (coesione), l'eventuale presenza di una "relazione dose-risposta" tra il fattore causale proposto e l'effetto osservato, e l'esistenza di un ordine di successione valido tra gli eventi (la causa deve sempre precedere l'effetto).

La dimostrazione del nesso causale è spesso difficile ma attraverso l'applicazione di questi e altri criteri è in genere possibile formulare un parere esperto riguardo alla possibilità che una correlazione nasconda effettivamente un nesso causale. Se vi è probabilità che gli effetti siano gravi e /o irreversibili, può essere sufficiente uno scarso numero di prove per giustificare azioni atte a eliminare o a ridurre le probabili cause in base al "principio di precauzione". (OMS - ECEH e AEA, 1996)

Riquadro 6.2: Effetti sulla salute umana legati all'ambiente

Questa panoramica degli effetti sulla salute riconducibili all'inquinamento chimico è basata sui metodi meccanicistici della ricerca tossicologica e sulle conoscenze dell'epidemiologia ambientale, e si riferisce a casi di elevata esposizione. Il grado di conferma varia, da nessi causali assodati tra le radiazioni e il cancro, a correlazioni derivanti dall'analisi della sensibilità alle sostanze chimiche.

La tabella

illustra anche la necessità di valutare in che misura ogni sostanza chimica concorre agli effetti sulla salute, o addirittura all'insorgenza di una malattia; di confrontare i suoi effetti con quelli prodotti da altri fattori

causali e di valutare l'incidenza a seconda della modalità di esposizione. Gli effetti nocivi sono il risultato dell'azione congiunta di molte cause, quali fattori genetici, lo stile di vita, l'esposizione a radiazioni, le abitudini alimentari, l'assunzione di farmaci, l'esposizione a sostanze chimiche (sintetiche e naturali), il fumo e l'inquinamento, in casa e all'esterno. Infine è importante definire le categorie a rischio, quali ad esempio quelle rappresentate dagli anziani, dai bambini o dai malati.

Effetto sulla salute	Categorie a rischio	Sostanze chimiche/inquinanti principali
<i>Cancro</i>	soprattutto gli anziani, e i bambini (leucemia)	amianto PAH PAH nitrati Benzene Alcuni metalli Radon Tossine naturali Disregolatori endocrini
<i>Malattie cardiovascolari</i>	specialmente gli anziani	monossido di carbonio arsenico Piombo Cadmio Cobalto

<i>Malattie respiratorie</i>	bambini asmatici	particolato biossido di zolfo Biossido di azoto Ozono Idrocarburi Solventi Terpeni
<i>Allergie e ipersensibilità</i>	bambini	particolato ozono Nichel Cromo
<i>Riproduzione</i>	feto, giovani	PCB DDT Ftalati Piombo Mercurio Altri disgregatori endocrini
Disturbi neurologici	feto, bambini	metilmercurio piombo Manganese Alluminio Solventi organici
Osteoporosi	anziani	piombo Cadmio Alluminio Selenio
Sensibilità alle sostanze chimiche	30-40enni?, donne?	Solventi?, pesticidi?, farmaci?

Fonte: AEA, basato sul rapporto *Environment and public health* dell'EPA svedese; *Concern for tomorrow; Environmentally-mediated intellectual decline*, OMS, Cambridge University, 1996; e *Chemical Sensitivity*, Environmental Health Perspectives Supplement, 1997

- il *sistema immunitario*, che ha la funzione di difendere l'organismo dagli agenti esterni ma reagendo eccessivamente può causare allergie.

Tra gli effetti a danno della salute umana che possono essere causati o esacerbati dall'inquinamento chimico vi sono il cancro, le malattie cardiovascolari, le malattie respiratorie, le allergie e l'ipersensibilità, i disturbi a carico delle funzioni riproduttive, l'osteoporosi e le malattie del sistema nervoso centrale e periferico. Alcuni dei dati attualmente disponibili riguardo alle categorie a rischio, ai fattori causali e ambientali e agli inquinanti chimici dannosi per la salute dell'uomo sono riepilogati nel riquadro 6.2.

