

P.G. Barbieri¹, S. Garattini¹, T. Pizzoni¹, R. Festa¹, A. Abballe², V. Marra², N. Iacovella², A.M. Ingelido², S. Valentini², E. De Felip²

Esposizione cumulativa a policlorodibenzodiossine (PCDD), policlorodibenzofurani (PCDF) e policlorobifenili (PCB) in lavoratori metallurgici e nella popolazione generale della provincia di Brescia

¹ Servizio Prevenzione e Sicurezza Ambienti di Lavoro, ASL Provincia di Brescia

² Dipartimento Ambiente e connessa Prevenzione Primaria, Istituto Superiore di Sanità, Roma

RIASSUNTO. La fusione dei metalli da rottami contaminati con materiali plastici può contribuire al rilascio in ambiente di composti organoclorurati. Scopo dello studio è la valutazione, dell'esposizione a policlorodibenzodiossine (PCDD), policlorodibenzofurani (PCDF) e policlorobifenili (DL-PCB e NDL-PCB) in un campione di 300 lavoratori metallurgici rispetto a un gruppo di controllo costituito da 113 soggetti della popolazione generale residente in Brescia e provincia. I campioni di siero sono stati raggruppati in pool di circa 10 soggetti ed analizzati per il loro contenuto di PCDD e PCDF, DL-PCB e NDL-PCB. Per i lavoratori metallurgici si osservano livelli ematici di NDL-PCB più elevati di quelli osservati nella popolazione non professionalmente esposta, sebbene in modo non statisticamente significativo, fatta eccezione per alcuni congeneri, come i PCB 28, 52, 101, che risultano significativamente più abbondanti nei lavoratori metallurgici. Il range delle concentrazioni cumulative di PCDD, PCDF e DL-PCB osservato nei lavoratori metallurgici, pari a 32,5 - 84,8 pgTEQ g⁻¹ lb, include quello osservato nel gruppo di riferimento (35.3- 55.5). Si osserva tuttavia che i residenti nelle aree geografiche "remote" presentano concentrazioni ematiche cumulative di PCDD, PCDF e DL-PCB significativamente inferiori a quelle dei residenti in aree urbanizzate e industrializzate e dei lavoratori metallurgici. In conclusione, benché le differenti concentrazioni riscontrate nei lavoratori metallurgici e nel gruppo di riferimento non sono statisticamente significative, è stata osservata una minor esposizione a PCDD e PCDF della popolazione residente in aree "remote" rispetto ai lavoratori metallurgici e alla popolazione residente in aree industrializzate della provincia. La popolazione residente nella provincia di Brescia sembra essere più esposta a PCB rispetto ad altre popolazioni italiane esaminate per gli stessi composti.

Parole chiave: metallurgia, biomonitoraggio organoclorurati

ABSTRACT. CUMULATIVE EXPOSURE TO POLYCHLORODIBENZO-P-DIOXINS (PCDDs), POLYCHLORODIBENZOFURANS (PCDFs) AND POLYCHLOROBIPHENYLS (PCB) IN THE METALLURGIC WORKERS AND THE GENERAL POPULATION IN BRESCIA PROVINCE, NORTHERN ITALY. High temperature metallurgical processes may significantly contribute to the release of polychlorodibenzo-p-dioxins (PCDDs) and polychlorodibenzofurans (PCDFs) into the environment. Aim of this study was to evaluate the exposure to PCDDs, PCDFs, dioxin-like PCBs (DL-PCBs) and non dioxin-like PCBs (NDL-PCBs) in a sample of 300 workers of metallurgical plants operating in the Brescia area and in a control group of 113 men. Serum samples were grouped in pools of 10 and analyzed for their concentration of PCDDs and PCDFs, DL- and NDL-PCBs. Metallurgical workers show serum concentrations of NDL-PCBs similar to those observed in non-occupationally exposed living in

