



Sorveglianza sulla salute della
Popolazione nei pressi del
Termovalorizzatore di
Torino

Programma SPoTT Rapporto n° 10

Biomonitoraggio della popolazione residente nell'area limitrofa all'impianto di termovalorizzazione dei rifiuti di Torino

Risultati sui livelli di bioaccumulo di PCDD, PCDF e PCB dopo tre anni
dall'avvio dell'impianto

Febbraio 2019

Rapporto a cura di

Cristiana Ivaldi¹
Martina Gandini¹
Anna Laura Iamiceli²
Elena De Felip²
Enrico Procopio³
Giuseppe Salamina⁴
Carmen Dirita⁴

¹ Dipartimento Tematico di Epidemiologia e Salute Ambientale – ARPA Piemonte

² Istituto Superiore di Sanità - U.O. Esposizione Umana a Contaminanti Ambientali - Dipartimento Ambiente e Salute

³ Struttura Complessa Servizio Igiene e Sanità Pubblica - ASL TO3

⁴ Dipartimento della Prevenzione, Struttura Complessa Igiene e Sanità Pubblica - ASL Città di Torino

Il rapporto è condiviso nella metodologia, nei risultati e nei commenti dal Comitato Tecnico Scientifico del programma SPoTT:

Silvia Candela
Francesco Forastiere
Benedetto Terracini

Hanno collaborato alle diverse fasi descritte all'interno del presente Report:

ASL TO3- S.C. a D. U. Servizio Sovrazonale di Epidemiologia

Antonella Bena – Coordinatrice del Programma SPoTT
Elena Farina
Manuela Oreggia
Cristiano Piccinelli

ASL TO3- Struttura Complessa Servizio Igiene e Sanità Pubblica

Enrico Procopio
Nicola Suma

ASL TO1 (ora ASL Città di Torino)- Struttura Complessa Centro Controllo Malattie (ora SC ISP)

Giuseppe Salamina
Carmen Dirita

ARPA Piemonte - Dipartimento Tematico di Epidemiologia e Salute Ambientale

Martina Gandini
Cristiana Ivaldi
Moreno Demaria

Istituto Superiore di Sanità, Dipartimento Ambiente e Salute, U.O. Esposizione Umana a Contaminanti Ambientali

Vittorio Abate
Annalisa Abballe
Elena De Felip
Stefania Paola De Filippis
Elena Dellatte
Silvia De Luca
Fabiola Ferri
Anna Rita Fulgenzi
Nicola Iacovella
Anna Laura Iamiceli
Anna Maria Ingelido
Valentina Marra
Roberto Miniero
Silvia Valentini

L'organizzazione logistica, i prelievi biologici e le interviste sono stati effettuati da:

ASL TO1 – Poliambulatorio di Via Farinelli 25 “Presidio Valletta”, Torino

Carmen Dirita
Giulia Gambardella
Annalisa Giobergia
Agostino J. Nigretti
Donatella Nivello
Carmela Richichi
Sara Sconfienza

ASL TO3 – Poliambulatorio di Via Lanza, Grugliasco

Gaetano Montalcino
Laura Buttera
Doriana Rigotti
Daniela Calandra
Renata Donnarummo
Elena Picone
Paola Raffaghelli
Cinzia Rodella
Giovannina Ruii

Le analisi generali sui campioni biologici e la processazione della banca biologica sono state effettuate da:

ASL TO1 - Laboratorio centrale dell'Ospedale Oftalmico

Simona Cifoli
Paolo Contadin
Renata Murisciano
Maria Salvaggio
Maurizio Vana
Maura Zanellato

Le spirometrie sono state effettuate dalla *Scuola di Specializzazione in malattie dell'apparato respiratorio – Ospedale S. Luigi Gonzaga - Università di Torino.*

Mattia Chiesa
Carlotta Biglia
Giacomo Bonizzoni
Davide Dassetto
Luana Focaraccio
Elena Rindone



Si ringraziano i responsabili e il personale delle strutture che hanno collaborato alla realizzazione del programma:

Direzioni Generali, Sanitarie e Amministrative delle ASL T01 e T03

Dipartimento Integrato della Prevenzione dell'ASL T01 e il Dipartimento della Prevenzione dell'ASL T03

Struttura Complessa a Direzione Universitaria Servizio Sovrazonale di Epidemiologia - ASL T03