Negli ultimi decenni, in Europa è stato registrato un notevole aumento delle malattie respiratorie e delle allergie, soprattutto dell'asma, della bronchite, dell'enfisema e della rinite. Tra le cause è stato individuato l'inquinamento chimico, in particolare quello atmosferico (CE, COM(97) 266 def.) In molti paesi è stata osservata una maggior incidenza del carcinoma dei testicoli e della mammella e diversi studi condotti nei paesi industrializzati hanno rilevato una diminuzione della qualità dello sperma umano. Le cause di questi sviluppi sono in gran parte sconosciute ma potrebbero essere riconducibili ai cambiamenti intervenuti a livello ambientale e nello stile di vita. (UE, OMS-ECEH e AEA, 1996, *Relazione di Weybridge* . Cfr. riquadro 6.3). Gli inquinanti che possono avere effetti negativi sulle funzioni riproduttive e sulla progenie sono alcuni metalli (piombo e metilmercurio), solventi, pesticidi, PCB, DDT e altre sostanze che possono superare la barriera placentare ed essere eliminate attraverso il latte materno andando a influire sullo sviluppo mentale e fisico e sulla crescita del feto e del bambino. E' possibile che vi sia un nesso anche tra esposizione a sostanze chimiche endocrino-disgreganti nei primi stadi della vita fetale e i disturbi a carico delle funzioni riproduttive nei maschi adulti. In diversi studi condotti sulla fauna selvatica sono già stati osservati effetti sull'apparato riproduttivo che possono essere collegati all'esposizione a disgregatori endocrini, quali alcuni PCB.

Gli effetti neurotossici sono fonte di crescente preoccupazione, ma le attuali valutazioni del rischio non rappresentano adeguatamente i rischi derivanti dall'esposizione alle sostanze che si ritengono responsabili di questi effetti (National Research Council, 1992). Alcuni dati raccolti in Polonia, nella Repubblica ceca e nelle città dell'ex Unione Sovietica indicano che i bambini iscritti alle scuole speciali o affetti da qualche forma di ritardo mentale sono più numerosi nelle zone inquinate che nelle zone rurali (Global Environmental Change Programme,

Riquadro 6.3: Relazione di Weybridge

L'AEA ha riepilogato i risultati del Workshop sull'impatto dei disgregatori endocrini sulla salute umana e sulla fauna selvatica tenutosi a Weybridge, UK, nel dicembre 1996, come segue:

Vi è cresciuta e fondata preoccupazione riguardo all'aumento dei disturbi a carico delle funzioni riproduttive osservati nella fauna selvatica e nell'uomo. Sono state chiamate in causa alcune sostanze, ma non è ancora stato accertato un nesso diretto.

Fondamentalmente si è concluso che:

- Esistono sufficienti prove del fatto che il cancro ai testicoli sia in aumento.
- La marcata diminuzione del numero degli spermatozoi rilevata in alcuni paesi è con tutta probabilità effettiva e non attribuibile a variabili metodologiche.
- Non vi sono prove sufficienti per stabilire definitivamente un nesso causale tra gli effetti osservati nell'uomo e l'esposizione alle sostanze chimiche.
- La principale fonte di esposizione ai disgregatori endocrini è in genere il cibo e, in misura minore, l'acqua. Ciò vale per tutti gli animali, uccelli e mammiferi terrestri, compreso l'uomo.

- A differenza di quanto si riscontra negli Stati Uniti, sono pochi i casi in cui i disturbi a carico delle funzioni riproduttive nella fauna selvatica europea possono essere attribuiti in via definitiva agli effetti dei disgregatori endocrini.
- Esistono tuttavia alcuni casi all'interno dell'Unione europea in cui gli effetti negativi a livello di sistema endocrino o la tossicità per le funzioni riproduttive, in uccelli e mammiferi coincidono con elevate concentrazioni di sostanze sintetiche che in alcuni test hanno dimostrato di avere proprietà endocrino- disgreganti.
- Alle notevoli incertezze e alla scarsità di dati si può porre rimedio attraverso l'adozione di raccomandazioni volte a favorire la ricerca e il monitoraggio dell'esposizione e degli effetti di queste sostanze sulla fauna selvatica e sull'uomo.
- I test ecotossicologici e i metodi di indagine e di valutazione del rischio attualmente in uso non sono studiati per rilevare le attività endocrino- disgreganti.
- Nel frattempo è importante ridurre l'esposizione dell'uomo e della fauna selvatica ai disgregatori endocrini in base al "principio di precauzione".

Fonte: Weybridge Report, 1996

1997). Gli studi condotti sugli animali indicano che l'esposizione a agenti ambientali a bassi dosaggi (ossia dosaggi che non hanno effetti sugli animali adulti) durante il breve periodo in cui ha luogo il rapido sviluppo del cervello neonatale, può condurre a deficit funzionali irreversibili nell'età adulta, e che gli effetti nella vita adulta si aggravano in caso di somministrazione ai neonati di un agente tossico (Eriksson, 1992). Come spesso accade per i disturbi di salute, esistono evidenti collegamenti tra le varie cause possibili. Alcune carenze alimentari, come ad esempio quella di ferro, favoriscono la neurotossicità di alcuni agenti, quali ad esempio il piombo (Williams, C. 1997).