Introduzione

Le policlorodibenzo-*p*-diossine (PCDD) e i policlorodibenzofurani (PCDF), comunemente indicati come "diossine", e i policlorobifenili (PCB) rappresentano famiglie di composti organici clorurati caratterizzati da effetti di rilievo a livello tossicologico. Tra le PCDD, la 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-*p*-diossina (2,3,7,8-TCDD) è stata classificata dall'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro di Lione (IARC) come cancerogeno certo per l'uomo (*gruppo 1*) nel 1997 (1) e confermata nell'ultima Monografia N. 100 con il 2,3,4,7,8 - pentaclorodibenzofurano e il 3,3',4,4',5 - pentaclorobifenile (PCB 126) (2). I 17 congeneri di PCDD e PCDF cloro-sostituiti nelle posizioni 2,3,7,8 (come la 2,3,7,8 - TCDD) possono produrre effetti avversi sul sistema riproduttivo e sul sistema nervoso, nonché alterazioni del sistema immunitario (3-6). La valutazione operata dalla IARC nel 1987 aveva concluso assegnando a questi composti la categoria di cancerogeni *probabili* per l'uomo (*gruppo 2A*) (7). Gli studi epidemiologici pubblicati successivamente non avrebbero confermato questa valutazione e la cancerogenicità dei NDL-PCB rimarrebbe tutt'ora controversa, anche riguardo ai tumori del fegato e delle vie biliari (8), tuttavia con qualche evidenza definita "suggestive" (9). PCDD, PCDF e PCB sono stati inseriti dal 2001 nella *Convenzione* di Stoccolma sui POP (Persistent Organic Pollutants) e annoverati nell'elenco dei 12 POP per i quali la l'Unione Europea si poneva l'obiettivo di limitare l'immissione nell'ambiente (10). Nei documenti della *Convenzione*, l'industria del ferro e dell'acciaio veniva individuata come una delle maggiori sorgenti di emissione di PCDD e PCDF in Europa, responsabile di circa l'8% delle emissioni totali per processi di combustione tipici dalla fusione di metalli (11). In particolare, la produzione di semilavorati ferrosi e non ferrosi a partire dalla fusione di rottame è stata associata all'esposizione dei lavoratori a PCDD, PCDF e PCB in diversi studi (12-16). Nei rottami metallici, è pressoché costante la presenza, come impurità, di materiale plastico (resine termoplastiche e termoidurenti) la cui termo degradazione comporta la possibile formazione di PCDD, PCDF e PCB, contenuti nei fumi aerodispersi dagli impianti fusori (17-19). In Italia, una valutazione dell'esposizione dei lavoratori a questi composti,

Brescia, except in the case of some congeners, such as PCBs 28, 52, 101 which result to be significantly higher in metallurgical workers. Their concentrations range of "dioxins" was of 32.5 - 84.8 pgTEQ g⁻¹ lb. No significant difference was found between metallurgical workers and the control group on the whole, but the difference became significant when comparing metallurgical workers with the group of the 47 subjects living in remote non industrialised areas.

In conclusion, concentrations of total PCBs observed in metallurgy workers are comparable with those observed in the control group, with the exception of a few, more volatile, congeners which resulted to be higher in metallurgy workers. Concentrations of PCDDs and PCDFs showed a range of values similar to that observed in the general population of Brescia not professionally exposed. However, concentrations of PCDDs and PCDFs observed in subjects resident in "remote" areas were significantly lower than those assessed in metallurgy workers and subjects living in the town of Brescia. On the whole, men living in the town of Brescia show levels of PCBs, PCDDs and PCDFs higher than those observed in other groups of the Italian general population, this reflecting the intense industrial activity of the town.

Key words: metallurgy, organ compounds biomonitoring

attraverso il biomonitoraggio su siero, non risulta disponibile. In questo lavoro sono presentati i risultati del biomonitoraggio effettuato su un campione di lavoratori metallurgici e su un gruppo di controllo di residenti in provincia di Brescia con lo scopo di valutare una eventuale sovraesposizione di questi lavoratori rispetto alla popolazione locale di riferimento e, più in generale, rispetto alla popolazione italiana non professionalmente esposta residente in altre aree geografiche.