Laboratorio Analisi Presidio Ospedaliero Oftalmico di Torino

Poliambulatorio di via Farinelli 25 "Presidio Valletta", Torino

SC Logistica ed SC Gestione e Amministrazione Risorse Umane dell'ASLT01

Distretti Sanitari di Collegno dell'ASL T03



Indice

Introduzione	8
1. Il Contesto	10
1.1. L'impianto.....	10
1.2. Il programma SPoTT	10
1.3. Obiettivo del report 10	11
2. Materiali e Metodi.....	13
2.1. Disegno dello studio.....	13
2.2. Campionamento	14
2.3. Campione effettivo e misurazione dei parametri	15
2.3.1 <i>Procedure utilizzate per i prelievi</i>	17
2.4. Sostanze di interesse	17
2.5. Metodi di analisi chimica.....	20
2.6. Metodi statistici.....	22
3. Biomonitoraggio sui residenti.....	24
3.1. Descrizione generale del campione in studio.....	24
3.2. Descrizione generale del campione in studio per PCDD, PCDF e PCB.....	27
3.3. Stato di salute generale	29
3.4. Dose interna: PCDD, PCDF, DL-PCB, e NDL-PCB	39
3.4.1 <i>Risultati dopo 3 anni (T2)</i>	39
3.4.2 <i>Confronti dei risultati al T2 con il baseline (T0)</i>	47
3.5. Percezione del rischio	50
4. Biomonitoraggio umano negli allevatori.....	61
4.1 Descrizione del campione in studio e stato di salute	62
4.2 Risultati del biomonitoraggio negli allevatori	63
5. Discussione e conclusioni	68
Bibliografia.....	70

Sintesi del decimo rapporto di studio

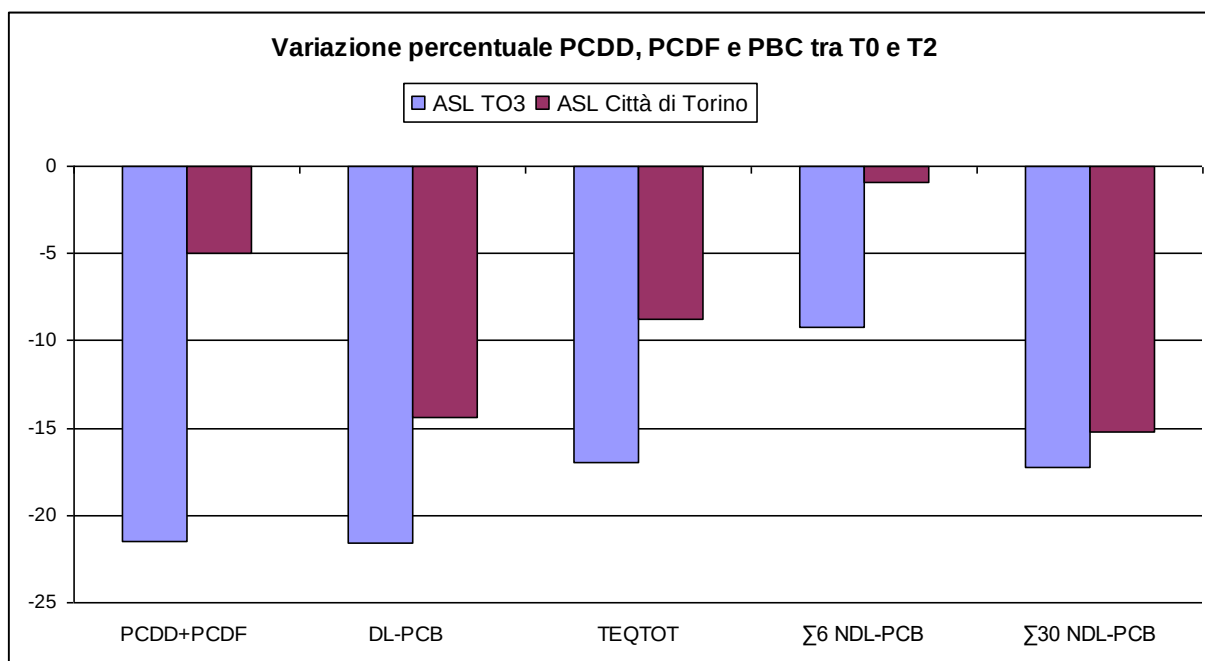
Lo studio di biomonitoraggio condotto sulla popolazione generale ha come obiettivo il riconoscimento di eventuali contaminazioni da sostanze tossiche, riferibili alle emissioni del termovalorizzatore di Torino. È stata considerata una serie di indicatori biologici di esposizione raccolti in un campione di residenti rappresentativo della popolazione dell'area metropolitana torinese. I risultati di tali indicatori sono stati comparati per area e per periodo temporale (prima e dopo l'entrata in funzione dell'inceneritore).

