



**ISPRA**

Istituto Superiore per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale

**EMISSIONI IN ATMOSFERA DI PCB E HCB IN ITALIA  
DAL 1990 AL 2006**

**ISPRA**  
**Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca**  
**Ambientale**

**EMISSIONI IN ATMOSFERA DI PCB E HCB IN ITALIA**  
**DAL 1990 AL 2006**

R. DE LAURETIS, M. PANTALEONI, E. TAURINO

**Informazioni legali**

L'istituto Superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA) e le persone che agiscono per conto dell'Istituto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo Rapporto.

La Legge 133/2008 di conversione, con modificazioni, del Decreto Legge 25 giugno 2008, n. 112, pubblicata sulla Gazzetta Ufficiale n. 195 del 21 agosto 2008, ha istituito l'ISPRA - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale. L'ISPRA svolge le funzioni che erano proprie dell'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici (ex APAT), dell'Istituto Nazionale per la Fauna Selvatica (ex INFS) e dell'Istituto Centrale per la Ricerca scientifica e tecnologica Applicata al Mare (ex ICRAM). La presente pubblicazione fa riferimento ad attività svolte in un periodo antecedente l'accorpamento delle tre Istituzioni e quindi riporta ancora, al suo interno, richiami e denominazioni relativi ai tre Enti soppressi.

**ISPRA** – Istituto Superiore per la protezione e la ricerca ambientale

Via Vitaliano Brancati, 48

**00144 Roma**

[www.apat.gov.it](http://www.apat.gov.it)

ISPRA, 01/2009

ISBN 978-448-0374-7

Riproduzione autorizzata citando la fonte

**Elaborazione grafica**

ISPRA

*Grafica di copertina:*

*Foto di copertina:*

**Coordinamento tipografico:**

Daria Mazzella e Simonetta Turco

**ISPRA** - Settore Editoria

**Amministrazione:**

Olimpia Girolamo

**ISPRA** - Settore Editoria

**Distribuzione:**

Michelina Porcarelli

**ISPRA** - Settore Editoria

Un ringraziamento particolare a Emanuele Peschi per la collaborazione sugli aspetti normativi

## INDICE

Indice.....	3
1. Introduzione .....	4
2. Proprietà e comportamento ambientale degli inquinanti organici persistenti.....	4
3. Aspetti tossicologici ed effetti sulla salute.....	7
3.1. PCB .....	7
3.2. HCB .....	7
4. Aspetti normativi.....	7
5. Produzione industriale e usi .....	9
5.1 PCB .....	9
5.2 HCB .....	10
6. Emissioni in atmosfera.....	11
6.1. Inventario delle emissioni .....	12
6.2. Metodologia di stima .....	12
6.3. Serie storica delle emissioni.....	16
6.3.1. PCB .....	16
6.3.2. HCB .....	20
6.4. Analisi delle principali fonti di emissione ( <i>key sources</i> ) .....	24
6.4.1. PCB .....	24
6.4.2. HCB .....	27
7 Piani di monitoraggio.....	29
8. Conclusioni .....	31
APPENDICE I .....	32
APPENDICE II.....	35
Bibliografia .....	38
Indice di tabelle e figure.....	38

## **1. INTRODUZIONE**

L'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) ha, tra i principali compiti istituzionali, quello di raccogliere, elaborare e diffondere i dati e le informazioni di interesse ambientale. In tale ambito l'Istituto realizza ogni anno l'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera anche in considerazione degli impegni intrapresi a livello internazionale, con le Convenzioni delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici e della Commissione Economica delle Nazioni Unite (UNECE) sull'Inquinamento Transfrontaliero. In tale contesto si inserisce l'inventario relativo agli inquinanti organici persistenti.

Questo rapporto costituisce un focus su policlorobifenili (PCB) ed esaclorobenzene (HCB) le cui stime sono state recentemente introdotte nell'inventario nazionale delle emissioni atmosferiche.

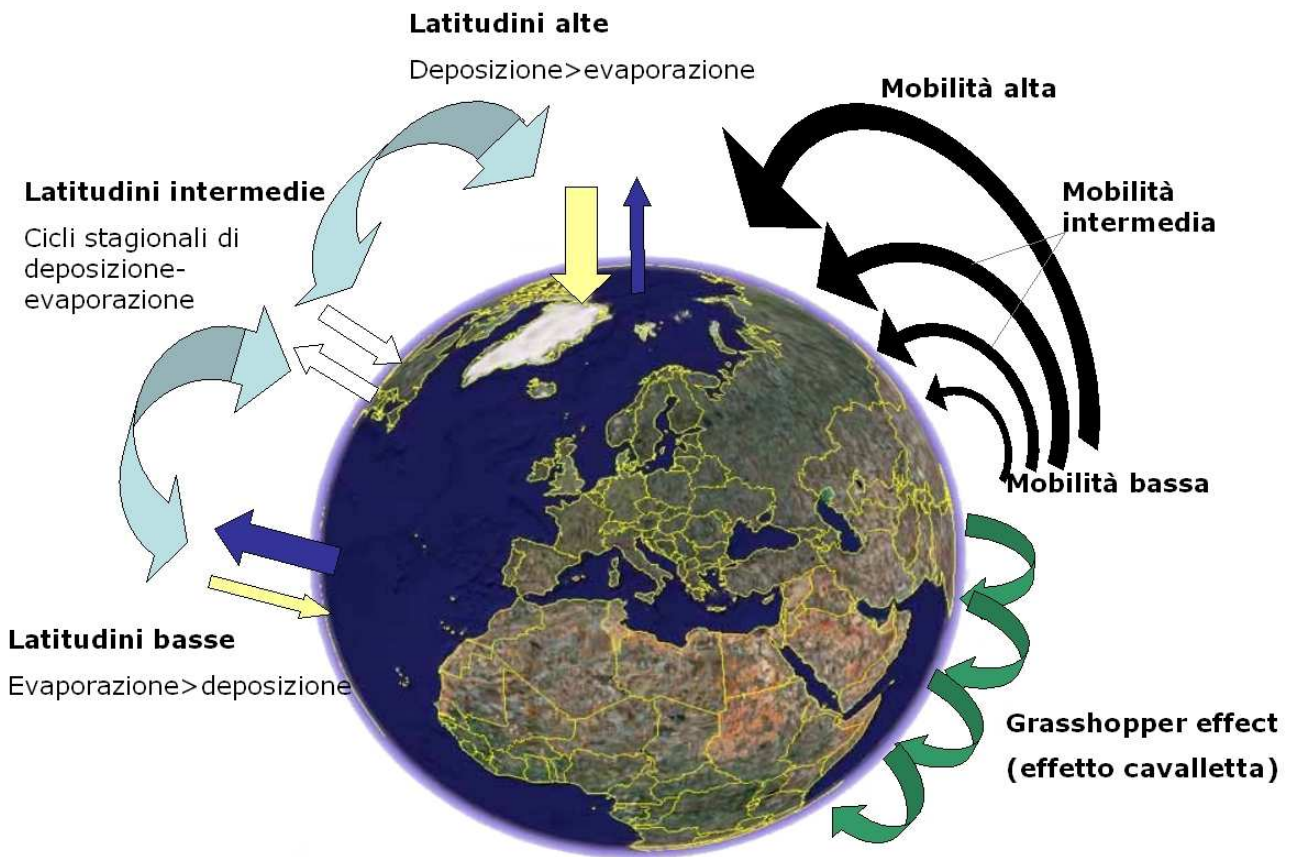
L'importanza e le motivazioni che hanno condotto alla realizzazione di questo lavoro coincidono con gli obiettivi dichiarati del Protocollo di Aarhus, vale a dire il controllo, la riduzione o l'eliminazione di scarichi, emissioni e perdite di inquinanti organici persistenti. Per raggiungere tali obiettivi è indispensabile definire le fonti di emissione e stimare le quantità emesse per poi pianificare le politiche di riduzione delle emissioni di queste sostanze che hanno effetti negativi sulla salute e sull'ambiente.

## **2. PROPRIETÀ E COMPORTAMENTO AMBIENTALE DEGLI INQUINANTI ORGANICI PERSISTENTI**

Gli inquinanti organici persistenti (Persistent Organic Pollutants: POP) sono definiti come sostanze organiche che [12]:

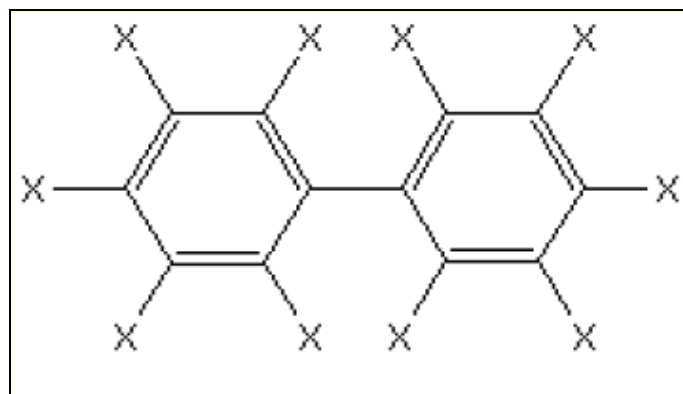
- (i) posseggono caratteristiche tossiche;
- (ii) sono persistenti;
- (iii) subiscono bioaccumulazione;
- (iv) sono propensi al trasporto atmosferico transfrontaliero a lungo raggio e successiva deposizione (vedi Figura 1);
- (v) sono in grado di provocare gravi danni alla salute umana o all'ambiente sia vicino che lontano dalla loro fonte di emissione.

Il bioaccumulo delle sostanze tossiche può avvenire o direttamente dall'ambiente in cui l'organismo vive o attraverso l'ingestione lungo le catene trofiche oppure in entrambi i modi: nel primo caso il fenomeno viene definito bioconcentrazione, nel secondo caso biomagnificazione.



**Figura 1** Trasporto atmosferico transfrontaliero dei POP (l'immagine della terra è presa da Google earth)

Si definiscono policlorobifenili (PCB) un gruppo di composti chimici aventi formula generale  $C_{12}H_{10-x}Cl_x$ .



**Figura 2** Struttura chimica dei policlorobifenili - PCB

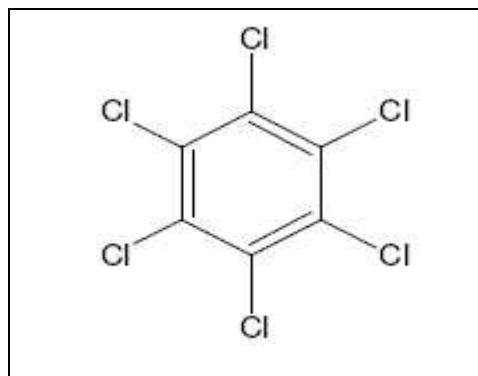
Con la sigla PCB si intendono anche, quando non specificato, i policlorotrifenili (PCT), in forza dell'affinità chimica, dell'impiego analogo e delle caratteristiche tossicologiche. Dal punto di vista chimico-fisico si tratta di composti estremamente stabili e proprio queste caratteristiche, unite alle ottime proprietà dielettriche e di trasporto di calore, ne hanno favorito la diffusione negli anni passati per una serie di utilizzi sia in campo industriale che civile, come ad esempio nei condensatori e nei trasformatori, nei plastificanti dei rivestimenti protettivi, negli additivi nei flussi di impianti idraulici, nei lubrificanti all'interno delle apparecchiature subacquee. Al giorno d'oggi i PCB sono considerati, per la loro tossicità, nei confronti dell'uomo e dell'ambiente, tra gli

inquinanti più pericolosi poiché la loro grande stabilità ai diversi attacchi chimici li rende difficilmente degradabili acuendo l'effetto di bioaccumulazione nei tessuti grassi degli organismi viventi. I PCB hanno la capacità di cambiare la loro stabilità nell'ambiente; infatti con un contenuto di cloro pari al 19-43% il prodotto ha una forma cristallina, tra il 43% e il 56% assume le caratteristiche di un olio, tra il 57% e il 69 % assume una forma semisolida o simile alla resina e poi con un contenuto di cloro tra il 67% e il 70% di nuovo cristallina.

Il numero e la posizione delle molecole di cloro allegato al bifenile incide anche sulla tossicità dei singoli PCB. Alcuni PCB (PCB coplanari) sono stati identificati come "diossina-simili" con relativa tossicità 100-1000 volte superiori a quelli associati ad altri congeneri di PCB. Questi PCB proprio come le diossine / furani hanno fattori di tossicità equivalente (TEF).

Inoltre questi composti sono solo moderatamente solubili in acqua e la solubilità diminuisce all'aumentare degli atomi di cloro (ad esempio il monoclorobifene ha una solubilità pari a 5,9 mg/l, il decaclorobifene 0,015 mg/l). Anche la volatilità è una caratteristica che varia per questi inquinanti secondo il numero di atomi di cloro presenti nel composto[5].

L'esaclorobenzene (HCB) è un composto organico clorurato con moderata volatilità. È praticamente insolubile in acqua ma è altamente solubile nei lipidi.



**Figura 3** Struttura chimica dell'esaclorobenzene - HCB

L'HCB è stato usato estensivamente come fungicida ma in molti Paesi l'utilizzo è stato ridotto a partire dagli anni '70. D'altra parte questa sostanza continua a essere rilasciata in ambiente perché contenuta come impurità in altre sostanze o perché prodotto intermedio in alcuni processi.

L'HCB è presente in tutto l'ambiente in quanto mobile e persistente, anche se subisce una lenta fotodegradazione in aria e una degradazione microbica al suolo; è significativamente bioaccumulato sia nella catena alimentare terrestre che in quella acquatica.

Il tempo di dimezzamento in aria, vale a dire il tempo necessario a ridurre del 50% la quantità immessa in un determinato ambiente, dovuto alla degradazione è stato stimato in 0,63, 1,94 e 6,28 anni rispettivamente per regioni tropicali/subtropicali, temperate/boreali e polari [10].