6.6. Risposte e soluzioni praticabili

La diffusa presenza delle sostanze chimiche e i loro molteplici effetti nocivi sull'uomo e sull'ambiente hanno condotto all'elaborazione di svariate risposte a livello politico. Inizialmente le azioni politiche in materia sono rimaste orientate alla riduzione degli effetti causati dall'inquinamento acuto e dagli incidenti rilevanti, quali le esplosioni, che interessavano luoghi circoscritti. Più recentemente l'attenzione si è spostata sugli effetti dell'inquinamento cronico e su altri pericoli creati dalle fonti diffuse e dalla circolazione transfrontaliera di queste sostanze. Attualmente sono in vigore più di una decina di direttive comunitarie sul controllo delle sostanze chimiche: la tabella 6.6 elenca le più importanti. Esse sono recepite e integrate dalla legislazione nazionale dei singoli Stati membri. La legislazione britannica in materia di controllo delle sostanze chimiche (esclusi i prodotti farmaceutici e i veleni) consta ad esempio di 25 leggi cui fa capo un corpo normativo di oltre 50 regolamenti messi a punto da 7 ministeri. Analoghi modelli di risposta a livello politico sono stati adottati da molti altri paesi dell'Unione europea (Haigh, IEEP, 1995).

Vi è tuttavia scarsa uniformità per quanto riguarda l'osservanza e l'applicazione delle norme vigenti. Causa di ciò sono in parte le difficoltà incontrate nell'applicazione. Un recente studio condotto nell'ambito del progetto NONS, (varato nel 1996 in seguito all'adozione della direttiva concernente la notifica delle sostanze nuove) nel settore delle tinture, un mercato altamente competitivo nel quale circolano molte sostanze chimiche innovative e potenzialmente pericolose, ha scoperto ad esempio che molti dei preparati nuovi utilizzati non erano stati notificati e neppure identificati. Il loro uso non era stato registrato ai sensi di legge e in alcuni casi erano etichettati in maniera inadeguata. Circa il 45% delle 96 aziende visitate non era in regola con la direttiva.

Valutazione del rischio e test di tossicità

L'attuale politica dell'UE in materia di valutazione e gestione dei rischi connessi con l'uso di sostanze chimiche è basata sul principio secondo cui la normativa deve porre l'accento su quelle sostanze che creano rischi rilevanti per l'uomo e per l'ambiente e per le quali è pertanto necessario un metodo di screening appropriato. Le valutazioni del rischio vengono condivise tra l'UE e gli Stati membri, in quanto esse richiedono l'utilizzo di un complesso di informazioni e di dati che spesso non sono disponibili. La tabella 6.7 illustra la disponibilità dei dati per circa 2 500 sostanze chimiche con volumi elevati di produzione attualmente sottoposte a valutazione dall'Ufficio europeo delle sostanze chimiche.

Date le dimensioni e la natura del compito, i progressi compiuti nell'esecuzione delle valutazioni dei rischi e dei test di tossicità sono comprensibilmente lenti. Nel giugno 1995, l'Ufficio europeo delle sostanze chimiche aveva raccolto circa 10 750 dischetti di dati relativi a 2 500 sostanze con volumi elevati di produzione e, entro il mese di giugno 1998, dovrebbero essere raccolti dati per altre 10 000 sostanze prodotte o importate nell'Unione europea, in quantità superiori alle 10 tonnellate annue. Tuttavia, sarà necessario ancora un certo tempo per portare a termine tutte le valutazioni particolareggiate previste e raggiungere i necessari accordi internazionali su queste sostanze. Nell'ambito del programma, dal punto di vista tecnico sono state finora concluse le valutazioni relative a dieci sostanze e 52 erano ancora in corso nel dicembre 1997.

Nel campo dei pesticidi, dei cosmetici, degli additivi per alimenti e dei farmaci (una categoria di cui fanno parte circa 20 000 sostanze chimiche) i lavori procedono un po' più rapidamente, ma dall'entrata

in vigore della direttiva 91/414/CEE del Consiglio, del 15 luglio 1991, relativa all'immissione in commercio dei prodotti fitosanitari nel 1993, nessun *nuovo* principio attivo è stato ancora aggiunto all'elenco di cui all'Allegato 1, ossia è stato inserito nell'elenco delle sostanze notificate ai sensi della normativa comunitaria. Inoltre non si è ancora conclusa alcuna revisione dei principi attivi *esistenti* prevista nell'ambito del programma della durata di 12 anni formalmente varato per i primi 90 principi attivi.

L'eliminazione di queste lacune è una priorità, ma costosa. I costi variano infatti da 100 000 ECU per un insieme di dati di base, a una media di 5 milioni di ECU, per sostanza, per l'esecuzione dell'intero programma di test, fino ad arrivare a 15 milioni di ECU nei casi eccezionali in cui sono necessari test e monitoraggi sul campo (Teknologiradet, 1997).