Il decimo report SPoTT presenta i risultati dello studio di biomonitoraggio effettuato sulla popolazione residente e sugli allevatori (con aziende situate in un raggio di 5 Km intorno all'impianto) per quanto riguarda policlorodibenzodiossine (PCDD), policlorodibenzofurani (PCDF) e policlorobifenili (PCB), dopo 3 anni dall'entrata in funzione dell'impianto (T2) e suddivisi in due aree (residenti nell'ASL TO3 in prossimità dell'impianto (esposti) e residenti nell'ASL Città di Torino in un'area lontana dall'impianto (non esposti)). Tali risultati sono stati messi a confronto con quelli delle analisi precedenti, condotte prima dell'avvio dell'impianto (T0). Inoltre sono stati determinati i comuni parametri ematochimici di base utili ad un inquadramento dello stato di salute generale, oltre che una selezione di test ormonali; infine è stata eseguita la misurazione della pressione arteriosa e della funzionalità respiratoria. Con un questionario sono stati raccolti dati anamnestici e individuali sulle abitudini alimentari e voluttuarie utili per l'interpretazione dei risultati, insieme a informazioni per la valutazione della percezione del rischio.

Per quanto concerne il confronto tra i due gruppi di popolazione al T2, non sono emerse differenze statisticamente significative tra residenti nell'ASL TO3 e residenti nell'ASL Città di Torino per tutti i composti organici considerati.

Analizzando l'andamento nel tempo, si è osservata una riduzione significativa delle concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB nella popolazione in studio al T2 rispetto alle concentrazioni misurate prima dell'avvio dell'impianto per entrambe le aree di esposizione (vedi figura sottostante).





Per quanto riguarda gli allevatori, anche al T2 i valori si riconfermano più alti rispetto alla popolazione maschile residente nelle due aree ma l'andamento nel tempo (confronto T2-T0) è comunque in diminuzione.

Sebbene i livelli di PCDD, PCDF, e PCB misurati siano molto bassi e con un trend in decremento, in considerazione della natura chimica di diossine e furani che sono persistenti organici con un tempo lungo di emivita e di presenza quindi nell'ambiente, al fine di monitorare nel tempo l'assenza del contributo del termovalorizzatore alla presenza di queste sostanze nell'ambiente e nella popolazione, si ritiene utile effettuare almeno un'altra misurazione nei prossimi anni.

Introduzione

Il presente rapporto è il decimo della collana dei report illustrativi dei risultati del *Programma SPoTT*, avviato nel 2013 con l'obiettivo di sorvegliare la salute dei residenti e dei lavoratori impegnati nell'impianto di incenerimento dei rifiuti di Torino ed è il sesto che riguarda il biomonitoraggio della popolazione residente nei pressi dell'impianto di termovalorizzazione. In particolare nel Report 2, che si trova sul sito di SPoTT (http://www.dors.it/spott_home.php), sono riportati tutti i risultati prima dell'avvio dell'impianto (T0) per quanto riguarda sia i metalli sia gli inquinanti organici, mentre nei report 3 e 5 sono presentati i risultati di metalli e OH-IPA dopo 1 anno di lavoro nell'impianto (T1); il Report 8 è invece relativo ai risultati dei metalli dopo 3 anni di lavoro nell'impianto (T2). Lo scopo è quello di monitorare e individuare eventuali effetti sulla salute e fornire indicazioni per la prevenzione.

La linea di attività riguardante il biomonitoraggio umano ha incluso, tra le sostanze di interesse prioritario, i composti organici persistenti quali diossine/furani e policlorobifenili.