Il tempo di dimezzamento in acqua è stato stimato in un range che va da 2,7 a 5,7 anni in acque superficiali e da 5,3 a 11,4 anni in acque profonde. Quando rilasciato al suolo, l'HCB viene fortemente adsorbito dalla materia organica ed è considerato immobile rispetto a fenomeni di lisciviazione. In questo caso, il tempo di dimezzamento è stimato tra i 3 ed i 6 anni [8].

### **3. ASPETTI TOSSICOLOGICI ED EFFETTI SULLA SALUTE**

#### **3.1. PCB**

Particolarmente interessanti risultano gli studi epidemiologici delle vie respiratorie e cardiovascolari in quanto i PCB vengono assorbiti sotto forma di vapori attraverso l'apparato respiratorio e, per contatto, attraverso la cute. E' stato riscontrato, inoltre, anche un possibile assorbimento per via gastroenterica a seguito di ingestione accidentale o per la presenza dei composti nella catena alimentare. L'Agenzia Internazionale per le Ricerche sul Cancro (IARC) di Lione ha classificato i PCB come probabili agenti cancerogeni per l'uomo. Diversi studi degli anni settanta hanno dimostrato come i PCB rappresentino una seria minaccia per la salute umana e l'ambiente; infatti l'esposizione a questi inquinanti porta danni al sistema immunitario, al fegato, alla pelle, all'apparato riproduttivo, al tratto gastrointestinale e alla ghiandola tiroidea. Al fine di tutelare la salute e la sicurezza nonché la salvaguardia ambientale, prima la Comunità Europea e poi, come recepimento, l'Italia (DPR 206/88. D.Lgs. 209/99) hanno vietato la commercializzazione e l'uso delle apparecchiature contenenti PCB.

#### **3.2. HCB**

La IARC ha classificato l'HCB come possibile sostanza cancerogena (gruppo 2B) in quanto vi sono sufficienti evidenze della cancerogenicità nella sperimentazione animale, mentre ancora non vi è l'evidenza sull'uomo. Studi su animali hanno dimostrato che l'HCB è cancerogeno e può colpire diversi organi tra cui il fegato, i polmoni, i reni, la tiroide, i tessuti nervosi, quelli riproduttivi e il sistema immunitario. La somministrazione orale di HCB in topi, ratti e criceti ha dimostrato la produzione di cellule tumorali nel fegato di tutte e tre le specie. Nei ratti vi è stata anche l'insorgenza di tumori ai reni.

Per quanto riguarda gli esseri umani esistono evidenze degli effetti da esposizioni accidentali a forti dosi di HCB, tra cui porfria cutanea tarda, intossicazione del fegato, effetti neurologici e alterazioni cutanee. Inoltre si è verificato che l'esposizione a esaclorobenzene attraverso il latte materno abbia causato un elevato tasso di mortalità tra i neonati [11]

### **4. ASPETTI NORMATIVI**

Per contenere gli effetti negativi dell'inquinamento atmosferico, la convenzione UNECE sull'inquinamento transfrontaliero a lungo raggio (CLRTAP) è stata estesa nel 1998 con uno specifico protocollo sui POP (il Protocollo di Aarhus) entrato in vigore il 23 ottobre 2003 e ratificato dall'Italia il 20.06.2006 successivamente alla Legge n° 125/2006 del 6 marzo 2006. In tale legge l'Italia in particolare impegna risorse finanziarie per la realizzazione dell'inventario delle emissioni delle sostanze, per la promozione della diffusione di informazioni presso il pubblico, per l'elaborazione e l'aggiornamento di piani di ricerca ed il monitoraggio, per lo scambio di informazioni periodiche tra le Parti, come previsto dal Protocollo stesso.

#### Protocollo di Aarhus

L'attenzione è focalizzata su 16 sostanze individuate in base ai criteri di rischio concordati e risultano essere prevalentemente pesticidi (pari a 11). L'obiettivo finale è l'eliminazione di ogni scarico, emissione o perdita di POP. Il protocollo bandisce la produzione e l'uso di alcune sostanze (aldrin, chlordane, chlordecone, dieldrin, endrin, hexabromobiphenyl, mirex e toxaphene). Per altre (diclorodifeniltricloroetano (DDT), heptachlor, hexaclorobenzene, PCB) è stata programmata l'eliminazione per stadi successivi. Infine, il Protocollo restringe severamente l'uso di DDT, hexachlorocyclohexane (HCH) incluso il lindano, e PCB. Il Protocollo prevede disposizioni per il



trattamento dei rifiuti di prodotti che saranno vietate. Esso impone inoltre le Parti a ridurre le loro emissioni di diossine, furani, idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e HCB al di sotto del loro livello nel 1990 (o un altro anno a scelta, tra il 1985 e il 1995). Per i rifiuti urbani, pericolosi e sanitari, stabilisce valori limite specifici.

In APPENDICE I sono riportate le sostanze prese in considerazione dal protocollo.

Sul sito web [http://www.unece.org/env/lrtap/pops\\_h1.htm](http://www.unece.org/env/lrtap/pops_h1.htm) sono riportate informazioni più dettagliate relative al Protocollo.

Convenzione UNEP – Convenzione di Stoccolma

L'obiettivo della Convenzione, adottata nel 2001 e in vigore dal 2004, è quello di controllare, ridurre o eliminare scarichi, emissioni e perdite di inquinanti organici persistenti[12]. L'Italia non ha ancora ratificato la Convenzione.

La convenzione di Stoccolma sugli inquinanti organici persistenti fornisce il quadro, basato sul principio di precauzione, atto a garantire l'eliminazione, in condizioni di sicurezza, e la diminuzione della produzione e dell'uso di tali sostanze nocive per la salute umana e per l'ambiente. La convenzione attualmente è incentrata su dodici POP prioritari prodotti intenzionalmente o meno.

I dodici POP prioritari sono l'aldrin, il clordano, il DDT, il dieldrin, l'endrin, l'eptacloro, il mirex, il toxafene, i PCB, l'HCB, le diossine e i furani. L'obiettivo ultimo del protocollo è l'eliminazione di eventuali scarichi, emissioni e fuoriuscite di POP. Il protocollo vieta categoricamente la produzione e l'uso di alcuni prodotti (aldrin, clordano, clordecone, dieldrin, endrin, esabromobifenile, mirex e toxafene), per altri prevede l'eliminazione in una fase successiva (DDT, eptacloro, HCB, PCB) e limita rigorosamente l'uso del DDT, dell'HCH (compreso il lindano) e dei PCB.

Oltre ai differenti POPs considerati, la convenzione, rispetto al Protocollo, coinvolge Paesi in tutto il globo (e non solo nell'emisfero boreale) e prende in considerazione anche la produzione di queste sostanze e la diffusione attraverso mezzi che non siano l'atmosfera.

In APPENDICE II sono riportate le sostanze prese in considerazione dalla convenzione.

Sul sito web <http://chm.pops.int/> è disponibile l'informazione relativa alla Convenzione e al suo stato di attuazione.

Il riferimento normativo nazionale in ambito di emissioni è costituito dal decreto legislativo n. 59 del 18 febbraio 2005, recepimento della direttiva comunitaria 96/61/CE sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento e, per quanto riguarda le sole emissioni in atmosfera, la parte V del decreto legislativo n. 152 del 3 aprile 2006. Entrambe le norme prevedono che gli impianti siano soggetti a specifiche autorizzazioni in cui siano previsti valori limite di emissioni e prescrizioni relative alle modalità di costruzione ed esercizio.

In attuazione del decreto legislativo 59/2005 sono inoltre state adottate delle specifiche linee guida nazionali che individuano le migliori tecnologie disponibili per i diversi settori industriali rientrati nel campo di applicazione della direttiva comunitaria 96/61/CE e che costituiscono la trasposizione dei BREF elaborati a livello comunitario, tenendo conto delle specificità nazionali. Tali documenti, alcuni definitivamente adottati, altri in fase di realizzazione, sono consultabili attraverso il sito del ministero dell'ambiente ([www.dsa.minambiente.it](http://www.dsa.minambiente.it)).

In particolare si segnalano, a titolo esemplificativo, le linee guida in materia di raffinerie di petrolio e di gas (che riguardano le attività della categoria 1.2 della direttiva IPPC), di produzione e trasformazione di metalli ferrosi (che comprendono le cokerie, gli impianti di produzione di ghisa e acciaio, le fonderie, gli impianti di trasformazione dei metalli ferrosi, corrispondenti alle categorie 1.3, 2.2, 2.3 e 2.4 della direttiva IPPC), di produzione e trasformazione di metalli non ferrosi e in materia di fusione e lega di metalli non ferrosi (categorie 2.1 e 2.5a della direttiva IPPC), di fusione e lega di metalli non ferrosi (categoria 2.5b della direttiva IPPC), di impianti di decontaminazione degli apparecchi contenenti PCB e per gli impianti di stoccaggio (categoria 5 della direttiva IPPC).

Il decreto 152/2006, nell'Allegato I alla parte quinta, stabilisce altresì i valori limite di emissione e le prescrizioni che si applicano all'esercizio degli impianti anteriori al 1988 e, in casi limitati ed espressamente indicati, agli impianti nuovi e a quelli anteriori al 2006. In tale allegato sono inseriti specifici valori limite di emissione per diverse sostanze incluse nel regolamento 850/2004 (definito in base alla convenzione di Stoccolma sui POPs). In particolare sono stabiliti limiti alle emissioni per diossine, furani, PCB, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene.

Inoltre, le autorizzazioni previste dalla parte V del decreto 152/2006 sono soggette a un periodico rinnovo a cominciare da quelle più vecchie, adottate, ai sensi del previgente decreto del Presidente della Repubblica n. 203 del 24 maggio 1988, proprio per gli impianti anteriori al 1988 ai quali si applicano i limiti dell'Allegato I. Tali autorizzazioni, infatti, dovranno essere rinnovate entro il 31 dicembre 2010 (come previsto dall'articolo 281 del decreto 152/2006). Pertanto i valori limite di emissione stabiliti nell'Allegato I dovranno essere rispettati dagli impianti anteriori al 1988 fino al 31 dicembre 2010; successivamente i valori limite di emissione dovranno essere indicati nelle autorizzazioni rilasciate e potranno essere più severi di quelli stabiliti nell'Allegato I, alla luce di quanto stabilito dall'articolo 271 del decreto 152/2006.

Si sottolinea inoltre che, per gli stabilimenti soggetti ad Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA), i valori limite di emissione e le prescrizioni indicati dal decreto 152/2006 costituiscono il limite minimo di tutela che deve essere in ogni caso garantito. Sarà pertanto tale autorizzazione integrata a dover stabilire, per tutti gli inquinanti emessi dallo stabilimento in questione, i più adeguati valori limite di emissione.

La parte V del decreto 152/2006 detta anche le caratteristiche merceologiche dei combustibili utilizzati per fini civili ed industriali, stabilendo in particolare, tra l'altro, per i combustibili liquidi (gasolio, kerosene olio combustibile ed altri distillati leggeri, medi e pesanti di petrolio) un contenuto massimo di PCB/PCT.

Si segnala infine il decreto legislativo n. 133 del 2005, che costituisce il recepimento della direttiva 2000/76/CE in materia di incenerimento dei rifiuti. Tale decreto disciplina:

- i valori limite di emissione degli impianti di incenerimento e di coincenerimento dei rifiuti;
- i metodi di campionamento, di analisi e di valutazione degli inquinanti;
- i criteri e le norme tecniche generali riguardanti le caratteristiche costruttive e funzionali, nonché le condizioni di esercizio, con particolare riferimento alle esigenze di assicurare una elevata protezione dell'ambiente contro le emissioni causate dall'incenerimento e dal coincenerimento dei rifiuti;
- i criteri temporali di adeguamento degli impianti esistenti.

In particolare il decreto fissa specifici valori limite di emissione in atmosfera e nelle acque per diossine e furani nonché, in aggiunta a quanto previsto dalla direttiva 2000/76/CE, per gli IPA intesi come somma di Benz[a]antracene, Dibenz[a,h]antracene, Benzo[b]fluorantene, Benzo[j]fluorantene, Benzo[k]fluorantene, Benzo[a]pirene, Dibenzo[a,e]pirene, Dibenzo[a,h]pirene, Dibenzo[a,i]pirene, Dibenzo[a,l]pirene e Indeno [1,2,3 -cd] pirene.

In aggiunta le Amministrazioni Locali hanno facoltà di adottare provvedimenti più stringenti rispetto alle normative nazionali.

Ad esempio con il Decreto n.ALP.10 2481 TS/INAT/31-2, la regione autonoma Friuli Venezia Giulia impone la riduzione delle emissioni di PCDD/F (e altri inquinanti) dello stabilimento siderurgico Servola di Trieste, adeguandolo agli standard europei.

## **5. PRODUZIONE INDUSTRIALE E USI**

### **5.1 PCB**

Il totale della produzione mondiale di PCB tra il 1930 e il 1993 è stato stimato intorno a 1,324 milioni di tonnellate [5]. I PCB sono stati utilizzati, come già riportato precedentemente, sia in

condensatori e trasformatori (uso principale) e fluidi idraulici che in ritardanti di fiamma, inchiostri, adesivi, vernici, plastificanti, poliolefine catalizzatore vettori, supporti di montaggio per microscopi, rivestimenti di superficie, filo di isolatori e rivestimenti metallici.