Inoltre è in corso di valutazione anche l'efficacia dei test stessi; in molti casi i valori determinati degli effetti nocivi possono infatti non essere quelli di maggior interesse al momento (Johnston *et al.* 1996).

Iniziative volte a ridurre gli effetti nocivi degli inquinanti chimici

L'impatto delle sostanze chimiche può essere ridotto intervenendo in punti diversi del loro percorso nell'ambiente. La mancanza di conoscenze sui

potenziali effetti tossici e il lento progresso nelle metodologie di valutazione dei rischi (che sono la base per poter concordare misure per la riduzione degli stessi) hanno contribuito a favorire l'adozione di misure sempre più incentrate sulla *prevenzione* in generale dell'uso e dell'esposizione alle sostanze chimiche pericolose, piuttosto che sul *controllo* minuzioso nel punto di utilizzo e di smaltimento. Inoltre l'accento è stato spostato dalle singole sostanze con tossicità specifica a interi gruppi di sostanze con particolari proprietà chimiche, come ad esempio gli inquinanti persistenti e quelli bioaccumulabili.

La direttiva 96/61/CE del Consiglio, del 24 settembre 1996, sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento, adotta questo approccio ispirato alla prevenzione "a monte" anziché al controllo "a valle" che ispira anche i nuovi concetti di valutazione del ciclo di vita e di progettazione rispettosa dell'ambiente.

Sulla base della valutazione dei vantaggi offerti dal principio di precauzione rispetto ai tempi, ai costi e alle incertezze delle valutazioni del rischio per le singole sostanze, l'approccio volto a ridurre comunque l'esposizione è stato adottato anche dalle convenzioni internazionali, che hanno come principale obiettivo quello di ridurre il carico chimico, partendo dalle sostanze per le quali esiste già una quantità considerevole di dati sulla tossicità.

A seguito della dichiarazione dei loro ministri del 1990, i governi nazionali si sono ad esempio impegnati a ridurre, entro il 1995, le immissioni nel Mare del Nord di un gruppo di 36 sostanze tossiche scaricate in fiumi e estuari a meno del 50% rispetto al livello del 1985. Le immissioni totali di diossine, mercurio e cadmio dovevano invece essere ridotte del 70%. Più recentemente, la quarta conferenza ministeriale sulla protezione del Mare del Nord, tenutasi a Esbjerg nel 1995, ha impegnato gli Stati firmatari a "... ridurre gli scarichi, le emissioni e le perdite di sostanze pericolose, per giungere all'obiettivo di cessarne l'uso nel giro di una generazione (25 anni), con lo scopo finale di ottenere concentrazioni nell'ambiente vicine ai valori di riferimento per le sostanze esistenti in natura e vicine allo zero per le sostanze sintetiche." (EPA danese, 1995).

L'UNECE ha adottato nel 1979 una convenzione sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a grande distanza (CLRTAP), cui partecipano Europa, Stati Uniti e Canada. La convenzione prevede misure per l'eliminazione, la limitazione dell'utilizzo e la riduzione del consumo e delle emissioni accidentali di sostanze chimiche; per la riduzione dell'inquinamento da sostanze chimiche e per lo smaltimento e la gestione dei rifiuti chimici. Come previsto dalla convenzione è in preparazione un protocollo sugli inquinanti organici persistenti, relativo a un elenco preliminare di 18 sostanze (tra cui 11 pesticidi) selezionate tra 105 proposte (v. note alla tabella

Tabella 6.6 Direttive e strumenti adottati a livello comunitario per il controllo delle sostanze chimiche

- direttiva 76/769/CEE del Consiglio, del 27 luglio 1976, concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati Membri relative alle restrizioni in materia di immissione sul mercato e di uso di talune sostanze e preparati pericolosi

- direttiva 67/548/CEE del Consiglio, del 27 giugno 1967, concernente il ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari ed amministrative relative alla classificazione, all'imballaggio e all'etichettatura delle sostanze pericolose (e successive 79/831 e 92/32 recanti la sesta e la settima modifica)

- decisione 81/437 della Commissione, dell'11 maggio 1981, che definisce i criteri in base ai quali gli Stati membri forniscono alla Commissione le informazioni relative all'inventario delle sostanze chimiche

• UE/DG XI/IPS, settembre 1992 sulla definizione informale delle priorità

• direttiva 76/464/CEE del Consiglio, del 4 maggio 1976, concernente l'inquinamento provocato da certe sostanze pericolose scaricate nell'ambiente idrico della Comunità

• Regolamento (CEE) n° 793/93 del Consiglio, del 23 marzo 1993, che stabilisce i principi per la valutazione dei rischi per l'uomo e per l'ambiente delle sostanze esistenti, e regolamento n° 1488/94 della Commissione, relativi alla valutazione e al controllo dei rischi presentati dalle sostanze esistenti

• direttiva 91/414/CEE del Consiglio, del 15 luglio 1991, relativa all'immissione in commercio dei prodotti fitosanitari

• direttiva 93/67/CEE della Commissione, del 20 luglio 1993, che stabilisce i principi per la valutazione dei rischi per l'uomo e per l'ambiente delle sostanze notificate ai sensi della direttiva 67/584/CEE del Consiglio, del 27 giugno 1967.