Tutte le valutazioni fatte in questo report si riferiscono allo stato di salute e alle determinazioni ematiche di PCDD, PCDF, e PCB della popolazione residente e degli allevatori campionati effettuate a distanza di tre anni dall'avvio dell'inceneritore e le confronta con quelle effettuate prima dell'avvio. A differenza di quanto è avvenuto per i metalli e per gli OH-IPA, in cui le analisi sono state fatte al T0, al T1 e al T2, per PCDD, PCDF e PCB, che sono sostanze soggette a bioaccumulo, si è deciso di effettuare il prelievo dopo 3 anni per poter osservare variazioni potenzialmente attribuibili al termovalorizzatore. Dopo una breve descrizione delle sostanze di interesse e dei metodi, analitici e statistici, utilizzati, i capitoli 3 e 4 presentano e commentano i risultati riguardanti residenti e allevatori. I risultati riguardanti i lavoratori dell'impianto sono già stati pubblicati in un report specifico disponibile sul sito del programma (http://www.dors.it/spott_home.php).

Si rinvia ad un successivo documento la discussione sui risultati delle determinazioni degli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA).

Un gruppo di autori si è fatto carico della redazione di questo documento, ma è stato possibile realizzare le diverse attività del programma SPoTT solo grazie al contributo di un gran numero di persone cui va il riconoscimento generale per l'impegno e la professionalità con cui hanno partecipato al progetto.

Tutti i materiali sono stati condivisi nella metodologia, nelle procedure e negli esiti dal Comitato Tecnico Scientifico.

Data la delicatezza dei temi affrontati e la complessità delle azioni messe in campo, il programma SPoTT si è dotato di uno specifico piano di comunicazione nel cui ambito si colloca questo rapporto. È possibile porre ulteriori domande di chiarimento attraverso l'apposito indirizzo e-mail: rdl@epi.piemonte.it.



1. Il Contesto

1.1. L'impianto

Costruito tra il 2010 e il 2013 in località Gerbido, il termovalorizzatore di Torino è un impianto che incenerisce rifiuti urbani a valle della raccolta differenziata e rifiuti speciali assimilabili agli urbani, trasformando il calore prodotto dalla combustione, in energia elettrica e termica. L'impianto è stato autorizzato per ricevere rifiuti da tutta la provincia di Torino e da diverse regioni per un totale massimo di 421 mila tonnellate all'anno. Nel luglio 2015, il termovalorizzatore del Gerbido ha ottenuto dalla Città metropolitana la possibilità di aumentare la sua capacità fino a 490 mila tonnellate annue.

L'impianto si compone di un forno a griglia mobile a valle di tre linee gemelle ed indipendenti di conferimento rifiuti, con le uniche sezioni comuni relative allo stoccaggio/alimentazione ed alla conversione energetica (turbina e generatore). Esso dispone, inoltre, di un sistema di monitoraggio indipendente delle emissioni, costantemente sorvegliato da ARPA Piemonte in remoto.

L'impianto è entrato formalmente in attività a pieno regime il 1° maggio 2014, dopo una fase di test e collaudo prestazionale durata circa un anno.

1.2. Il programma SPoTT

SPoTT (acronimo per *Sorveglianza sulla salute della Popolazione nei pressi del Termovalorizzatore di Torino*) è un sistema di sorveglianza con l'obiettivo generale di valutare potenziali effetti avversi sulla salute dell'inquinamento ambientale nelle aree circostanti il termovalorizzatore di Torino. È attuato dalla Asl Città di Torino e Asl TO3 in collaborazione con ARPA Piemonte e Istituto Superiore di Sanità su mandato specifico della Provincia di Torino. L'organismo tecnico che regola le attività di SPoTT è il Gruppo di Lavoro il cui coordinamento è in capo alla dott.ssa Antonella Bena del Servizio Sovrazonale di Epidemiologia dell'ASL TO3.

Un **Comitato tecnico scientifico** ha funzione sia di garante delle metodologie e della pianificazione delle varie linee progettuali, sia di validazione dei risultati.

Il programma è organizzato in 4 linee progettuali (Bena et al 2016) che riguardano la popolazione residente e i lavoratori dell'impianto di incenerimento. Ognuna di esse è affidata, per competenza, a gruppi di specialisti appartenenti ai diversi Enti che compongono il Gruppo di Lavoro. Le 4 linee di attività sono:

- monitoraggio epidemiologico degli effetti a breve termine sulla salute della popolazione residente nell'area di ricaduta delle emissioni dell'impianto;
- sorveglianza epidemiologica degli effetti a lungo termine sulla salute della popolazione residente nell'area di ricaduta delle emissioni dell'impianto;
- monitoraggio biologico mediante misura di biomarcatori di esposizione (tema del presente rapporto);
- monitoraggio della salute dei lavoratori addetti all'impianto di termovalorizzazione del Gerbido

Conformemente a quanto richiesto dalla normativa vigente in tema di studi epidemiologici, al fine di tutelare i diritti, la sicurezza e il benessere delle persone coinvolte e di fornire pubblica garanzia di tale tutela, SPoTT è stato valutato e approvato dal Comitato Etico dell'AOU San Luigi Gonzaga di Orbassano.