Le principali fonti di emissione di PCB nell'ambiente possono essere suddivisi in 5 gruppi [5]:

- ▶ la produzione dei PCB e dei prodotti (attrezzature) contenenti PCB: nella maggior parte dei paesi, prodotti contenenti PCB o PCB semplice non sono più prodotti. La quantificazione delle emissioni di questo inquinante in produzione è importante anche per avere delle stime sulle quantità che possono essere state immesse nell'ambiente negli anni passati. Basti pensare che nella produzione di condensatori le perdite di PCB erano pari al 10-20%;
- ▶ l'uso di prodotti contenenti PCB;
- ▶ l'utilizzo dei PCB e dei materiali contenenti PCB: si fa riferimento ai rifiuti contenenti PCB, a dismissioni di attrezzature o materiali che possono essere riciclati o eliminati in discarica;
- ▶ emissioni da comparti inquinati da PCB: include suoli contaminati, sedimenti, e acque che possono essere considerati come sorgenti secondarie di PCB;
- ▶ processi termici: questi sono processi in cui i PCB sono sintetizzati come le diossine: la formazione di PCB come prodotto è possibile in qualsiasi processo chimico che coinvolga cloruro e carbonio organico, oppure può essere emesso a causa di una combustione incompleta nel combustibile che contiene impurità.

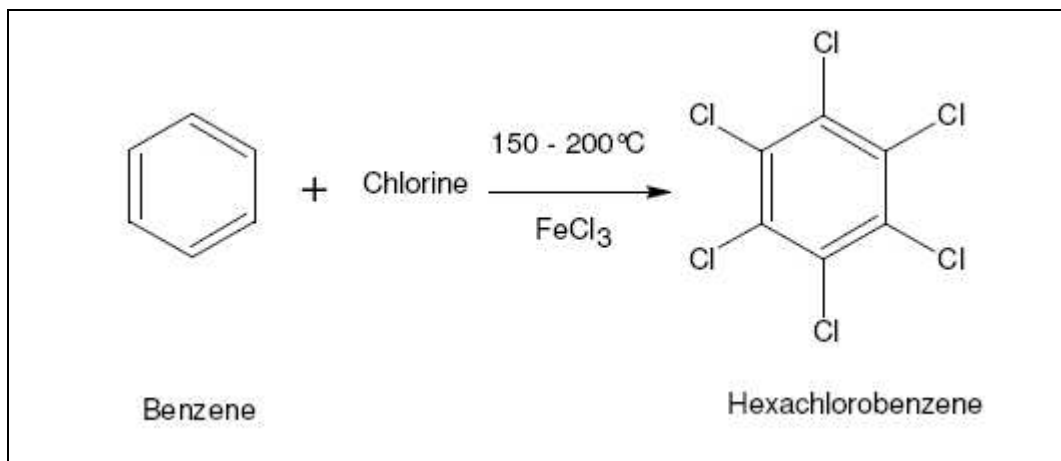
Il primo inventario europeo dei PCB per il 1990 elenca le seguenti fonti di emissione: combustione del carbone, fusione dell'acciaio, sinterizzazione, l'incenerimento dei rifiuti, apparecchiature elettriche (condensatori e trasformatori).

## 5.2 HCB

L'HCB è stato utilizzato in passato per una varietà di applicazioni che potevano provocare la diffusione in ambiente: fungicida, materiale pirotecnico militare, trattamenti con anodi al carbonio, flussaggio e degassaggio dell'alluminio, produzione di gomma sintetica, conservazione del legno, intermedio in sintesi organiche [7]. Tuttavia, può ancora essere rilasciato in ambiente durante operazioni quali l'incenerimento o come sottoprodotto della fabbricazione di prodotti chimici industriali e diverse formulazioni di pesticidi.

In passato la principale fonte di rilasci di tale inquinante era legata all'utilizzo in campo agricolo. Questo composto è stato introdotto come pesticida nel 1945; successivamente l'uso di HCB come pesticida è stata vietato nell'Unione Europea dal 1981 con la direttiva 79/117/CEE del Consiglio del 21 dicembre 1978, che ha proibito l'immissione sul mercato e l'uso di prodotti fitosanitari contenenti determinate sostanze. Negli USA l'ultimo utilizzo registrato come pesticida è stato volontariamente cancellato nel 1984. In Russia, allora URSS, l'HCB è stato utilizzato fino al 1990 come Hexathiuram e Hammahexane. Dal 1996 non è più consentito l'uso di sostanze contenenti HCB come pesticidi.

Per quanto riguarda i processi tecnologici, la sintesi industriale dell'HCB era in gran parte realizzata attraverso la clorazione di benzene usando cloruro ferrico come catalizzatore (Figura 4). In alternativa poteva anche essere sintetizzato a partire dalla distillazione di residui della produzione di tetracloroetilene o dall'esaclorocicloesano.



**Figura 4** Sintesi dell'esaclorobenzene utilizzando il cloruro ferrico come catalizzatore

Tracce di HCB vengono emesse in una serie di reazioni e processi [7]:

- ▶ reazioni inerenti la fase di clorazione di diversi pesticidi
- ▶ processi di combustione in reazioni eterogenee simili a quelle che portano alla formazione di PCDD e PCDF
- ▶ produzione di magnesio, dove il coke e il cloro reagiscono con l'ossido di magnesio per produrre cloruro di magnesio
- ▶ produzione elettrolitica di cloro utilizzando anodi in grafite
- ▶ trimerizzazione del cloroacetilene nei processi di combustione
- ▶ produzione di percloroetilene, tricloroetilene e altri solventi clorurati che vengono purificati per distillazione
- ▶ degassaggio dell'alluminio qualora venisse usato l'esacloroetano in quanto sono state rilevate, oltre ai prodotti attesi, delle serie di cloro – organici, tra cui l'HCB

Prendendo in considerazione l'eterogeneità dei percorsi di formazione dell'esaclorobenzene (applicazione diretta, emissioni da camino, ecc) la prevenzione delle emissioni in ambiente può essere effettuata utilizzando strategie che prevedano:

- ▶ smaltimento sicuro dei rifiuti contenenti HCB (inclusi i depositi di vecchi pesticidi)
- ▶ completa distruzione dei rifiuti contenenti HCB (attraverso diverse tecnologie disponibili)
- ▶ controllo delle emissioni da processi di combustione. A causa di livelli relativamente bassi di emissioni derivanti dalla maggior parte dei processi di solito non sono proposte misure speciali per il controllo di HCB. Queste possono essere controllate in genere come altri composti organici clorurati come, ad esempio, diossine / furani e PCB: regolamentazione del tempo e della temperatura di combustione, temperatura dei dispositivi di pulizia, applicazione di adsorbenti per la depurazione dei gas, ecc..

## 6. EMISSIONI IN ATMOSFERA

Lo strumento principale utilizzato per individuare e caratterizzare le sorgenti degli inquinanti è l'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera che attinge da diverse banche dati tra cui, per quanto riguarda le emissioni industriali, il registro INES (Inventario Nazionale delle Emissioni e loro Sorgenti che dal 2008 diviene registro E-PRTR: European Pollutant Release and Transfer Register).

## 6.1. Inventario delle emissioni

L'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera viene elaborato annualmente al fine di rispondere agli obblighi derivanti da norme comunitarie, come ad esempio la direttiva comunitaria 2001/81/CE sui tetti nazionali di emissione (Direttiva NEC), dalla convenzione di Ginevra del 1979 sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza (CLRTAP) e dalla Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC).

Tale inventario, i cui dati si riferiscono generalmente al penultimo anno precedente quello in corso e comprendono serie storiche a partire dal 1980 o 1990, è elaborato utilizzando le metodologie indicate nel "EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook", approvato dall'Executive Body della Convenzione sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza, le metodologie riportate nelle linee guida approvate dall'IPCC e dagli organismi della Convenzione UNFCCC, in particolare per la stima delle emissioni e degli assorbimenti dei gas serra, e, se disponibili, le metodologie sviluppate a livello nazionale per tener conto delle specificità di processo o emissive nazionali.

In tale ambito sono quindi calcolate le emissioni degli inquinanti in funzione delle diverse attività e processi che li originano, suddivise secondo la classificazione delle attività emmissive SNAP (Selected Nomenclature for sources of Air Pollution). L'inventario è quindi trasmesso ufficialmente ogni anno alla Commissione europea e agli organismi internazionali competenti in funzione dei diversi impegni e obblighi ricadenti sull'Italia, negli opportuni formati di trasmissione dei dati, NFR (Nomenclature For Reporting) per la Direttiva NEC e la CLRTAP e il CRF (Common reporting Format) per l'UNFCCC.

Il registro INES, invece, contiene informazioni sulle emissioni in aria e in acqua di specifici inquinanti riferite a singoli stabilimenti, presenti sul territorio nazionale, ricadenti nel campo di applicazione della direttiva 96/61/CE sulla prevenzione e la riduzione integrate dell'inquinamento (IPPC).

Tali informazioni a livello comunitario sono aggregate nel registro EPER (European Pollutant Emission Register), in fase di sostituzione con il registro E-PRTR (European Pollutant Release and Transfer Register), come previsto dal Regolamento CE 166/2006. In attuazione di tale Regolamento nei prossimi anni la raccolta dei dati interesserà anche le emissioni del comparto suolo (trattamento in ambiente terrestre e iniezioni in profondità).

All'interno di tale registro, che costituisce, tra l'altro, uno strumento fondamentale per la realizzazione dell'inventario nazionale delle emissioni, vengono raccolte informazioni specifiche per ogni impianto che supera determinate soglie di emissione di un dato inquinante. In questo modo è possibile conoscere l'ubicazione e le caratteristiche fondamentali delle principali sorgenti emmissive. I dati che confluiscono nel registro INES sono raccolti annualmente attraverso apposite dichiarazioni effettuate dai gestori degli impianti.

Sia i dati dell'inventario che quelli del registro INES sono pubblici e consultabili attraverso specifici siti WEB (<http://www.sinanet.apat.it/it/emissioni>, <http://www.eper.sinanet.apat.it/site/it-IT/> <http://www.sinanet.apat.it/it/inventaria> ).

## 6.2. Metodologia di stima

L'inventario delle emissioni viene realizzato con cadenza annuale e con riferimento al territorio nazionale. Le stime delle emissioni vengono inoltre disaggregate sul territorio, con cadenza pluriennale, al fine di avere informazioni sulle pressioni a livello locale.

La serie storica delle emissioni calcolata, e comunicata agli organismi internazionali, è caratterizzata dalle proprietà di essere trasparente nella metodologia e nei dati di base utilizzati, consistente negli anni, confrontabile con gli inventari degli altri paesi, accurata nella realizzazione e completa nei processi stimati.

In Tabella 1 e Tabella 2 sono riportati i fattori di emissione utilizzati per la stima delle emissioni di PCB e HCB nell'inventario nazionale per le diverse attività individuate dalla relativa classificazione delle sorgenti emissive SNAP. La fonte di tutti i fattori di emissione utilizzati è l'EMEP/CORINAIR Atmospheric Emission Inventory Guidebook – 2007, dove è riportato un capitolo di metodologia generale relativo specificatamente alle fonti di emissione di questi inquinanti persistenti. I fattori di emissione relativi alla *Combustione per la produzione di energia, calore e industria di trasformazione* sono stati convertiti da  $\mu\text{g}/\text{t}$  a  $\mu\text{g}/\text{GJ}$  utilizzando i poteri calorifici dei differenti combustibili. Nelle ultime due colonne sono indicati i dati di attività utilizzati e le fonti da cui questi derivano.

**Tabella 1** Attività e fattori di emissione dei PCB

Sorgente	SNAP	FE	Unità di misura	FE fonte	Dato di attività	Fonte del dato di attività
<i>Combustione per la produzione di energia, calore e industria di trasformazione</i>	<i>01+02+03</i>					
Carbone		140	µg/Gj	EMEP/Corinair	Gj combustibile	BEN Ministero Sviluppo Economico
Legna da ardere		60	µg/ Gj	EMEP/Corinair	Gj combustibile	BEN Ministero Sviluppo Economico
Olio Combustibile		90	µg/ Gj	EMEP/Corinair	Gj combustibile	BEN Ministero Sviluppo Economico
<i>Processi produttivi</i>	<i>03+04</i>					
Impianti di sinterizzazione e pelletizzazione	030301	200	µg/t	EMEP/Corinair	t sinter prodotto	Federacciai/ Registro INES
Acciaio - forni basici ad ossigeno	040206	3600	µg/t	EMEP/Corinair	t acciaio prodotto	ISTAT/ Registro INES
Acciaio - forni ad arco elettrico	040207	3600	µg/t	EMEP/Corinair	t acciaio prodotto	ISTAT/ Registro INES
<i>Trattamento e smaltimento dei rifiuti</i>	<i>09</i>					
Incenerimento di rifiuti solidi urbani	090201	5000	µg/t	EMEP/Corinair	t rifiuti inceneriti	Rapporto rifiuti APAT
Incenerimento di rifiuti industriali	090202	5000	µg/t	EMEP/Corinair	t rifiuti inceneriti	Rapporto rifiuti APAT
Incenerimento di fanghi da impianti di trattamento acque.	090205	5000	µg/t	EMEP/Corinair	t rifiuti inceneriti	Rapporto rifiuti APAT
Incenerimento di rifiuti ospedalieri	090207	5000	µg/t	EMEP/Corinair	t rifiuti inceneriti	Rapporto rifiuti APAT

**Tabella 2** Attività e fattori di emissione dell'HCB

Sorgente	SNAP	FE	Unità di misura	FE fonte	Dato attività	Fonte del dato di attività
<b><i>Combustione per la produzione di energia, calore e industria di trasformazione</i></b>	<b><i>01+02+03</i></b>					
Carbone		0,51	µg/ GJ	EMEP/Corinair	GJ combustibile	BEN Ministero Sviluppo Economico
Legna da ardere		10	µg/ GJ	EMEP/Corinair	GJ combustibile	BEN Ministero Sviluppo Economico
<b><i>Processi produttivi</i></b>	<b><i>03+04</i></b>					
Impianti di sinterizzazione e pellettizzazione	030301	32	µg/t	EMEP/Corinair	t sinter prodotto	Federacciai/ Registro INES
Produzione di magnesio	030323	0,3	g/t	EMEP/Corinair	t magnesio prodotto	ISTAT
Cemento	030311	11	µg/t	EMEP/Corinair	t cemento prodotto	ISTAT
<b><i>Trasporti stradali</i></b>	<b><i>07</i></b>					
Benzina con piombo		0,87	ng/km	EMEP/Corinair	veh*km	ACI/Conto Nazionale Trasporti
Benzina senza piombo		0,024	ng/km	EMEP/Corinair	veh*km	ACI/Conto Nazionale Trasporti
Gasolio		21	ng/km	EMEP/Corinair	veh*km	ACI/Conto Nazionale Trasporti
<b><i>Trattamento e smaltimento dei rifiuti</i></b>	<b><i>09</i></b>					
Incenerimento di rifiuti urbani	090201	0,001	g/t	EMEP/Corinair	t rifiuti inceneriti	Rapporto rifiuti APAT
Incenerimento di rifiuti solidi industriali		0,0001	g/t	EMEP/Corinair	t rifiuti inceneriti	Rapporto rifiuti APAT
Incenerimento di rifiuti ospedalieri	090207	0,019	g/t	EMEP/Corinair	t rifiuti inceneriti	Rapporto rifiuti APAT
Incenerimento di fanghi da impianti di trattamento acque	090205	0,5	g/t	EMEP/Corinair	t rifiuti inceneriti	Rapporto rifiuti APAT



### **6.3. Serie storica delle emissioni**

#### **6.3.1. PCB**

In Tabella 3 si riporta la serie storica dal 1990 al 2006 delle emissioni di PCB in Italia.