Materiali e metodi

Tra i lavoratori metallurgici, sono stati arruolati 300 volontari di sesso maschile, con età minima di 30 anni ed anzianità lavorativa minima complessiva di 3 anni. Di questi,

194 addetti in acciaieria elettrica (64,6%), 25 in fonderia di ghisa (8,3%), 54 in fonderia di alluminio (18%), 27 in fonderia di cuproleghe (9%). Il gruppo di riferimento è composto da 113 maschi, di età superiore a 30 anni, distribuiti nei sottogruppi descritti in tabella I; i residenti "remoti" sono soggetti solo stanziali, con attività lavorativa esclusivamente svolta nel settore terziario in due Comuni montani molto distanti dalla città di Brescia. Tramite questionario standardizzato, sono state raccolte le caratteristiche individuali, le notizie anamnestiche relative allo stato di salute, alle abitudini alimentari e agli stili di vita nonché l'anamnesi professionale. Il siero ottenuto dalla centrifugazione del prelievo ematico è stato conservato a -20 °C prima dell'analisi. I singoli campioni sono stati riuniti in *pool* in base alla omogeneità dei soggetti riguardo alla classe di età anagrafica, all'azienda di provenienza, all'attività lavorativa prevalente, all'anzianità lavorativa. Per i gruppi di riferimento i *pool* sono stati costituiti anche in base alla provenienza. Complessivamente sono stati ottenuti e analizzati 45 campioni (*pool*), di cui 34 relativi a soggetti esposti e 11 a soggetti di riferimento; per conseguire la massima omogeneità possibile diversi *pool* sono costituiti da un numero di singoli campioni inferiore a 10, in deroga alle indicazioni suggerite dal WHO sulla formazione di *pool* in studi su biomonitoraggio sul latte umano (20). Fra i 210 congeneri che compongono le famiglie di PCDD e PCDF sono stati determinati solo i 17 congeneri di interesse tossicologico (3, 4, 6). Tra i 209 congeneri di PCB sono stati determinati i 12 DL-PCB e 30 congeneri di PCB non diossina-simili (NDL-PCB), selezionati in base alla loro abbondanza nell'ambiente e rilievo tossicologico. Tramite l'applicazione dei *toxicity equivalency factors* (TEF, potenziale tossico di ogni congenero relativamente al congenero più attivo (2,3,7,8-TCDD, TEF = 1) i risultati analitici dei 29 congeneri con attività diossina-simile sono stati convertiti in concentrazioni equivalenti di tossicità (TEQ), espresse su base lipidica. Sono stati qui utilizzati i TEF del 1997 (21) per un possibile confronto dei risultati ottenuti con altri disponibili dalla let-

Tabella I. Livelli ematici cumulativi di PCDD, PCDF, DL-PCB (pg TEQ g⁻¹ lb) e NDL-PCB (ng g⁻¹ lb) in un campione di lavoratori metallurgici e in un gruppo di riferimento della provincia di Brescia
Table I. Serum cumulative levels of PCDDs, PCDFs, DL-PCBs (pg TEQ g⁻¹ lb) and NDL-PCBs (ng g⁻¹ lb) of metal workers and of inhabitants in Brescia province

Comparto produttivo	N° medio addetti (N° imprese)	N° pool analizzati (N° soggetti)	Età Media (±DS)	Anzianità lavorativa Media (±DS)	Σ PCDD, PCDF Media (±DS)	Σ DL-PCB Media (±DS)	TOT Media (±DS)	TOT Min-Max	Σ ₃₀ NDL-PCB Media (±DS)
Acciaieria elettrica 1	240 (1)	8 (77)	42 (±2,5)	17 (±3,3)	25,9 (±5,0)	29,1 (±6,2)	55,0 (±9,1)	34,4 - 67,1	692 (±89,2)
Acciaieria elettrica 2	150 (1)	9 (77)	42 (±3,5)	11 (±3,1)	18,6 (±3,2)	21,4 (±6,1)	40,1 (±6,9)	34,1 - 56,1	513 (±117)
Acciaieria elettrica 3	650 (1)	4 (39)	45 (±1,3)	18 (±4,7)	18,9 (±4,1)	27,9 (±7,9)	46,8 (±10,4)	36,7 - 57,9	899 (±287)
Fonderia di ghisa	40-250 (3)	3 (25)	43 (±2,5)	17 (±2,1)	18,8 (±3,3)	20,3 (±4,9)	40,2 (±7,7)	32,5 - 47,9	664 (±329)
Fonderia di alluminio	30-90 (2)	7 (54)	45 (±2,7)	16 (±3,5)	24,0 (±6,2)	26,6 (±13,9)	50,6 (±17,7)	34,7 - 84,8	683 (±373)
Fonderia di cuproleghe	13-380 (2)	3 (27)	45 (±1,2)	16 (±1,5)	32,1 (±12)	21,2 (±3,5)	53,4 (±10,5)	43,2 - 64,3	493 (±74,7)
Gruppo di riferimento									
Amministrativi in acciaieria	—	2 (20)	39 (11,6)	—	20,4-29,6	21,5-25,9	41,9-55,5	41,9-55,5	446-527
Residenti "prossimi"	—	4 (46)	45 (9,2)	—	22,1±3,0	24,3±4,1	46,5±6,0	37,7-51,2	592 (±178)
Residenti "remoti"	—	5 (47)	38 (8,3)	—	15,1±0,8	22,8±2,9	38,0±3,2	35,3-43,4	623 (±74,9)