1.3. Obiettivo del report 10

Lo studio di biomonitoraggio condotto sulla popolazione generale ha come obiettivo principale il riconoscimento di eventuali indicatori di esposizione riferibili alle emissioni dell'inceneritore di Torino. Sono stati misurati:

1. metalli pesanti nelle urine e, per la sola determinazione del Pb, nel sangue;
2. policlorobifenili totali, diossino-simili (PCBdl) e non diossino-simili (PCBndl) e diossine (PCDD/PCDF) nel sangue;
3. metaboliti idrossilati degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) nelle urine.

In un campione di residenti, rappresentativo della popolazione dell'area metropolitana torinese, e su un gruppo di 14 allevatori presenti nell'area vicino all'impianto tali indicatori sono comparati per area e per periodo temporale di esposizione (prima e dopo l'entrata in funzione dell'inceneritore). La fase T2 costituisce la fase conclusiva del programma SPoTT e prevede la valutazione di laboratorio degli stessi indicatori di esposizione indagati nelle fasi precedenti.

Nel presente rapporto sono presentati i risultati di policlorodibenzodiossine (PCDD), policlorodibenzofurani (PCDF) e policlorobifenili (PCB) e lo stato di salute generale della popolazione in studio dopo tre anni dall'entrata in funzione dell'impianto. L'obiettivo specifico del report 10 è di verificare se vi sono state variazioni significative delle concentrazioni di PCDD, PCDF e PCB a tre anni di distanza, confrontando in particolare le differenze tra le due aree di esposizione e con i risultati dei prelievi effettuati prima dell'avvio dell'impianto.

Le analisi sui metalli nelle urine sono già state oggetto del report 8, mentre le analisi sugli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) saranno presentate in un report successivo.



2. Materiali e Metodi

2.1. Disegno dello studio

Il disegno di studio è ibrido, con confronto del campione di popolazione selezionato (396 soggetti al T0), in tre periodi temporali (prima, dopo un anno e dopo tre anni dall'entrata in funzione dell'impianto) e in due aree di residenza (all'interno dell'area di ricaduta previsionale – definita dalle deposizioni previsionali secche dei metalli - ed esternamente da quest'area).

Il campione quindi costituisce complessivamente una coorte di popolazione seguita nel tempo con determinazioni ripetute dei parametri in studio e confronto sia temporale sia spaziale.

La coorte è stata divisa nei due bracci tradizionali di questo tipo di studio: esposti e non esposti. Lo studio è pertanto di tipo comparativo tra residenti nell'area previsionale di ricaduta delle emissioni del termovalorizzatore (gruppo di esposti, residenti nell'ASL TO3) e residenti in altra area (gruppo dei non esposti o gruppo di controllo, residenti nell'ASL Città di Torino). Il disegno di coorte utilizzato è schematizzato nella figura 2.1. Diossine e PCB sono stati determinati al tempo T0 e al tempo T2.