Dall'analisi dei dati si evidenzia come le emissioni di PCB siano in aumento dai 242 kg del 1990 ai 246 kg circa del 2006.

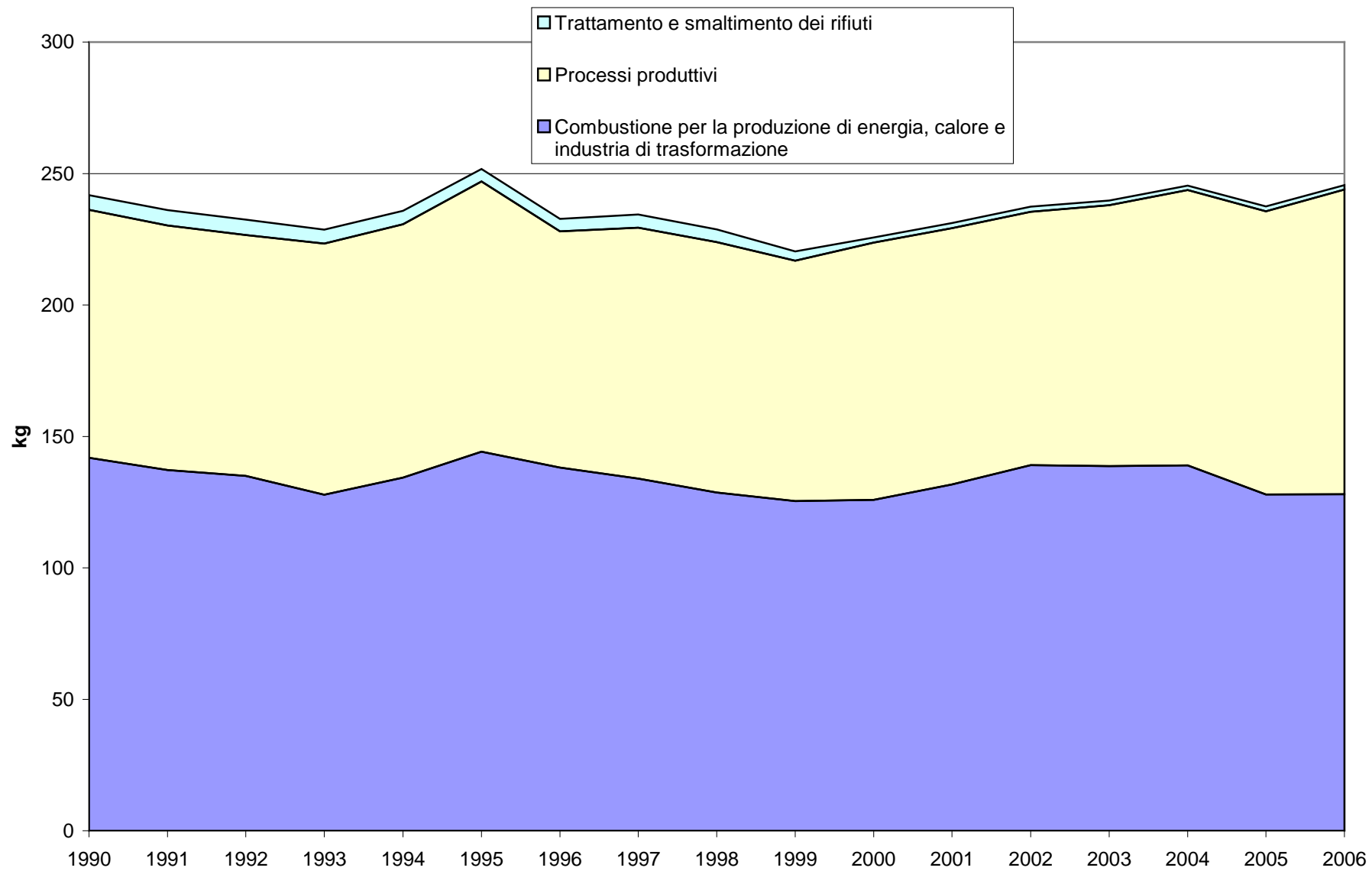
Il contributo principale deriva dalla combustione per la produzione di energia, calore e industria di trasformazione, e in particolare dalla produzione di energia e dalla combustione non industriale, per poi passare al contributo della produzione industriale, in particolare le emissioni dalla produzione di acciaio, sia con forno ad ossigeno che con forno elettrico.

Da notare che dal 1999 in poi è presente un graduale incremento delle emissioni nel settore del riscaldamento commerciale, legato soprattutto all'aumento della valorizzazione dei rifiuti come combustibile per produrre energia.

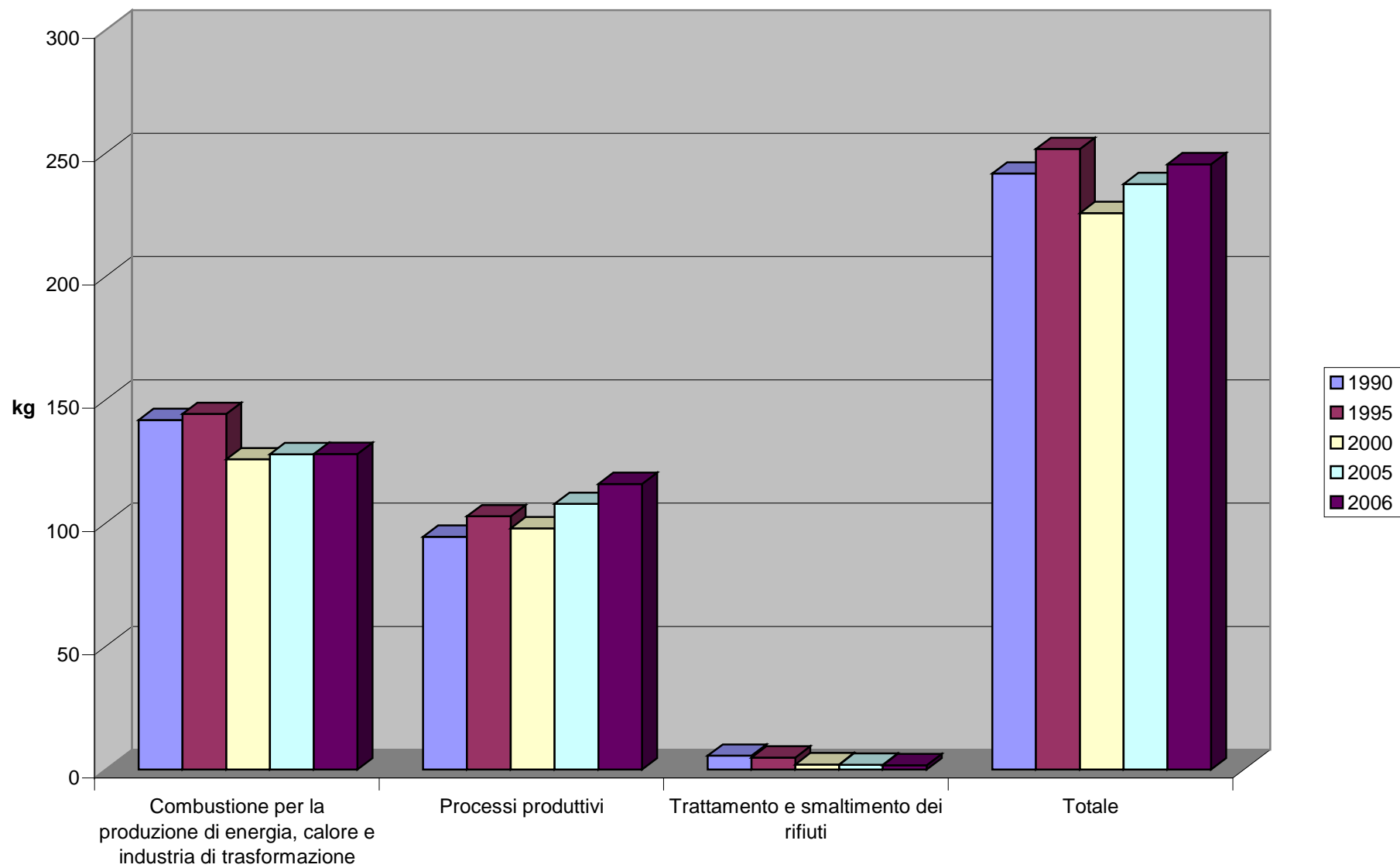
Nell'analisi dell'andamento complessivo della serie storica, si rileva inoltre, come una diminuzione delle emissioni dalla combustione industriale viene bilanciata completamente dall'aumento delle emissioni da incenerimento e/o termovalorizzazione dei rifiuti; le emissioni totali di PCB tendono comunque ad aumentare negli ultimi anni soprattutto in considerazione del contributo delle emissioni dalla produzione dell'acciaio, vedi Figura 5 e Figura 6.

Source category	kg																
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<i>Combustione per la produzione di energia, calore e industria di trasformazione</i>	<b>141,80</b>	<b>137,22</b>	<b>134,99</b>	<b>127,76</b>	<b>134,33</b>	<b>144,18</b>	<b>138,17</b>	<b>134,04</b>	<b>128,63</b>	<b>125,43</b>	<b>125,85</b>	<b>131,71</b>	<b>139,07</b>	<b>138,75</b>	<b>139,06</b>	<b>127,87</b>	<b>128,00</b>
Impianti energetici pubblici	113,38	110,56	109,12	101,23	106,40	115,88	109,61	103,74	105,86	95,63	95,65	99,10	106,79	103,05	100,34	89,19	88,41
Raffinerie	1,04	1,06	1,06	0,39	0,47	1,99	2,09	2,20	1,28	0,06	0,23	0,26	0,25	0,14	0,13	0,09	0,07
Impianti di trasformazione di combustibili fo	1,08	0,88	0,88	1,00	1,42	1,12	1,33	2,46	0,52	0,14	0,25	0,13	0,11	0,11	0,09	0,09	0,09
Combustione industriale in caldaie, turbine a	16,48	14,64	14,08	14,43	14,90	13,10	12,37	11,91	9,81	12,84	10,53	10,52	10,07	10,92	10,18	9,33	9,25
Caldaie commerciali e terziario	6,43	6,86	6,64	7,95	8,15	9,15	10,01	10,61	8,15	13,60	15,91	18,29	18,93	21,40	24,57	25,66	26,37
Caldaie residenziali	2,98	2,87	3,01	2,59	2,86	2,83	2,68	3,01	2,86	3,12	2,97	3,08	2,62	2,80	3,35	3,14	3,41
Caldaie in agricoltura, foreste e acquacoltura	0,41	0,34	0,22	0,17	0,14	0,11	0,07	0,11	0,14	0,05	0,32	0,34	0,30	0,33	0,40	0,37	0,41
<i>Processi produttivi</i>	<b>94,40</b>	<b>93,04</b>	<b>91,66</b>	<b>95,58</b>	<b>96,34</b>	<b>102,72</b>	<b>89,86</b>	<b>95,30</b>	<b>95,21</b>	<b>91,45</b>	<b>97,81</b>	<b>97,44</b>	<b>96,43</b>	<b>99,21</b>	<b>104,68</b>	<b>107,74</b>	<b>115,89</b>
Impianti di sinterizzazione e pellettizzazione	2,72	2,68	2,41	2,57	2,48	2,75	2,43	2,53	2,40	2,25	1,97	1,94	1,74	1,80	1,71	2,09	2,05
Acciaio - forni basici all'ossigeno	37,31	37,68	37,22	38,79	39,42	41,99	36,72	38,96	37,87	37,91	38,68	36,26	33,75	36,06	38,59	42,08	42,82
Acciaio - forni ad arco elettrico	54,37	52,68	52,03	54,23	54,44	57,99	50,71	53,81	54,95	51,30	57,16	59,23	60,93	61,35	64,38	63,58	71,03
<i>Trattamento e smaltimento dei rifiuti</i>	<b>5,54</b>	<b>5,88</b>	<b>5,80</b>	<b>5,27</b>	<b>5,13</b>	<b>4,78</b>	<b>4,66</b>	<b>5,07</b>	<b>4,91</b>	<b>3,49</b>	<b>2,05</b>	<b>2,07</b>	<b>1,91</b>	<b>1,82</b>	<b>1,70</b>	<b>1,83</b>	<b>1,66</b>
Incenerimento dei rifiuti urbani	2,00	2,25	2,09	1,67	1,69	1,26	1,11	1,47	1,32	1,29	0,82	0,75	0,54	0,31	0,27	0,26	0,11
Incenerimento dei rifiuti industriali	1,18	1,21	1,24	1,19	1,25	1,14	1,11	1,18	1,21	1,07	0,47	0,59	0,77	0,63	0,58	0,77	0,77
Incenerimento fanghi dal trattamento di acqu	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,09	0,11	0,11	0,11	0,11	0,08	0,08
Incenerimento dei rifiuti ospedalieri	2,26	2,31	2,36	2,31	2,07	2,27	2,32	2,31	2,27	1,03	0,67	0,62	0,50	0,76	0,75	0,72	0,70
<i>Totale</i>	<b>241,74</b>	<b>236,13</b>	<b>232,45</b>	<b>228,62</b>	<b>235,81</b>	<b>251,68</b>	<b>232,68</b>	<b>234,41</b>	<b>228,76</b>	<b>220,38</b>	<b>225,72</b>	<b>231,22</b>	<b>237,41</b>	<b>239,78</b>	<b>245,44</b>	<b>237,43</b>	<b>245,56</b>

**Tabella 3** Serie storica delle emissioni di PCB



**Figura 5** Andamento delle emissioni di PCB dal 1990 al 2006



**Figura 6** Emissioni di PCB per macrosettore

### **6.3.2. HCB**

La serie storica delle emissioni di HCB per attività, relativa agli anni 1990-2006, è riportata in Tabella 4. Le emissioni stimate nel 1990, pari a circa 19 kg, sono diventate nel 2006 circa 22 kg

Le emissioni sono da attribuire principalmente al settore dei rifiuti, in particolare all'incenerimento o termovalorizzazione dei fanghi da impianti di trattamento delle acque (circa il 60% delle emissioni), e ai trasporti su strada, ed in particolare dai veicoli a gasolio (27%) .