teratura scientifica. Riguardo ai NDL-PCB sono stati determinati i seguenti 30 congeneri: 18, 28, 31, 33, 49, 52, 66, 70, 74, 91, 95, 99, 101, 110, 128, 138, 141, 146, 149, 151, 153, 170, 174, 177, 180, 183, 187, 194, 196, 203. L'analisi è stata effettuata secondo metodiche descritte altrove (22-25), ricorrendo alla gas cromatografia ad alta risoluzione abbinata a spettrometria di massa. Per l'analisi statistica si sono utilizzati i test statistici non parametrici U di Mann-Whitney e test di Kruskal-Wallis per il confronto fra gruppi di dati, posta la non normalità degli stessi.

Risultati

La distribuzione dei valori ematici dei composti nei lavoratori è illustrata in Tabella I.; nell'insieme, le concentrazioni cumulative TEQ coprono l'intervallo di 32,5-84,8 pgTEQ g⁻¹ lb. Mentre non si sono riscontrate differenze significative nei livelli di esposizione (test di Kruskal-Wallis $P > 0,05$) tra i diversi comparti produttivi, si è osservata una concentrazione significativamente inferiore delle diverse classi di analiti nell'acciaieria 2 rispetto all'acciaieria 1 e livelli di NDL-PCB inferiori nell'acciaieria 2 rispetto alla 3 (test di Mann-Whitney, $P < 0,05$). I livelli cumulativi di composti diossina-simili (TEQ totali) nei lavoratori delle fonderie di ghisa si collocano all'estremo inferiore del range osservato nelle acciaierie elettriche. I risultati permettono di evidenziare una sovraesposizione dei lavoratori addetti alle aree di fusione e di manutenzione rispetto alle aree di colata e parco rottame; in particolare, la differenza è significativa al test di Mann-Whitney nell'area fusione e nell'area manutenzione per PCDD+PCDF e PCDD+PCDF+DL-PCB. Nella Tabella sono inoltre riportati i valori di TEQ totali nei soggetti di riferimento, amministrativi in acciaieria e altri residenti "prossimi" e "remoti". Nell'insieme dei soggetti non esposti, il range dei livelli TEQ cumulativi osservati è di 35,3-55,5 pgTEQ g⁻¹ lb, compreso all'interno del range dei professionalmente esposti. Anche tra i residenti "prossimi" si sono ottenuti livelli ematici di organoclorurati pressoché sovrapponibili a quelli rilevati nei professionalmente esposti. Al contrario, nei residenti "remoti" l'intervallo di valori osservati è più basso e sostanzialmente determinato da una minor concentrazione di PCDD + PCDF ($P = 0,001$); anche le concentrazioni TEQ cumulative risultano inferiori rispetto ai professionalmente esposti ($P = 0,05$). Relativamente ai NDL-PCB, si sono osservati livelli ematici superiori nei lavoratori esposti rispetto ai controlli per alcuni congeneri e in particolare per i PCB 28, 52 e 101 (test di Mann-Whitney, $P < 0,001$). In dettaglio, la somma delle concentrazioni dei 30 congeneri analizzati di NDL-PCB nei lavoratori metallurgici era compresa tra 321 e 1.460 ng/g di grasso mentre nella popolazione di riferimento il range osservato era di 402-826 ng/g di grasso. Infine, la valutazione delle abitudini alimentari dei soggetti coinvolti nello studio, come desumibili dalle informazioni raccolte con l'intervista diretta, non ha evidenziato apprezzabili differenze quali - quantitative nel consumo di alimenti di origine animale ad elevato contenuto lipidico, noti per il possibile apporto alimentare di questi composti organoclorurati.