• documenti di orientamento tecnico, del 16 aprile 1996 sulla valutazione dei rischi delle sostanze chimiche nuove ed esistenti

Tabella 6.7 Disponibilità dei dati relativi a 2 472 sostanze chimiche con volumi elevati di produzione sottoposte a valutazione del rischio dall'Ufficio europeo delle sostanze chimiche, 1996

Proprietà e tossicità	Disponibilità dei dati
Proprietà chimico-fisiche	30-60%
Tossicità orale acuta	70%
Tossicità dermica acuta	45%
Tossicità acuta per inalazione	30%
Tossicità cronica	55%
Carcinogenicità	10%
Genotossicità/mutagenicità	62%
Genotossicità in vivo	32%
Fertilità	20%
Teratogenicità	30%
Ecotossicità	

Pesci o crostacei – acuta	30-50%
Alghe - acuta	25%
Animali terrestri - acuta	5%
Tossicità cronica della sostanza disciolta in acqua	5-20%
Biodegradazione	30%

Fonte: C. J. van Leeuwen *et al.* 1996

6.3). Sono in corso i negoziati anche per un protocollo sui metalli pesanti, in particolare mercurio, cadmio e piombo.

La tabella 6.8 contiene un riepilogo di queste e altre iniziative adottate a livello nazionale e internazionale per favorire la riduzione delle circolazione delle sostanze chimiche.

Programmi volontari di riduzione delle sostanze chimiche

Sono inoltre in corso alcune iniziative volte a ridurre l'impatto ambientale delle sostanze chimiche, intraprese volontariamente dalle industrie del settore di vari paesi. Alcune aziende chimiche dei Paesi Bassi, ad esempio, hanno varato programmi volontari di riduzione tramite accordi con le autorità preposte alla regolamentazione; nel 1989 è stata presentata al Parlamento olandese una Strategia per la riduzione delle emissioni di VOC dalle industrie chimiche, dalle piccole imprese e dalle abitazioni. Questa prevede entro il 2000 una riduzione del 63% delle emissioni rispetto ai valori del 1981. L'analisi compiuta dall'AEA sugli effetti dell'accordo volontario stipulato dall'industria chimica olandese concludeva che esso ha prodotto molti vantaggi per l'ambiente, incoraggiando lo sviluppo di sistemi di gestione ambientale (AEA, 1997).

Le aziende chimiche di 21 paesi europei hanno adottato un programma di "Responsible care" che favorisce la sinergia a livello di idee e di migliori prassi (CEFIC, 1996). Il programma, ispirato a un'iniziativa statunitense, ha lo scopo di migliorare le condizioni di salute, la sicurezza, la performance ambientale e il controllo di qualità nell'industria chimica e di favorire l'informazione del pubblico riguardo ai prodotti e al funzionamento degli impianti.

Internalizzazione dei costi esterni

Alcuni dei costi sociali e ambientali generati dalle sostanze chimiche (i cosiddetti "costi esterni" derivanti della loro produzione e del loro uso) non vengono né sostenuti dalle aziende produttrici né sono compresi nel loro prezzo di mercato. A titolo di esempio, il riquadro 6.4 fornisce una stima di alcuni dei costi esterni del creosoto. In alcuni paesi tali costi esterni sono stati inclusi nel prezzo, attraverso l'imposizione di tasse. Sono tassati, ad esempio, i pesticidi, i fertilizzanti, le sostanze che distruggono l'ozono, l'anidride solforosa, gli ossidi di azoto, i composti organo-alogenati (come il tetracloroetilene, il tricloroetilene, e il diclorometano - tassati in Danimarca)

Tabella 6.8 Alcune iniziative attualmente in corso, volte alla riduzione delle sostanze chimiche

Strumento/Proposta/ Località	Anno	Obiettivi
Dichiarazione di Esbjerg sulla protezione del Mare del Nord	1995	Eliminare entro 25 anni dal Mare del Nord le sostanze chimiche persistenti, quelle con tendenza alla bioaccumulazione e quelle tossiche
Convenzione di Basilea sul controllo dei movimenti transfrontalieri dei rifiuti pericolosi e la loro eliminazione	1997	Uno degli obiettivi è quello di ridurre / minimo i rifiuti pericolosi alla fonte
Protocollo UNECE sui POP nell'atmosfera	1998	Ridurre le emissioni di POP
Protocollo UNECE sui metalli pesanti nell'atmosfera	1998	Ridurre le emissioni di metalli pesanti
Convenzione OSPAR dichiarazione di Esbjerg	1998	Attuazione degli obiettivi della