Per quanto riguarda le emissioni totali nazionali, si nota un incremento di circa il 16% dal 1990 al 2006. Tale incremento è legato ai settori considerati nelle stime e non tiene in considerazione di alcune attività, come la produzione di alluminio secondario o l'uso di pesticidi, non incluse nell'inventario, che potrebbero aver avuto nei primi anni '90 un peso rilevante nelle emissioni di HCB e che ora non comportano più emissioni elevate. La mancata stima delle emissioni da questi settori è dovuta alla difficoltà di reperimento dei dati di attività per l'intera serie storica e delle informazioni necessarie alle composizioni dei pesticidi e alle tipologie dei processi produttivi cui sono collegate le emissioni, e per cui sono state avviate le opportune attività d'indagine.

Dall'analisi della serie storica e dalla Figura 7 si nota subito un picco di emissioni tra il 2001 e il 2003; questo è dovuto all'incremento elevato della quantità di fanghi inceneriti, e in particolare quelli smaltiti nel termovalorizzatore di Bologna, come si può chiaramente dedurre dalla Tabella 5. Poiché in tale inceneritore è presente un impianto di recupero energetico e di calore, il suo contributo emissivo viene attribuito al riscaldamento in ambito commerciale e quindi è afferente al settore della combustione per la produzione di energia, calore e industria di trasformazione.

A parte questo picco è importante rilevare che l'andamento leggermente crescente delle emissioni nazionali di HCB è attribuibile sostanzialmente all'incremento registrato nel macrosettore dei trasporti su strada, in considerazione dell'aumento delle percorrenze complessive dei veicoli a gasolio verificatosi dal 1990 ad oggi.

Infatti, l'incremento delle emissioni da "Riscaldamento", bilanciato dalla diminuzione delle emissioni da incenerimento rifiuti, è dovuto a uno spostamento di classificazione delle emissioni tra i due settori, e in particolare al fatto che è aumentata nel periodo la quota di inceneritori con recupero energetico e di calore e quindi il contributo emissivo si sposta dall'incenerimento rifiuti all'appropriato uso finale, vale a dire il "Riscaldamento" (Figura 8).

**Tabella 4** Serie storica delle emissioni di HCB

Sorgente	kg																
	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<b>Combustione per la produzione di energia, calore e industria di trasformazione</b>	<b>1,56</b>	<b>1,71</b>	<b>1,66</b>	<b>2,01</b>	<b>2,05</b>	<b>2,44</b>	<b>2,62</b>	<b>2,90</b>	<b>2,03</b>	<b>3,52</b>	<b>5,89</b>	<b>13,83</b>	<b>14,54</b>	<b>14,53</b>	<b>5,63</b>	<b>5,85</b>	<b>6,23</b>
Impianti energetici pubblici	0,26	0,25	0,21	0,19	0,20	0,21	0,21	0,21	0,17	0,20	0,21	0,26	0,28	0,37	0,46	0,48	0,48
Riscaldamento	1,29	1,46	1,44	1,81	1,85	2,23	2,40	2,69	1,85	3,31	5,68	13,57	14,25	14,14	5,15	5,35	5,73
Combustione industriale in caldaie, turbine a gas e motori fissi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02
<b>Processi produttivi</b>	<b>0,90</b>	<b>0,89</b>	<b>0,86</b>	<b>0,80</b>	<b>0,78</b>	<b>0,83</b>	<b>0,77</b>	<b>0,79</b>	<b>0,79</b>	<b>0,78</b>	<b>0,77</b>	<b>0,77</b>	<b>0,76</b>	<b>0,79</b>	<b>0,79</b>	<b>0,85</b>	<b>0,85</b>
Impianti di sinterizzazione e pellettizzazione	0,43	0,43	0,39	0,41	0,40	0,44	0,39	0,40	0,38	0,36	0,31	0,31	0,28	0,29	0,27	0,33	0,33
Produzione di magnesio	NE	NE	NE	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cemento	0,47	0,47	0,47	0,39	0,38	0,39	0,38	0,39	0,41	0,42	0,45	0,46	0,48	0,50	0,52	0,52	0,53
<b>Trasporti stradali</b>	<b>3,17</b>	<b>3,15</b>	<b>3,26</b>	<b>3,22</b>	<b>2,97</b>	<b>2,95</b>	<b>3,01</b>	<b>3,06</b>	<b>3,25</b>	<b>3,52</b>	<b>3,72</b>	<b>3,87</b>	<b>4,47</b>	<b>4,84</b>	<b>5,43</b>	<b>5,68</b>	<b>6,03</b>
Benzina con piombo	0,18	0,19	0,21	0,20	0,19	0,18	0,16	0,14	0,12	0,10	0,08	0,07	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02
Benzina senza piombo	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Gasolio	2,97	2,93	3,01	2,98	2,75	2,74	2,81	2,87	3,08	3,37	3,60	3,76	4,37	4,75	5,35	5,61	5,96
<b>Trattamento e smaltimento dei rifiuti</b>	<b>12,93</b>	<b>13,28</b>	<b>13,54</b>	<b>13,65</b>	<b>13,68</b>	<b>14,02</b>	<b>14,28</b>	<b>14,03</b>	<b>13,94</b>	<b>11,83</b>	<b>9,86</b>	<b>11,54</b>	<b>11,90</b>	<b>12,06</b>	<b>11,57</b>	<b>8,55</b>	<b>8,50</b>
Incenerimento di rifiuti urbani	0,40	0,45	0,42	0,33	0,34	0,25	0,22	0,29	0,26	0,26	0,16	0,15	0,11	0,06	0,05	0,05	0,02
Incenerimento di rifiuti solidi industriali	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
Incenerimento di rifiuti ospedalieri	2,14	2,20	2,25	2,19	1,97	2,16	2,20	2,20	2,16	0,98	0,64	0,59	0,47	0,72	0,71	0,68	0,66
Incenerimento di fanghi da impianti di trattamento acque	10,36	10,61	10,85	11,10	11,34	11,59	11,84	11,51	11,49	10,58	9,05	10,79	11,31	11,26	10,79	7,80	7,80
<b>Totale</b>	<b>18,56</b>	<b>19,03</b>	<b>19,31</b>	<b>19,68</b>	<b>19,48</b>	<b>20,24</b>	<b>20,68</b>	<b>20,77</b>	<b>20,01</b>	<b>19,65</b>	<b>20,25</b>	<b>30,01</b>	<b>31,67</b>	<b>32,21</b>	<b>23,42</b>	<b>20,93</b>	<b>21,62</b>

**Tabella 5** Picco nelle emissioni di HCB: quantità di fanghi inceneriti dal 2000 al 2004

Inceneritore	Recupero energetico	Fanghi inceneriti (t)				
		2000	2001	2002	2003	2004
Filago	NO				423	
Filago	SI				182	
Bologna	SI	3.395	18.472	18.769	17.174	
Ferrara	NO				105	
Ravenna	SI				290	
Prato	NO	16.206	20.338	22.614	21.996	21.582
Fiumicino	NO	1.900	2.142			