Discussione e conclusioni

Nell'European Dioxin Inventory (26) è inserito un capitolo (040207) dedicato alla fusione ad arco elettrico dell'acciaio, segnalandola come sorgente rilevante nelle emissioni totali di PCDD e PCDF; viene raccomandata l'effettuazione di misure per valutare queste emissioni, particolarmente nei paesi che non dispongono ancora di dati, come l'Italia. Tra i lavoratori della metallurgia che usa rottame era probabile osservare una maggior esposizione a diossine e PCB rispetto alla popolazione generale, come evidenziato in altri studi (27, 19). Inoltre, la rilevante presenza a Brescia di industrie metallurgiche insediate in centri abitati rendeva ipotizzabile anche una sovraesposizione della popolazione residente; i risultati di questo studio confermano queste previsioni, dimostrando una sovraesposizione a PCDD e PCDF di lavoratori metallurgici rispetto al gruppo di riferimento, particolarmente dove il rottame è più contaminato da materiale plastico. Il ricorso a un gruppo di riferimento "locale", si è reso necessario perché in gruppi di residenti sono stati da tempo documentati elevati livelli ematici di PCB, posti in relazione soprattutto con il consumo di alimenti contaminati dall'inquinamento ambientale causato dall'impresa "Caffaro", produttrice di composti organoclorurati, inclusi PCB (28, 29) e inserita nell'elenco dei "Siti di Interesse Nazionale" (SIN). D'altra parte, una sovraesposizione a PCB e diossine è stata osservata anche in residenti nei pressi di impianti chimici (30) e di inceneritori di rifiuti urbani (31, 32). Poiché a circa 3 km dal centro di Brescia è attivo da circa 10 anni un importante impianto di incenerimento di rifiuti urbani, si è ritenuto di includere nella popolazione non professionalmente esposta anche un gruppo di residenti in aree geografiche "remote", meno esposti dei residenti nelle aree fortemente urbanizzate e industrializzate, benché uno studio comprendente 311 residenti in provincia di Brescia, avesse mostrato valori mediani di PCB totali nel siero entro il range osservato in non esposti (33). Mentre gli studi citati convergono nell'indicare per la popolazione generale residente in provincia di Brescia una esposizione a PCB simile a quella rilevata in altre aree, i risultati di questo studio suggeriscono che la popolazione di Brescia, anche non residente nelle aree inquinate dall'impresa "Caffaro", si caratterizza per concentrazioni nel siero di diossine e PCB superiori ai valori osservati nelle popolazioni italiane non esposte, che si possono assumere come riferimento sulla base degli studi più recenti (35-36). Anche per quanto riguarda i residenti in aree "remote", le concentrazioni cumulative di PCDD, PCDF e DL-PCB (35-43 pgTEQ g⁻¹ lb) sono apparse più elevate di quelle osservate in alcuni gruppi di popolazione generale italiana (maschile e femminile), che si attestano mediamente nell'intervallo 16-34 pgTEQ g⁻¹ lb (34-36). In particolare, uno studio effettuato nella Regione Campania negli anni 2008-2009 ha evidenziato in gruppi di popolazione maschile di età compresa tra i 35 e i 49 anni valori ematici (su 14 pool) compresi nel range 16-31 pgTEQ g⁻¹ lb (37). Si sottolinea che il maggiore contributo ai TEQ totali osservati nei residenti

in aree "remote" è determinato dai DL-PCB, mentre la componente TEQ derivante da PCDD e PCDF è paragonabile a quella osservata nei gruppi di popolazione sopra menzionati.