Convenzione UNEP sui POP /	1997-1998	Definire strategie di risposta per ridurre eliminare le emissioni e le perdite
Protocollo di Montreal che distruggono	1987-2040	Eliminare gradualmente alcune sostanze l'ozono.
Quinto programma comunitario significativa dell'uso di politica e d'azione a favore superficie" dell'ambiente	1991-1994	Raggiungere una "riduzione di prodotti fitosanitari per unità di
Rapporto del Ministro danese sulle future sostanze iniziative in materia di sostanze chimiche	1997	Eliminare gradualmente 25 sostanze/gruppi di delle quali è stata identificata la priorità tra 100 sostanze nocive
Rapporto del governo svedese sulla sostanze politica in materia di sostanze chimiche	1997-2007	Eliminare in 10 anni tutti i prodotti contenenti persistenti e con tendenza alla bioaccumulazione, che danno luogo a effetti gravi/irreversibili; o contenenti piombo, mercurio, cadmio
Obiettivi del governo norvegese per le scarichi di sostanze chimiche prioritarie. cadmio, graduale eliminazione di PCP) entro il 2005	1996-2010	Sostanziale riduzione entro il 2010 degli sostanze chimiche pericolose (piombo, mercurio, diossine, PAH) e alcune sostanze (ad es. halon, PCB,
Legge lituana sulla comprendente la gestione dei rifiuti chimiche	1998	Legge sulla gestione dei rifiuti, riduzione delle sostanze

Fonte: Agenzia europea dell'ambiente

e i rifiuti tossici, così come la benzina al piombo e il gasolio “sporco”.

Le tasse ambientali possono essere efficaci solo se sono ben congegnate e integrate in un pacchetto di misure, che preveda anche l'utilizzo di parte del gettito per promuovere iniziative volte a ridurre l'uso di una sostanza (AEA, 1996). Attuali candidati all'imposizione di tasse ecologiche sono, tra l'altro, i metalli pesanti, i prodotti clorurati, i POP, i fertilizzanti e i pesticidi.

Altre misure politiche utilizzabili per limitare l'uso di sostanze chimiche sono il programma comunitario di ecogestione e audit (Emas), l'introduzione del marchio di qualità ecologica (Ecolabel), le politiche di bonifica delle zone contaminate, la legislazione in materia di responsabilità ambientale e civile.

L'informazione come strumento politico

L'informazione sta svolgendo un ruolo sempre più importante nel controllo dell'inquinamento chimico, sia in aggiunta a misure politiche quali regolamenti e tasse, sia come strumento politico a se stante. La direttiva “Seveso” sui rischi di incidenti rilevanti connessi con determinate attività industriali (cfr. sottoparagrafo 13.3.1) sancisce l'obbligo per i titolari delle aziende a fornire informazioni alla popolazione circostante e la direttiva sulla classificazione e l'etichettatura delle sostanze pericolose sancisce l'obbligo di fornire informazioni sul prodotto. Il proposto Inventario integrato europeo delle emissioni, al quale il pubblico avrà accesso ai sensi della direttiva sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento, fornirà dati sull'emissione di sostanze chimiche dagli impianti di produzione. Alcuni paesi europei (Regno Unito, Paesi Bassi, Svezia, Danimarca e Francia) dispongono già di alcune normative che regolano l'accesso del pubblico ai dati relativi alle sostanze chimiche.

L'OCSE (OCSE, 1996) sta incoraggiando l'adozione di iniziative simili all'Inventario delle emissioni tossiche adottato negli Stati Uniti, che ha condotto sia a importanti iniziative volontarie di riduzione delle emissioni, sia a una generale riduzione della tossicità chimica della produzione (Naimon, 1996).

Un altro strumento di informazione in uso è il Registro dei prodotti chimici di cui si sono dotate Svezia, Norvegia, Danimarca, Finlandia e Francia, che può essere particolarmente utile per l'identificazione delle sostanze chimiche nei prodotti di consumo (KEMI, 1994).

Bibliografia

Aguilar, A., Borrell, A. (1994). Abnormally high PCB levels in striped dolphins affected by the 1990-1992 Mediterranean epizootic. In *The Science of the Total Environment*, Vol. 154, p. 237-247.

AMAP (1997). *Persistent Organic Pollutants and Heavy Metals*. Arctic Monitoring and Assessment Programme.

Baker, J.R (1989). Pollution - associated uterine lesions in grey seals from the Liverpool Bay area of the Irish Sea. In *Veterinary Record*, Vol. 125, p. 303.