### Andamento delle emissioni di HCB dal 1990 al 2006

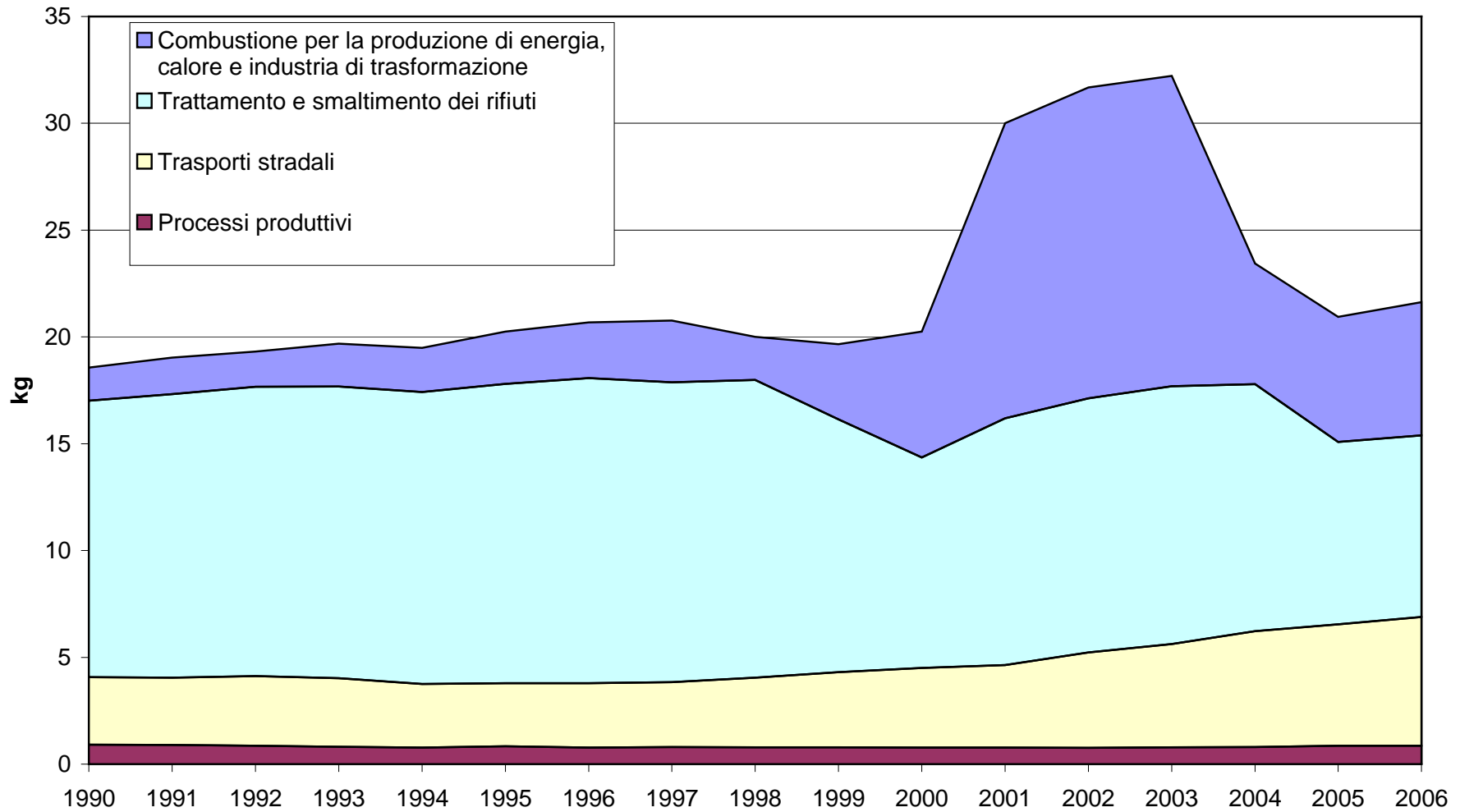


Figura 7 Andamento delle emissioni di HCB dal 1990 al 2006

Emissioni di HCB - 1990,1995,2000,2005 e 2006

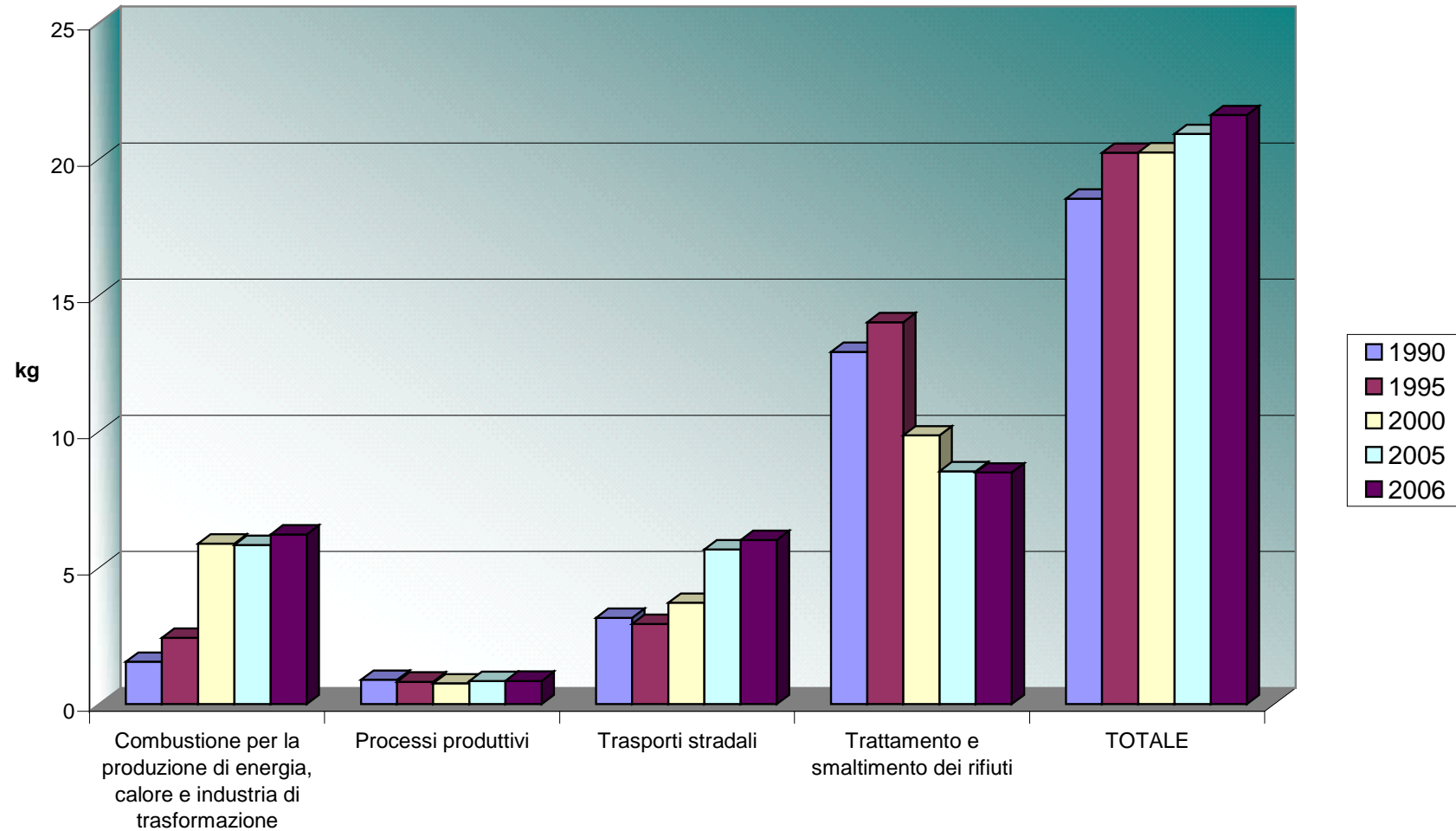


Figura 8 Emissioni di HCB per macrosettore



## 6.4. Analisi delle principali fonti di emissione (*key sources*)

### 6.4.1. PCB

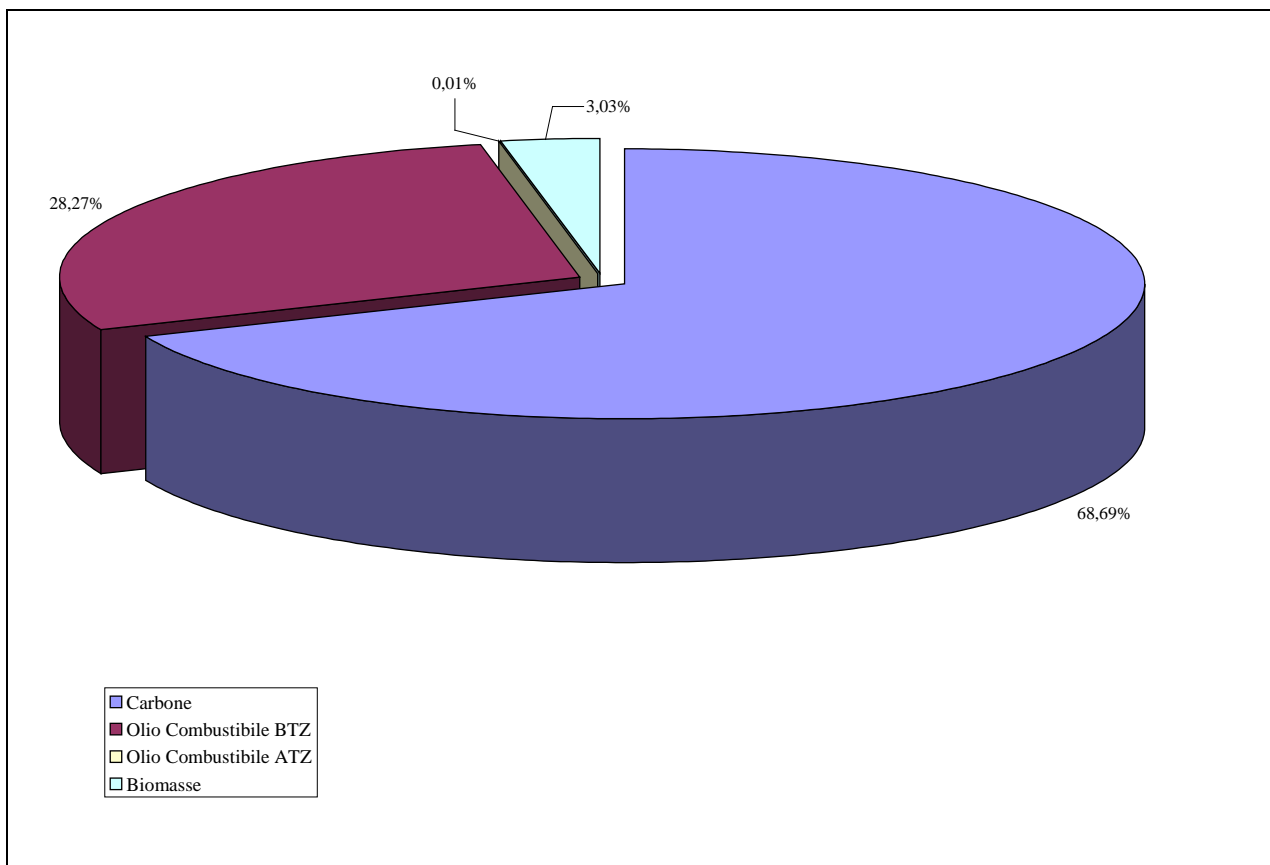
I contributi, in percentuale, alle emissioni di PCB dei singoli settori sono riportati in Tabella 6 e nella Figura 11.

Source category	Anno 2006	
	kg	%
Impianti energetici pubblici	88,41	<b>36,00%</b>
Acciaio - forni ad arco elettrico	71,03	<b>28,93%</b>
Acciaio - forni basici all'ossigeno	42,82	<b>17,44%</b>
Caldaie commerciali e terziario	26,37	<b>10,74%</b>
Combustione industriale in caldaie, turbine a gas e motori fissi	9,25	<b>3,77%</b>
Caldaie residenziali	3,41	<b>1,39%</b>
Impianti di sinterizzazione e pellettizzazione	2,05	<b>0,83%</b>
Incenerimento dei rifiuti industriali	0,77	<b>0,31%</b>
Incenerimento dei rifiuti ospedalieri	0,70	<b>0,28%</b>
Caldaie in agricoltura, foreste e acquacoltura	0,41	<b>0,16%</b>
Incenerimento dei rifiuti urbani	0,11	<b>0,05%</b>
Impianti di trasformazione di combustibili fossili	0,09	<b>0,04%</b>
Incenerimento fanghi dal trattamento di acque reflue	0,08	<b>0,03%</b>
Raffinerie	0,07	<b>0,03%</b>
<b>TOTALE</b>	<b>245,56</b>	

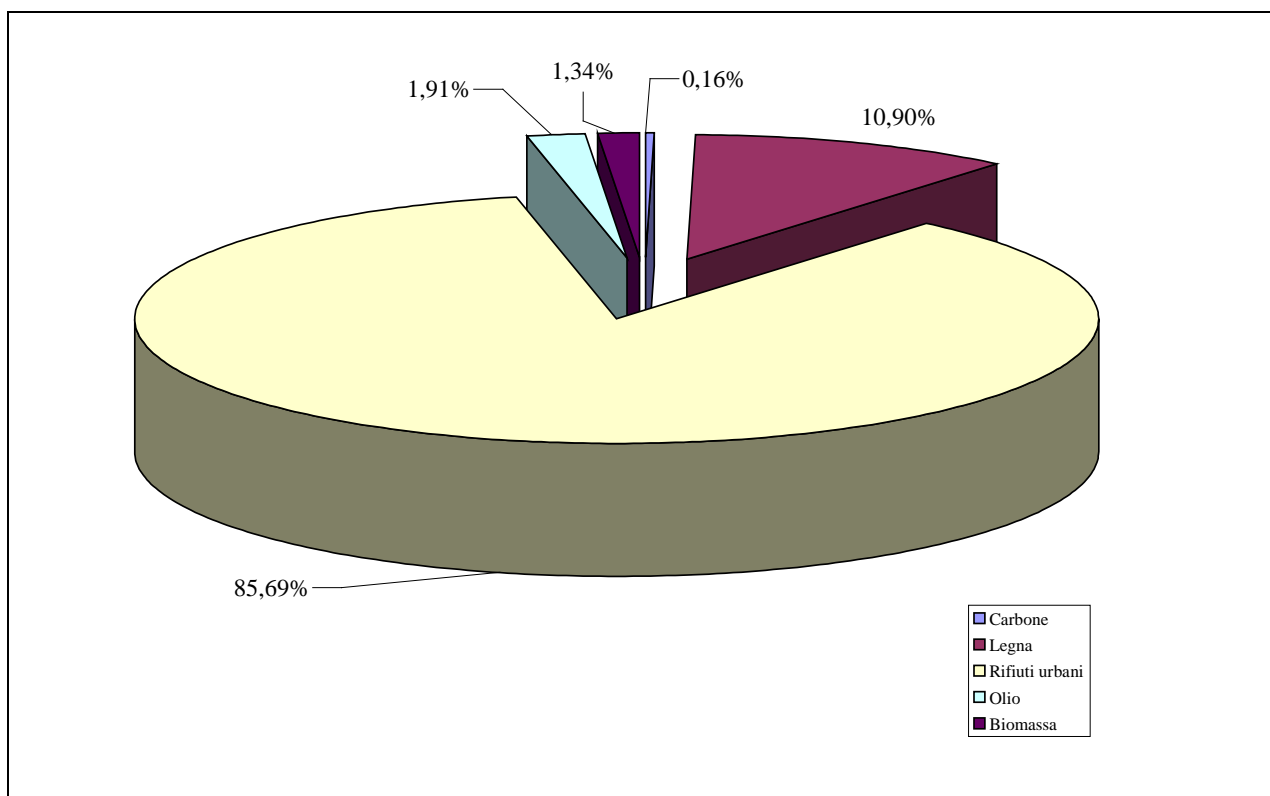
**Tabella 6** Fonti di emissione di PCB – anno 2006

I contributi maggiori derivano da:

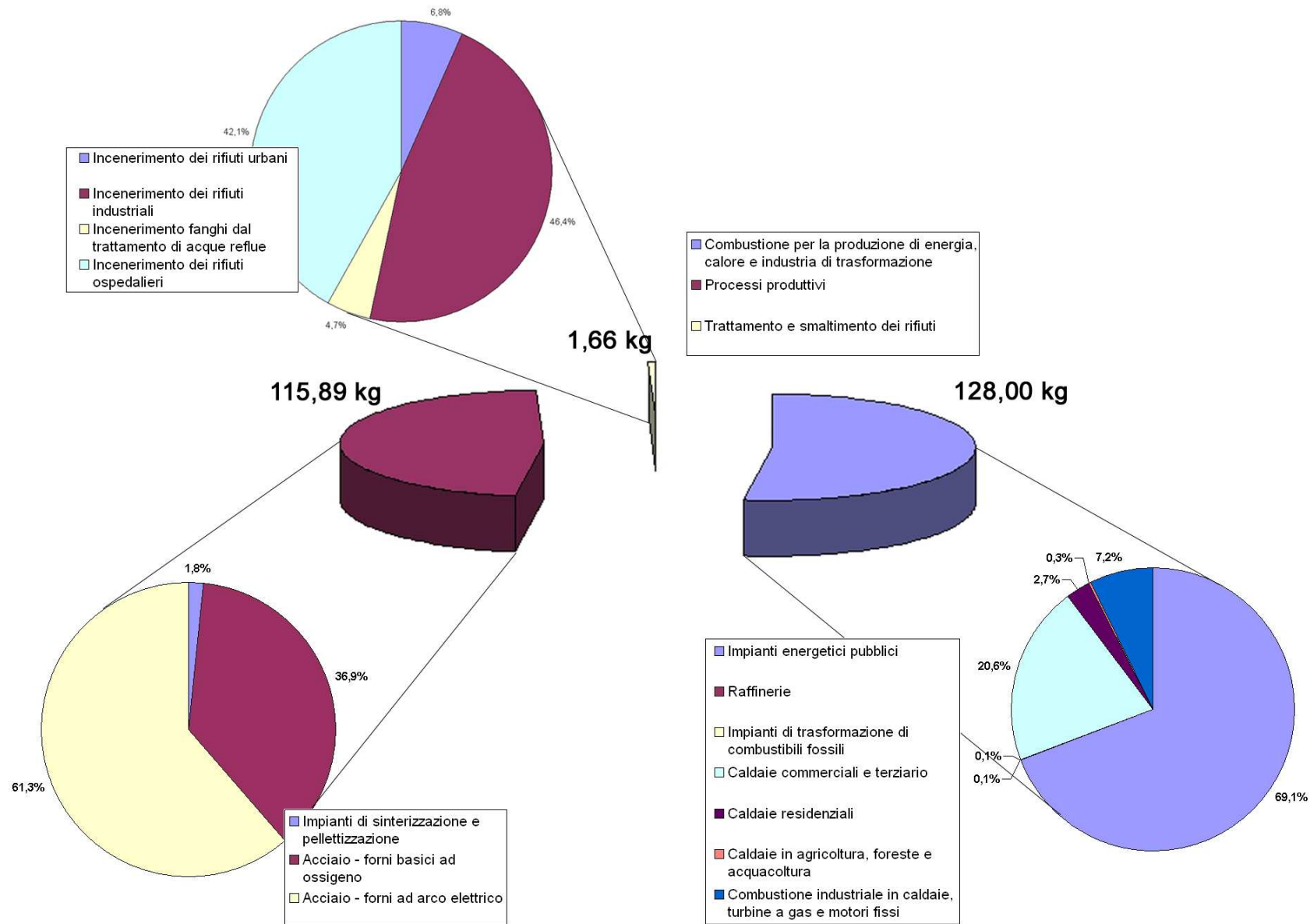
- ▶ 36% circa settore della produzione di energia elettrica, dovuta principalmente al consumo di carbone come combustibile (vedi Figura 9);
- ▶ 29% circa dalla produzione di acciaio in forni elettrici;
- ▶ 17% sempre dal settore processi con la produzione di acciaio da forni BOF;
- ▶ 10% dalla combustione nel settore, commerciale e terziario, e in particolare dalla combustione dei rifiuti (vedi Figura 10);
- ▶ ed un altro 3,7% sempre dalla combustione però in questo caso industriale.