Bibliografia

- 1) Steenland K, Bertazzi PA, Baccarelli A, Kogevinas M. Dioxin revisited: developments since the 1977 IARC classification of dioxin as a human carcinogen. *Environ Health Perspect* 2004; 112: 1265-1268.
- 2) International Agency for Research on Cancer. *Monographs Vol. 100*. Lyon 2010. <http://monographs.iarc.fr/>
- 3) WHO(1989). Polychlorinated dibenzo-para-dioxins and polychlorinated dibenzofurans. *Environmental Health Criteria* 88. World Health Organization (Geneva).
- 4) International Agency for Research on Cancer. Polychlorinated dibenzo-para-dioxins and dibenzofurans. *IARC Monographs Vol. 69*. Lyon 1997.
- 5) De Felip E, di Domenico A, Miniero R, Silvestroni L. Polychlorobiphenyls and other organochlorine compounds in human follicular fluid. *Chemosphere* 2004; 54: 1445-1449.
- 6) EFSA. Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the Commission related to the presence of non-dioxin-like polychlorinated biphenyls (PCBs) in feed and food. *The EFSA Journal* 2005; 284: 1-137.
- 7) International Agency for Research on Cancer. *IARC Monographs, Supplement 7. Overall Evaluation of Carcinogenicity: an Updating of IARC Monographs Volumes 1 to 42*. Lyon 1987.
- 8) Apostoli P, Bergonzi R, Catalani S. Policlorobifenili (PCB) e cancro. *G Ital Med Lav Erg* 2009; 31(4): 419-427.
- 9) Siemiatycki J, Richardson L, Straif C et al. Listing occupational Carcinogens. *Environ Health Perspect* 2004; 112: 1447-1459
- 10) Consiglio della Comunità Europea. Decisione 2006/507/CE del 14 ottobre 2004, relativa alla conclusione, a nome della Comunità europea, della convenzione di Stoccolma sugli inquinanti organici persistenti.
- 11) Everaert K, Baeyens J. The formation and emission of dioxins in large scale thermal process. *Chemosphere* 2002; 46: 439-448.
- 12) Aittola JP, Paasivirta J, Vattulainen A. Measurements of organochloro-compounds at a metal reclamation plant. *Chemosphere* 1993; 27: S220-S227.
- 13) Menad N, Bjorkman B, Zhang S, Forsberg E. Thermodynamic conditions for the formation of dioxin during the recycling of non-ferrous metals from electric and electronic scrap. In: *EPD Congress The Minerals, Metals, and Materials Society* 1998: 657-673. Mishara B (Ed).
- 14) Anderson DR, Fisher R. Sources of dioxins in the United Kingdom: the steel industry and other sources. *Chemosphere* 2002; 46: 371-381.
- 15) Sweetman A, Keen C, Healy J, Ball E, Davy C. Occupational exposure to dioxins at UK worksites. *Ann Occup Hyg* 2004; 48: 425-437.
- 16) Aries E, Anderson DR, Fisher R. Exposure assessment of workers to airborne PCDD/Fs, PCBs and PAHs at an electric arc furnace steel-making plant in the UK. *Ann Occup Hyg* 2008; 52(4): 213-225.
- 17) Chen HL, Shih TS, Huang PC, Hsieh CY, Lee C. Exposure of arc-furnace-plant workers to polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/Fs). *Chemosphere* 2006; 64(4): 666-671.
- 18) Yu BW, Guang-Zhu J, Young-Hoon M, Min-Kwan K, Jong-dai K, Yoon-Seok C. Emission of PCDD/Fs and dioxin-like PCBs from metallurgy industries in S. Korea. *Chemosphere* 2006; 62: 494-501.
- 19) Lee CC, Shih TS, Chen HL. Distribution of air and serum PCDD/F levels of electric arc furnaces and secondary aluminium and copper smelters. *J Hazard Mater* 2009; 172(2-3): 1351-1356.
- 20) WHO (1996). Levels of PCBs, PCDDs, PCDFs in human milk. *Environmental Health in Europe* 3. European Centre for Environment and Health, World Health Organization (Copenhagen).