Bignert, A., Litzen, K., Odsjo, T., Olsson, M., Persson, W. and Reutergardh, L. (1995). Time-related factors influence the concentrations of sDDT, PCBs and shell parameters in eggs of Baltic Guillemot. In *Environmental Pollution*, Vol. 89, p. 27-36.

Bignert, A (1997). *Comments concerning the National Swedish Contaminant Monitoring Programme in marine biota*. Contaminant research group at the Swedish Museum of Natural History.

Blomkvist, G. *et al*, (1992). Concentrations of DDT and PCB in Seals from Swedish and Scottish waters. In *AMBIO*, Vol 21, No 8.

Borrell, A., Aguilar, A., Corsolini, S. and Focardi, S. (1996). Evaluation of toxicity and sex-related variation of PCB levels in Mediterranean striped dolphins affected by an epizootic. In *Chemosphere*, Vol. 32, No 12 p.2359-2369.

Riquadro 6.4: Costi dell'inquinamento da creosoto

I conservanti per legno sono normalmente a base di creosoto (o vernice di catrame di legno) che contiene circa il 30% di PAH, oppure di un impregnante contenente sali di metalli pesanti. Il legno trattato con entrambi i tipi di prodotto rilascia inquinanti nell'acqua, nel suolo e nei sedimenti. Tuttavia, in genere non vengono applicate tasse per "internalizzare" questi costi d'inquinamento che possono anche essere notevoli. Nei Paesi Bassi, i costi totali dello smaltimento del sedimento contaminato con PAH e metalli pesanti è stimato in circa 50 ECU/m³ di sedimento dragato. La rimozione del volume finora accumulato avrebbe un costo di 1,5 miliardi di ECU, da aggiungersi ai normali costi di manutenzione. Considerando un contenuto limite di 10 mg PAH/kg di sedimento, ogni kg di PAH contaminante costa alla comunità 5 000 ECU. Supponendo che il sedimento accumulato venga rimosso nell'arco di 20 anni e di voler coprire i costi esclusivamente tassando i 10.000 kg di creosoto e vernici a base di catrame di carbone utilizzati mediamente ogni anno, ogni kg di questi prodotti verrebbe a costare 7 500 ECU. Ma anche una tassa più modesta sul creosoto sarebbe utile per far rientrare alcuni dei "costi esterni" e una parte del ricavato potrebbe essere devoluta allo sviluppo di alternative. Recentemente è stata comunque sviluppata un'alternativa per la conservazione del legno (vaporizzazione ad alta pressione e alta temperatura) anche in assenza di un tale contributo (Zuylen, 1995).

CCEC, Continental Pollution Pathways (1997). *An Agenda for Cooperation to address Long Range Transport of Air Pollution in North America*. Council of the Commission for Environmental Cooperation, Montreal, Canada.

CE, Commissione delle Comunità europee (1997). *Comunicazione della Commissione relativa a un programma di azione comunitaria sulle malattie connesse con l'inquinamento nel contesto del quadro d'azione nel settore della sanità. Poposta di decisione del Parlamento europeo e del Consiglio che adotta un programma di azione comunitaria 1999-2003 sulle malattie connesse con l'inquinamento nel contesto del quadro d'azione nel settore della sanità pubblica (presentata dalla Commissione)*. COM(97) 226 def.

CEFIC, The European Chemical Industry Council (1996b). *The European chemical industry in a worldwide perspective*. Brussels.

CEFIC, The European Chemical Industry Council (1996c) *Basic economic statistics of the European Chemical Industry 1994-1995*. Brussels.

CEFIC, The European Chemical Industry Council (1997). *Facts & figures - the European Chemical Industry in a Worldwide Perspective*. Brussels

Danish EPA (1998). *Fourth Meeting of the Task Force on the Phase-out of Lead in Gasoline. Country Assessment Report*. Final. Ministry of Environment and Energy. The Danish Environmental Protection Agency.

Danish EPA (1995). *North Sea Conference, Esbjerg Declaration*. 4th International Conference on the Protection of the North Sea. Esbjerg, Denmark, June 1995.

EEA, European Environment Agency (1996). *Environmental Taxes Implementation and Environmental Effectiveness*. Environmental Issues series No 1. EEA, Copenhagen, ISBN 92-9167-000-6.

EEA, European Environment Agency (1996). *The State of the European Arctic Environment*. Environmental Monograph No 3. EEA, Copenhagen.

EEA, European Environment Agency (1997). *Environmental Agreements, Environmental Effectiveness: Case Studies*. Environmental Issues series No 3, Vol. 2, EEA, Copenhagen, ISBN 92-9167-055-3.

Environmental Health Perspectives Supplement *Chemical Sensitivity*, Vol 105, Supplement 2, 1997

Eriksson, Per (1992). Neuroreceptor and Behavioural effects of DDT and pyrethroids in immature and adult animals. In *The Vulnerable Brain and Environmental Risks*. Eds: R.L. Iassacson and K.F. Jensen. Plenum Press, New York.