**Figura 9** Contributo percentuale alle emissioni di PCB per singolo combustibile nel settore della produzione di energia elettrica



**Figura 10** Contributo percentuale alle emissioni di PCB per singolo combustibile nel settore riscaldamento domestico e terziario



**Figura 11** Ripartizione delle emissioni di PCB – anno 2006

## **6.4.2. HCB**

Le principali fonti di emissione di esaclorobenzene nel 2006, come si può dedurre dalla Tabella 7, sono:

- ▶ l'incenerimento fanghi, con il 36,08% delle emissioni stimate;
- ▶ le emissioni da trasporto su strada relative ai mezzi diesel con il 27,59%. In particolare il settore SNAP 070102 che riguarda le auto diesel in ciclo di guida extraurbano con 2,12 kg di HCB emessi rispetto al totale del macrosettore trasporti su strada pari a 6,03 kg. I veicoli diesel coprono il 98,95% delle emissioni da trasporto su strada;
- ▶ il riscaldamento con il 26,52% delle emissioni stimate ed in particolare la combustione non industriale dei fanghi dal trattamento delle acque reflue;
- ▶ l'incenerimento di rifiuti ospedalieri con il 3,08% delle emissioni di HCB;
- ▶ la combustione nella produzione di cemento (SNAP 030311) che con 0,528 kg di HCB emesso rappresenta il 2,44% della stima nazionale per il 2006.

Le cinque attività sopra riportate coprono, da sole, il 95,7% delle emissioni nazionali di HCB nell'anno 2006.

Sorgente	Anno 2006	
	kg	%
Incenerimento di fanghi da impianti di trattamento acque	7,80	<b>36,08%</b>
Trasporti stradali - Gasolio	5,96	<b>27,59%</b>
Riscaldamento	5,73	<b>26,52%</b>
Incenerimento di rifiuti ospedalieri	0,66	<b>3,08%</b>
Cemento	0,53	<b>2,44%</b>
Impianti energetici pubblici	0,48	<b>2,24%</b>
Impianti di sinterizzazione e pellettizzazione	0,33	<b>1,51%</b>
Trasporti stradali - Benzina senza piombo	0,04	<b>0,20%</b>
Incenerimento di rifiuti urbani	0,02	<b>0,10%</b>
Trasporti stradali - Benzina con piombo	0,02	<b>0,09%</b>
Combustione industriale in caldaie, turbine a gas e motori fissi	0,02	<b>0,08%</b>
Incenerimento di rifiuti solidi industriali	0,02	<b>0,07%</b>
<b>TOTALE</b>	<b>21,62</b>	

**Tabella 7** Fonti di emissione di HCB – anno 2006

Una fotografia dettagliata delle fonti di emissione di HCB nel 2006 è riportata in Figura 12.

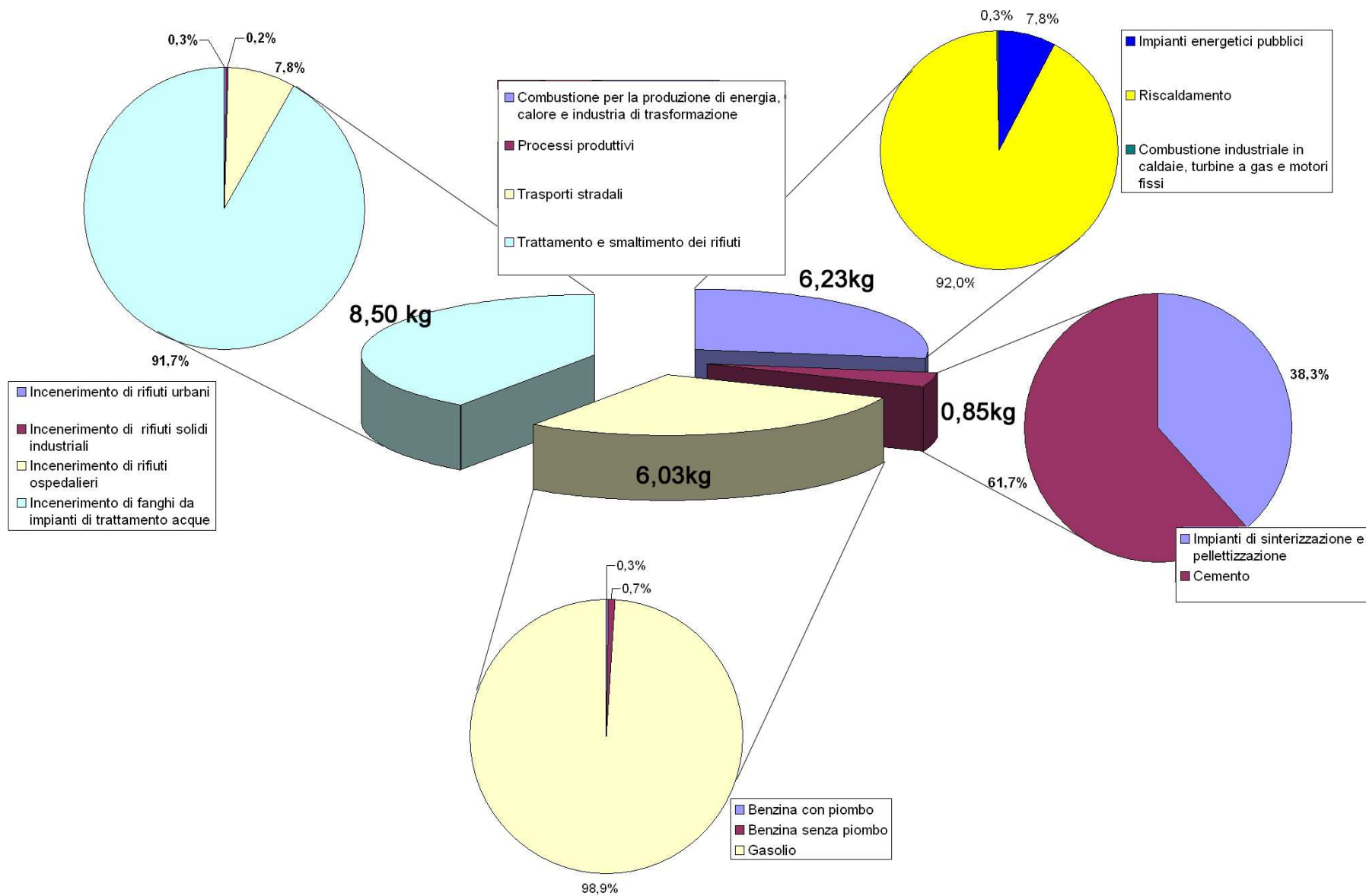


Figura 12 Ripartizione delle emissioni di HCB – anno 2006

## **7 PIANI DI MONITORAGGIO**

In Italia la legislazione ancora non prevede un Piano di Monitoraggio e Controllo a livello locale delle concentrazioni di policlorobifenili e esaclorobenzene.

In Tabella 8 è riportato un elenco delle campagne di monitoraggio locali effettuate e relative a composti organici persistenti. Si evidenzia come in particolare l'attenzione sia rivolta, anche se in maniera non armonizzata a livello nazionale, alle diossine, mentre per quanto riguarda PCB e HCB le campagne di monitoraggio risultano in numero nettamente inferiore.

**Tabella 8** Piani di monitoraggio e controllo di POPs in Italia

Ente che ha predisposto il monitoraggio	Titolo	Sostanze monitorate	Periodo del monitoraggio	Comparti ambientali analizzati
Regione Marche - Servizio veterinaria, igiene e qualità nutrizionale degli alimenti	Piano regionale sul monitoraggio dei livelli di base e PCB diossina-simili nelle derrate alimentari in attuazione Raccomandazione della Commissione 2004/705/CE.	Diossine, furani e PCB	2005-2006	Vegetale e animale
ARPA Veneto	Stabilimento De Longhi	Diossine e PCB	Aprile 2007	Aria, suolo
ARPA Campania	Emergenza diossine nel latte in Campania: monitoraggio di suolo e vegetali per la valutazione di possibili cause ambientali.	Diossina	2003	Suolo, vegetali e acqua
Regione Campania	Piano di intervento per l'emergenza diossina	Il Piano nasce da accertamenti espletati sui quantitativi di diossina nel latte di taluni allevamenti ubicati in provincia di Napoli e Caserta, impone l'acquisizione di ulteriori elementi riguardanti la precisa localizzazione e dimensione del fenomeno e in secondo luogo all'individuazione delle fonti e delle cause di inquinamento.		
ARPA Umbria	Qualità dell'aria nella Provincia di Terni	Benzene, IPA, metalli e diossine	2006	Suolo, vegetazione
ARPA Puglia	Rilevazione di PCDD/Fs e PCBs "diossina simili" nei fumi di processo emessi dal camino E 312 dell'impianto di agglomerazione AGL/2 dello stabilimento siderurgico ILVA S.p.A. di Taranto	PCDD/F, PCB, IPA, HCB e inquinanti convenzionali	11-16 Giugno 2007	Emissioni in atmosfera
Comune di Venezia	PIANO DI AZIONE COMUNALE PER IL RISANAMENTO DELL'ATMOSFERA	PCDD/F, PCB, IPA, HCB e inquinanti convenzionali	il piano si basa su due campagne di monitoraggio: 1) progetto Orizzonte 2023 periodo monitoraggio 1998-99; 2) accordo di collaborazione della Provincia di Venezia con ISMAR-CNR, Comune di Venezia e ARPAV Provinciale di Venezia sui flussi di deposizione per un periodo di 18 mesi (luglio 2002-dicembre 2003)	Deposizioni atmosferiche
Regione Veneto	Piano di monitoraggio delle diossine e PCB negli alimenti prodotti in Veneto	PCDD/F e PCB	Marzo-Settembre 2001	Alimenti
ASL Mantova	Studio della concentrazione ematica di diossine, furani e PCB in due campioni della popolazione di Mantova	PCDD/F e PCB	Maggio 2005	Popolazione

## 8. CONCLUSIONI

I composti organici persistenti, inclusi i PCB e l'HCB, sono responsabili di provocare gravi danni alla salute umana o all'ambiente sia vicino che lontano dalla loro fonte di emissione in considerazione della loro tossicità, della loro propensione al trasporto transfrontaliero di lungo raggio e della loro persistenza che favorisce il bioaccumulo.

La realizzazione dell'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera di PCB e HCB e la ricostruzione della serie storica dal 1990 al 2006 consentono di rispettare l'obbligo di trasmissione delle informazioni previsto nell'ambito della Convenzione sull'Inquinamento transfrontaliero dell'UNECE.

Per realizzare le stime di emissione si è fatto sostanzialmente riferimento alla metodologia e ai fattori di emissione riportati nel Guidebook EMEP/CORINAIR, riferimento della Convenzione stessa.

Le emissioni di entrambe le sostanze sembrano avere un andamento di leggera crescita nel periodo osservato. Tale incremento è legato, per quanto riguarda i PCB, all'incremento nell'incenerimento e/o termovalorizzazione dei rifiuti e all'incremento nella produzione di acciaio e per l'HCB all'aumento del parco veicolare e delle percorrenze relative alle vetture a gasolio.

L'analisi delle principali categorie emissive (key categories), consente di evidenziare come poche attività siano responsabili della gran parte delle emissioni. Circa il 93% delle emissioni di PCB nel 2006 provengono da 3 attività principali (produzione di energia, produzione di acciaio e incenerimento e/o termovalorizzazione dei rifiuti) e circa il 91% delle emissioni di HCB nello stesso anno provengono da 2 attività (incenerimento e/o termovalorizzazione rifiuti ed in particolare dei fanghi, e veicoli a gasolio). Approfondimenti metodologici e la ricerca di maggiore informazione in questi settori consentiranno di aumentare la confidenza sulle quantità stimate in maniera efficiente; studi di settore specifici riferiti alla realtà nazionale potrebbero colmare la carenza presente nella letteratura specifica di riferimento e aiutare a ricostruire processi produttivi e consumi di sostanze tossiche dei primi anni novanta, anni in cui l'incertezza delle stime è maggiore. L'analisi delle sorgenti principali emissive e degli andamenti consente inoltre di identificare i settori d'intervento delle politiche di riduzione delle emissioni necessarie per ridurre l'inquinamento di sostanze tossiche a livello nazionale e locale.

A tal fine la presenza di un Piano di Monitoraggio e Controllo coordinato a livello nazionale sarebbe uno strumento necessario per la determinazione delle politiche di riduzione mentre fino ad oggi il monitoraggio e il controllo dei composti organici persistenti è stato in Italia sporadico e dettato dalle emergenze ambientali riscontrate sul territorio nelle principali aree a rischio industriale.