- 21) Van den Berg M, Birnbaum L, Bosveld AT, Brunstrom B, Cook P, Feeley M, et al. Toxic equivalency factors (TEFs) for PCBs, PCDDs, and PCDFs for humans and wildlife. *Environmental Health Perspectives* 1998; 106: 775-92.
- 22) di Domenico A, De Felip E, Ferri F et al. Determination of the composition of complex chemical mixtures in the soil of an industrial site. *Microchemical Journal* 1992; 46: 48-81.
- 23) De Felip E, Miniero R. Procedimenti analitici adottati per il rilevamento di icro contaminanti in sedimenti lagunari. *Rapporti ISTISAN* 99/28. Istituto Superiore di Sanità (Roma).
- 24) Bayarri S, Turrio Baldassarri L, Iacovella N, Ferrara F, di Domenico A. PCDDs, PCDFs, PCBs and DDE in edible marine species from the Adriatic sea. *Chemosphere* 2001; 43: 601-610.
- 25) Ingelido AM, Abballe A, Biagini G et al. In-house validation of a time and cost-saving method for the determination of indicator PCBs and organochlorinated pesticides in human serum. *Organohalogen Compounds* 2008; 70: 71-74.
- 26) European Dioxin Inventory. 040207 Electric furnace steel plant. <http://ec.europa.eu/environment/dioxin/download.htm>.
- 27) Chen CM. The emission inventory of PCDD/PCDF in Taiwan. *Chemosphere* 2004; 54(10): 1413-1420.
- 28) Donato F, Magoni M, Bergonzi R et al. Exposure to polychlorinated biphenyls in residents near a chemical factory in Italy: the food chain as main source of contamination. *Chemosphere* 2006; 64(9): 1562-1572.
- 29) Turrio-Baldassarri L, Abate V, Battistelli CL et al. PCDD/F and PCB in human serum of differently exposed population groups of an Italian city. *Chemosphere* 2008; 73: S228-S234.
- 30) Cernà M, Kratenová J, Zejglicová K et al. Levels of PCDDs, PCDFs, and PCBs in the blood of the non-occupationally exposed residents living in the vicinity of a chemical plant in the Czech Republic. *Chemosphere* 2007; 67(9): S238-246.
- 31) Chen HL, Su HJ, Lee CC. Patterns of serum PCDD/Fs affected by vegetarian regime and consumption of local food for residents living near municipal waste incinerators from Taiwan. *Environ Int* 2006; 32: 650-655.
- 32) Fierens S, Mairesse H, Heilier JF et al. Impact of iron and steel industry and waste incinerators on human exposure to dioxin, PCBs, and heavy metals: results of a cross-sectional study on Belgium. *J Toxicol Environ Health* 2007; 70(3-4): 222-226.
- 33) Apostoli P, Magoni M, Bergonzi R et al. Assessment of reference values for polychlorinated biphenyl concentration in human blood. *Chemosphere* 2005; 61: 413-421.
- 34) De Felip E, Porpora M.G, di Domenico A, Ingelido A.M, Cardelli M, Cosmi E.V, et al. Dioxin-like compounds and endometriosis: A study on Italian and Belgian women of reproductive age. *Toxicology Letters* 2004; 150: 203-209.
- 35) Abballe A, Ballard TJ, Dellatte E, di Domenico A, Ferri F, Fulgenzi AR, et al. Persistent environmental contaminants in human milk: Concentrations and time trends in Italy. *Chemosphere* 2008; 73: S220-S227.
- 36) De Felip E, Abballe A, Casalino F et al. Serum levels of PCDDs, PCDFs and PCBs in non-occupationally exposed population groups living near two incineration plants in Tuscany, Italy. *Chemosphere* 2008; 72: 25-33.
- 37) De Felip E. E di Domenico A. Studio epidemiologico sullo stato di salute e sui livelli d'accumulo di contaminanti organici persistenti nel sangue e nel latte materno in gruppi di popolazione a differente rischio d'esposizione nella Regione Campania. Rapporto finale. 2010. Disponibile all'indirizzo: <http://speciali.espresso.repubblica.it/pdf/sebiorec2010.pdf>