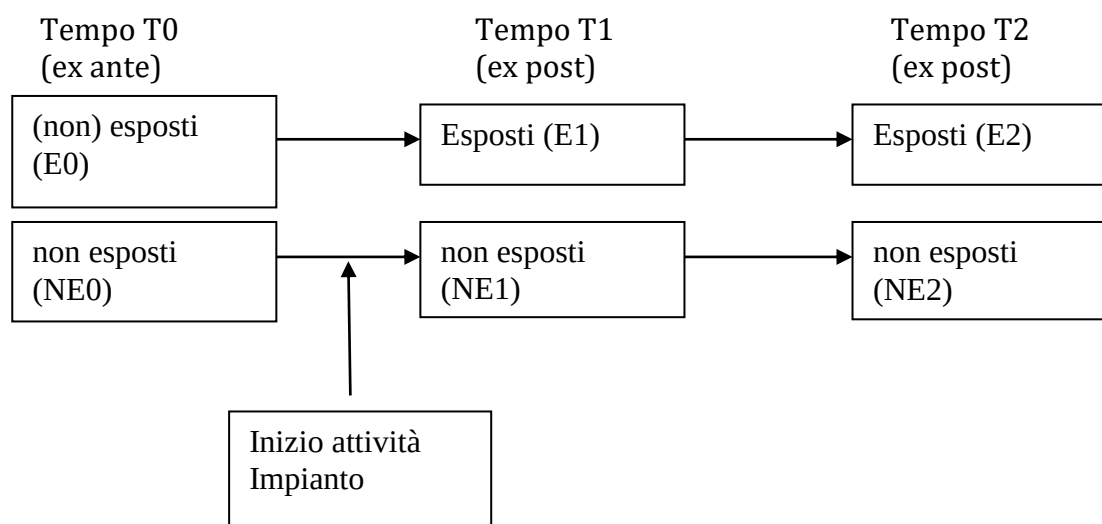


Fig. 2.1 Disegno dello studio per periodo di calendario ed esposizione.

Al tempo T2, per ciascun soggetto appartenente alle due categorie di esposizione, lo studio prevede, in analogia con gli step precedenti, la raccolta di un questionario su abitudini

Per lo studio di biomonitoraggio sono stati considerati esposti i residenti nelle aree con valori di esposizione a metalli superiori a 0,014 mg/m²/anno (aree di colore blu, verde scuro e rosa); non esposti i residenti in aree con valori di esposizione inferiore a 0,007 mg/m²/anno (area di colore verde chiaro e bianco).

È stata individuata una “area cuscinetto” (o di incertezza dato il modello previsionale elaborato prima della costruzione dell’impianto) per i valori compresi tra 0,007 e 0,014 mg/m²/anno (area di colore giallo) i cui residenti non sono ricompresi nel campione in studio.

Il gruppo di esposti è stato estratto a caso dalle anagrafi dei residenti dei comuni di Beinasco, Rivalta, Orbassano e Grugliasco (competenza ASL TO3). Il gruppo di controllo è stato estratto tra i residenti della circoscrizione 9 (Nizza Millefonti – Lingotto – Filadelfia) del Comune di Torino (competenza ASL Città di Torino). In entrambi i gruppi sono stati selezionati per l'estrazione solo i residenti nell'area da almeno 5 anni.

Alcune delle sostanze biomonitorate nello studio SPoTT, in quanto associate alle emissioni derivanti da processi di combustione, sono altamente lipofile e si bioaccumulano nella catena alimentare concentrandosi nel tessuto adiposo degli animali e dell'uomo. Gli allevatori che gestiscono le aziende presenti nell'area limitrofa al termovalorizzatore (in un'area di 5 km intorno all'impianto), per la tendenza a consumare prevalentemente le carni dei propri capi di allevamento, possono pertanto essere considerati a esposizione potenziale maggiore. In base a queste considerazioni, SPoTT ha coinvolto nel programma di biomonitoraggio anche un gruppo di allevatori la cui azienda agricola è compresa nel raggio di 5 Km intorno all'inceneritore. Sono stati esclusi gli allevamenti di suini, equini, di conigli e di asini. È stata esclusa l'Università di Torino che, pur essendo situata nella zona di massima ricaduta, difficilmente è soggetta a consumo diretto dei prodotti. I 14 allevatori coinvolti risiedono nei comuni dell'area metropolitana torinese comprendente Beinasco, Grugliasco, Orbassano, Rivalta e Rivoli.

2.3. Campione effettivo e misurazione dei parametri

Al tempo T0 sono stati arruolati nello studio 198 soggetti *esposti* (residenti nell'ASL TO3) e 196 soggetti *non esposti* (residenti nell'ASL Città di Torino) di età compresa tra i 35 ed i 69 anni. A tutti i soggetti partecipanti è stato richiesto il consenso per essere nuovamente

esaminati ai tempi T1 e T2. A tre anni dall'avvio dell'impianto (T2) l'87% dei soggetti ha partecipato alla seconda fase dello studio: 172 soggetti *esposti* e 172 soggetti *non esposti*.

Come già per la fase *ante operam*, in entrambi i gruppi sono stati rilevati i livelli di concentrazione nelle matrici biologiche di alcuni inquinanti (metalli, IPA, diossine e PCB) e sono stati stimati alcuni indicatori di salute, attraverso esami ematochimici di base, prove di funzionalità respiratoria e misurazione della pressione arteriosa.