## APPENDICE I

Protocollo di Aarhus

Allegato I - Sostanze per cui è prevista l'eliminazione

Sostanza chimica	Eliminazione	Deroga
Aldrin	Produzione	Nessuna
	Uso	Nessuna
Chlordane	Produzione	Nessuna
	Uso	Nessuna
Chlordecone	Produzione	Nessuna
	Uso	Nessuna
DDT	Produzione	1 Eliminazione della produzione entro un anno sempre che siano possibili alternative al fine di salvaguardare la salute pubblica proteggendola da malattie come malaria ed encefalopatie 2 Al fine di eliminare la produzione di DDT le parti, entro e non oltre un anno dall' entrata in vigore del presente protocollo e successivamente a tale data, se necessario, e in accordo con l'Organizzazione mondiale della sanità, l'alimentazione e l'agricoltura, l'Organizzazione delle Nazioni Unite e il Programma per l'Ambiente delle Nazioni Unite, esamina la disponibilità e la fattibilità tecnica di alternative e, se del caso, promuovere la commercializzazione di alternative sicure ed economicamente sostenibile al DDT
	Uso	Nessuna, tranne quanto definito nell'allegato II
Dieldrin	Produzione	Nessuna
	Uso	Nessuna
Endrin	Produzione	Nessuna
	Uso	Nessuna
Heptachlor	Produzione	Nessuna
	Uso	Nessuno, tranne l'uso da personale certificato per il controllo di incendi in scatole di derivazione elettrica. Tale uso deve essere rivalutato ai sensi del presente protocollo entro e non oltre due anni dopo la data di entrata in vigore
Hexabromobiphenyl	Produzione	Nessuna
	Uso	Nessuna
Hexaclorobenzene	Produzione	Nessuna, ad eccezione di un utilizzo limitato in paesi con un'economia in transizione
	Uso	Nessuna, ad eccezione di un utilizzo limitato in paesi con un'economia in transizione
Mirex	Produzione	Nessuna
	Uso	Nessuna

Sostanza chimica	Eliminazione	Deroga
PCBs	Produzione	Nessuna, tranne che per i paesi con economia in transizione che devono eliminare la produzione il prima possibile e comunque non oltre il 31 dicembre 2005 e che depositino una dichiarazione di intenti insieme agli strumenti per la ratifica, accettazione, approvazione o adesione.
	Uso	Nessuna, tranne quanto definito nell'allegato II
Toxaphene	Produzione	Nessuna
	Uso	Nessuna

Allegato II - Sostanze per cui è prevista una restrizione nell'utilizzo

Sostanza chimica	Restrizione all'uso	Condizioni
DDT	1 Per la protezione della salute pubblica da malattie come la malaria	1 L'utilizzo è consentito solo all'interno di un programma di disinfestazione e solo se necessario e solamente per un anno successivo alla data di eliminazione della produzione come riportato nell'allegato I
	2 Come intermedio chimico per la produzione di Dicofol	2 L'utilizzo dovrà essere rivalutato no più tardi di due anni dopo la data di entrata in vigore del presente Protocollo
HCH	L'utilizzo di HCH e dei suoi isomeri è ristretto agli intermedi per la produzione chimica	
	Nei prodotti in cui almeno il 99% degli isomeri di HCH sono nella forma gamma (lindano) sono ristretti ai seguenti usi: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Trattamento delle sementi</li> <li>2. Applicazione al suolo direttamente nella parte superficiale</li> <li>3. Trattamenti artigianali e industriali del legno</li> <li>4. Salute pubblica e insetticidi veterinari</li> <li>5. Applicazioni non tramite aereo su alberi, piccoli prati, vivai e piante ornamentali sia indoor che outdoor</li> <li>6. Applicazioni indoor industriali e domestiche</li> </ol>	Tutti gli usi restrittivi del lindano dovranno essere rivalutati sotto il protocollo non più tardi di due anni dopo l'entrata in vigore.

Sostanza chimica	Restrizione all'uso	Condizioni
PCB	PCB in uso alla data di entrata in vigore del protocollo o prodotti fino al 31 dicembre 2005 in accordo con quanto previsto dall'Allegato I	<p>I paesi devono attuare tutti gli sforzi per:</p> <p>(a) l'eliminazione dell'utilizzo dei PCB in attrezzature (trasformatori, condensatori o altro contenente residui liquidi) in volumi superiori ai 5 dm<sup>3</sup> e con una concentrazione di 0.005% o maggiore, il prima possibile ma non oltre il 31 dicembre 2010 oppure il 31 dicembre 2005 per i paesi con economie in transizione;</p> <p>(b) distruzione o decontaminazione in modo ambientalmente idoneo di tutti i liquidi PCB riferiti al subparagrafo (a) e ad altri PCB liquidi che contengono più dello 0.005% di PCB non in attrezzature, il prima possibile ma non più tardi del 31 dicembre 2015 o del 31 dicembre 2020 per i paesi con le economie in transizione;</p> <p>(c) decontaminazione o smaltimento delle attrezzature al punto (a) in modo ambientalmente idoneo</p>

## APPENDICE II

Convenzione di Stoccolma

Allegato 1 - Sostanze per cui è prevista l'eliminazione

Sostanza chimica	Attività	Deroga specifica
Aldrin	Produzione	Nessuna
	Uso	Ectoparassiticide locale insetticida
Clordano	Produzione	Consentita per le parti iscritte nel registro
	Uso	Ectoparassiticide locale Insetticida Insetticida contro le termiti negli edifici e nelle dighe Insetticida contro le termiti lungo le strade Additivo negli adesivi per compensato
Dieldrin	Produzione	Nessuna
	Uso	Attività agricole
Endrin	Produzione	Nessuna
	Uso	Nessuna
Eptacloro	Produzione	Nessuna
	Uso	Insetticida contro le termiti Insetticida contro le termiti nelle strutture delle abitazioni Insetticida contro le termiti (sotterraneo) trattamento del legno In uso nelle scatole di giunzione dei cavi sotterranei
Esaclorobenzene	Produzione	Consentita per le parti iscritte nel registro
	Uso	Prodotto intermedio Solvente nei pesticidi Prodotto intermedio utilizzato in un sistema chiuso e unicamente all'interno del sito produttivo
Mirex	Produzione	Consentita per le parti iscritte nel registro
	Uso	Insetticida contro le termiti
Toxafene	Produzione	Nessuna
	Uso	Nessuna
Bifenil policlorurati (PCB)	Produzione	Nessuna
	Uso	Articoli in uso ai sensi della parte II del presente allegato

Allegato 2 - Sostanze per cui è prevista limitazione

Parte 1

Sostanza Chimica	Attività	Scopo accettabile o deroga specifica
DDT	Produzione	Scopo accettabile: uso nella lotta contro insetti vettori di malattie, conformemente alla parte due del presente allegato Deroga specifica: prodotto intermedio nella produzione di dicofol
	Uso	Scopo accettabile: lotta contro gli insetti vettori di malattie conformemente alla parte II del presente allegato Deroga specifica: produzione di dicofol prodotto intermedio

Parte 2

*DDT (1,1,1-tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)etano)*

1. La produzione e l'uso del DDT devono cessare, salvo per le parti che hanno notificato al segretariato la loro intenzione di produrre e/o usare questa sostanza. È istituito un registro del DDT, accessibile al pubblico e tenuto dal segretariato.

2. Nel caso in cui non disponga di alternative locali sicure, efficaci e sostenibili, ogni parte che produce e/o usa DDT limita la produzione e/o l'uso alla lotta contro gli insetti vettori di malattie, secondo le raccomandazioni e le linee guida dell'Organizzazione mondiale della sanità sull'uso del DDT.

3. Nel caso in cui una parte non iscritta nel registro del DDT stabilisca di aver bisogno di questa sostanza per la lotta contro gli insetti vettori di malattie, essa comunica quanto prima la propria decisione al segretariato, in modo da essere immediatamente iscritta nel registro del DDT, e contemporaneamente notifica tale decisione all'Organizzazione mondiale della sanità.

4. Ogni tre anni, le parti che fanno uso di DDT forniscono al segretariato e all'Organizzazione mondiale della sanità informazioni sulle quantità utilizzate, sulle condizioni di impiego e sull'importanza di questa sostanza per le proprie strategie di gestione delle malattie, nella forma che sarà decisa dalla Conferenza delle parti in consultazione con l'Organizzazione mondiale della sanità.

5. Al fine di ridurre ed eliminare definitivamente l'uso del DDT, la Conferenza delle parti incoraggia:

- a) tutte le parti che fanno uso di DDT a elaborare e attuare un piano di azione nell'ambito del piano di attuazione di cui all'articolo 7. Il piano di azione comprende:
  - i) la definizione di strumenti normativi e di altri meccanismi per garantire che l'uso del DDT sia limitato alla lotta contro gli insetti vettori di malattie;

ii) l'adozione di prodotti, metodi e strategie alternativi adeguati, comprese le strategie di gestione della resistenza, per assicurare la perdurante efficacia di tali alternative;  
iii) misure volte a rafforzare l'assistenza sanitaria e a ridurre l'incidenza della malattia;

b) le parti, nella misura delle loro possibilità, a promuovere la ricerca e lo sviluppo di prodotti chimici e non chimici, strategie e metodi alternativi sicuri per le parti che fanno uso di DDT, adatti alle condizioni di tali paesi e destinati a ridurre il peso della malattia dal punto di vista umano ed economico. Tra i fattori da privilegiare nell'esame delle alternative o delle combinazioni di alternative figurano i rischi per la salute umana e l'impatto ambientale. Le alternative valide al DDT devono presentare meno rischi per la salute umana e per l'ambiente, essere adeguate alla lotta contro le malattie tenuto conto delle condizioni delle parti interessate, ed essere comprovate da dati di monitoraggio.

6. A partire dalla prima riunione e in seguito almeno ogni tre anni la Conferenza delle parti valuta, in consultazione con l'Organizzazione mondiale della sanità, la necessità di continuare ad usare il DDT nella lotta contro gli insetti vettori di malattie in base alle informazioni scientifiche, tecniche, ambientali ed economiche disponibili, tra cui in particolare:

a) la produzione e l'uso del DDT e le condizioni indicate nel paragrafo 2;

b) la disponibilità, l'idoneità e l'applicazione di alternative al DDT;

c) i progressi compiuti nel rafforzare la capacità dei paesi interessati di ricorrere a queste alternative in condizioni di sicurezza.

7. In qualsiasi momento una parte può ritirare il proprio nome dal registro del DDT mediante notifica scritta al segretariato. Il ritiro ha effetto a partire dalla data indicata nella notifica.

## BIBLIOGRAFIA

1. TNO report, 1992 “Emission factors manual PARCOM-ATMOS”
2. TNO, 1997 “The european emission inventory of heavy metals and persistent organic pollutants for 1990”
3. TNO report, 1995 “Technical paper to the OSPARCOM-HELCOM-UNECE emission inventory of heavy metals and persistent organic pollutants”
4. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook, 2007 “Sources of HCB emission-General methodology chapters”
5. EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook, 2007 “Sources of polychlorinated biphenyls emission-General methodology chapters”
6. Pacyna, J.M., Breivik, K., Münch, J., Fudala, J., 2003a. “European atmospheric emissions of selected persistent organic pollutants, 1970-1995” Atmospheric Environment 37: S119-S131
7. Robert E. Bailey, 2000 Global hexachlorobenzene emissions
8. EFSA, 2006 “Opinion of the scientific panel on contaminants in the food chain on a request from the commission related to hexachlorobenzene as undesirable substance in animal feed” Question N° EFSA-Q-2005-185, The EFSA Journal, 2006, n° 402, pp.1 – 49
9. Regolamento (CE) n. 850/2004 del parlamento europeo e del consiglio del 29 aprile 2004 relativo agli inquinanti organici persistenti e che modifica la direttiva 79/117/CEE
10. Wania, F. and Mackay, D. 1995. “A global distribution model for persistent organic chemicals” Sci Total Environ 160/161: 211-232.
11. IARC-World Health Organization-International Agency for Research on Cancer, 2001. “Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 79: Some Thyrotropic Agents Summary of Data Reported and Evaluation”. Update: 25 settembre 2001
12. van der Gon, H.D., van het Bolscher, M., Visschedijk, A., Zandveld, P., 2007 “Emissions of persistent organic pollutants and eight candidate POPs from UNECE-Europe in 2000, 2010 and 2020 and the emission reduction resulting from the implementation of the UNECE protocol” Atmospheric Environment, 41:9245-9261

## INDICE DI TABELLE E FIGURE

Tabella 1 Attività e fattori di emissione dei PCB .....	14
Tabella 2 Attività e fattori di emissione dell’HCB .....	15
Tabella 3 Serie storica delle emissioni di PCB .....	17
Tabella 4 Serie storica delle emissioni di HCB .....	21
Tabella 5 Picco nelle emissioni di HCB: quantità di fanghi inceneriti dal 2000 al 2004 .....	21
Tabella 6 Fonti di emissione di PCB – anno 2006.....	24
Tabella 7 Fonti di emissione di HCB – anno 2006 .....	27
Tabella 8 Piani di monitoraggio e controllo di POPs in Italia .....	30
Figura 1 Trasporto atmosferico transfrontaliero dei POPs .....	5
Figura 2 Struttura chimica dei policlorobifenili - PCB.....	5
Figura 3 Struttura chimica dell’esaclorobenzene - HCB .....	6
Figura 4 Sintesi dell’esaclorobenzene utilizzando il cloruro ferrico come catalizzatore .....	11
Figura 5 Andamento delle emissioni di PCB dal 1990 al 2006.....	18
Figura 6 Emissioni di PCB per macrosettore.....	19
Figura 7 Andamento delle emissioni di HCB dal 1990 al 2006 .....	22
Figura 8 Emissioni di HCB per macrosettore .....	23

Figura 9 Contributo percentuale alle emissioni di PCB per singolo combustibile nel settore della produzione di energia elettrica.....	25
Figura 10 Contributo percentuale alle emissioni di PCB per singolo combustibile nel settore riscaldamento domestico e terziario.....	25
Figura 11 Ripartizione delle emissioni di HCB – anno 2006 .....	28