European Workshop on the Impact of Endocrine Disrupters on Human Health and Wildlife, Report of Proceedings. Weybridge, UK, 24 December 1996. EUR 17549, 1996.

Friedlander, S. (1994). The two faces of Technology: changing perspectives in design for the environment. In *The Greening of Industrial Ecosystems*. Eds: B.R. Allenby and D.J. Richards. National Academy Press, Washington.

Global Environmental Change Programme Briefings, *The Environmental Threat to Human Intelligence*, C. Williams, No 13, June 1997. University of Sussex, Brighton, UK.

Greenpeace (December 1993). *The North Sea Invisible Decline - environmental problems in the North Sea*. Greenpeace International European Unit, Brussels, Belgium.

Haigh, N. (1994). *Legislation for the control of chemicals*. Institute for European Environment Policy, London, UK.

Helle, E. (1997). *Numbers and reproduction of the ringed seal in the Bothnian Bay, Northern Baltic Sea*. Baltic Seals 94 Conference, 1994. Updated information received by personal communication (1997).

Jensen, A.A. (1996). *Environmental and occupational chemicals. Drugs and human lactation*. Elsevier Science Publishers B.V.

Johnston, P.A., Stringer, R.L. and Santillo, D. (1996). Effluent Complexity and Ecotoxicology: Regulating the variable within varied systems. In *Toxicology and Ecotoxicology News*, Vol. 3 (4), p. 115-120.

KEMI (1994). *Chemical Substances Lists*. the Swedish National Chemicals Inspectorate, Sunset project, Report No 10.

Naimon, J.S. (in press). *Toxic chemical information programs: Lessons from the USA Experience*.

- OECD (1996). *Statistics Inland Water 1996*.
- Pacyna, J.M. (1996). *Atmospheric emissions of heavy metals for Europe*. International Institute for Applied Systems Analysis, Hagan, Norway.
- Reijnders, P.J.H. (1986). Reproductive failure in common seals feeding on fish from polluted coastal waters. In *Nature*, Vol. 324, p. 457-457.
- Rühling, Å. (ed) (1994). *Atmospheric heavy metal deposition in Europe - estimations based on moss analysis*. Nordic Council of Ministers. Nord 1994:9.
- Stebbing, A.R.D. *et al.* (1992). *Overall summary and some conclusions from the Bremerhafen workshop*. Marine Ecology Progress Series 91.
- Stigliani & Anderberg (1994). *Industrial Metabolism: Restructuring for Sustainable Development*. Eds: Ayres & Simonis, UN University.
- Swedish EPA (1993a). *Environment and Public Health*. Report 4182.
- Swedish EPA (1993b). Persistent organic pollutants and the environment. *The environment in Sweden Status and trends*. Solna, Sweden.
- Swedish EPA (1996). *POP Stabila Organiska Miljögifter, Stort eller litet problem*, Report 4563.
- Teknologi-radet (1997). *The non-assessed chemicals in EU*. Presentations from the conference 30 October 1996. Report of the Danish Board of Technology 1997/1. ISBN 87-90221-19-2.
- UK Environment Agency (1996). *Viewpoints on the Environment. Developing a national environmental monitoring and assessment framework*.
- Umweltbundesamt and TNO Institute of Environmental Sciences, Energy Research and Process Innovation (1997). *The European Emission Inventory of Heavy Metals and Persistent Organic Pollutants for 1990*.
- UNECE (1997). *Annual Review - the Chemical Industry in 1995 Production and Trade Statistics 1992-1994*.
- van Leeuwen, J.C. *et al.* (1996). Risk assessment and management of new and existing chemicals. In *Environmental Toxicology and Pharmacology 2*.
- Walker, C.H. and Livingstone, D.R. (1992). *Persistent pollutants in marine ecosystems*. A special publication of SETAC. Pergamon Press, Oxford.
- Wania, F. and Mackay, D. (1996). Tracking the distribution of persistent organic pollutants. In *Environmental Science & Technology News*, Vol. 30, No 9.
- WHO (1995a). *Concern for Europe's tomorrow, health and the environment in the WHO European Region*. World Health Organisation, European Centre for Environment and Health, Wiss. Verl.-Ges., Stuttgart, Germany.
- WHO (1996b). Levels of PCBs, PCDDs and PCDFs in human milk. *Environmental Health in Europe*, No 3,
- WHO (1996). *Environment and Health 1 Overview and Main European Issues*. World Health Organisation, European Centre for Environment and Health and European Environment Agency, ISBN 92-890-1332-X.

Williams, C. (1997). *Terminus Brain: the environmental threats to human intelligence*. Cassel, London, UK.