Per i PCDD, PCDF e PCB il protocollo dello studio ha previsto che la determinazione delle concentrazioni ematiche al T0 di questi inquinanti venisse effettuata su 50 dei 198 soggetti arruolati per il biomonitoraggio e residenti nel territorio dell'ASLT03 e su 50 dei 196 soggetti arruolati per il biomonitoraggio e residenti nel territorio dell'ASL Città di Torino, omogeneamente selezionati per sesso ed età e ripetuta dopo 3 anni. Al T2 hanno risposto positivamente 41 soggetti dell'ASL T03 e 44 soggetti dell'ASL Città di Torino.

Allo scopo di evitare diversità nelle procedure di reperimento tra le due ASL, un'unica equipe ha gestito le attività di arruolamento dei residenti campionati nei due territori.

Nella prima settimana di maggio 2016 sono state inviate le lettere ai 194 soggetti campionati tra i residenti della ASL T03 (comuni di Beinasco, Grugliasco, Orbassano e Rivalta) e ai 186 soggetti campionati tra i residenti della ASL Città di Torino; parallelamente sono stati ricontattati i 13 allevatori che hanno partecipato alla fase T0.

Il periodo di biomonitoraggio si è concentrato principalmente tra giugno e luglio. In caso di indisponibilità è stata offerta la possibilità di presentarsi anche ad inizio settembre, al fine di favorire il più possibile l'adesione. Tra i motivi di indisponibilità si registrano rispettivamente 16 residenti nell'ASL T03 e 15 residenti nell'ASL Città di Torino non più interessati o contrari allo studio, mentre 10 individui nell'ASL T03 e 9 nell'ASL Città di Torino risultano deceduti.

Un totale di 344 residenti (172 soggetti residenti nell'area di esposizione e 172 nell'area non esposta) con un'età media di 55.2 anni, sui 396 iniziali al T0, ha partecipato anche alla fase di arruolamento T2 (86.9% rispetto alla fase iniziale) come evidenziato in tabella 3.1; di questi, 170 sono femmine e 174 maschi. Una perdita maggiore al follow-up si è registrata tra le femmine (29 perse su un totale di 199 presenti al T1, contro 21 individui di sesso maschile persi su un totale di 195 presenti al T1). Non si registrano variazioni significative nella distribuzione per fascia di età per quanto riguarda i soggetti persi tra il T0 e

il T2 (tabelle 2.1 e 2.2), pertanto non sono pregiudicati i confronti temporali e spaziali eseguiti.

Tab. 2.1: Distribuzione dei soggetti presenti al T2 o persi divisi per sesso

	<i>Femmine</i>	<i>Maschi</i>	<i>Totale</i>
<i>Presente al T2</i>	170 (49.4%)	174 (50.6%)	344 (100%)
<i>Perso tra il T0 e il T2</i>	29 (58%)	21 (42%)	50 (100%)

Tab. 2.2: Distribuzione dei soggetti presenti al T2 o persi divisi per classe di età al T0

	<i>31-40</i>	<i>41-50</i>	<i>51-60</i>	<i>61-70</i>	<i>Totale</i>
<i>Presente al T2</i>	51 (14.8%)	104 (30.2%)	102 (29.7%)	87 (25.3%)	344 (100%)
<i>Perso tra il T0 e il T2</i>	5 (10%)	16 (32%)	14 (28%)	15 (30%)	50 (100%)

2.3.1 Procedure utilizzate per i prelievi

Le procedure utilizzate sono descritte in dettaglio nel protocollo di studio – Fase T2, disponibile sul sito SpoTT (<http://www.dors.it/alleg/spott/201606/protocollo%20SPoTT%20T2%20def.pdf>).

Sul gruppo di popolazione coinvolto, è stato prelevato un campione di sangue, pari a 50 ml (7 provette di Vacutainer per sierologia). I campioni prelevati sono stati centrifugati entro sei ore dal prelievo. Il siero ottenuto è poi stato trasferito da ciascuna delle 7 provette in un'unica provetta Falcon in PFTE da 50 ml e congelato a 20°C fino alla spedizione.

2.4. Sostanze di interesse

Policlorodibenzodiossine (PCDD), policlorodibenzofurani (PCDF), e policlorobifenili (PCB) sono famiglie di composti chimici costituite da un elevato numero di congeneri — rispettivamente 75, 135, e 209 — distinti tra loro per il numero e la posizione degli atomi di cloro sugli anelli aromatici.

La presenza spontanea di PCDD e PCDF, per la cui formazione involontaria è riconosciuta l'importanza dei processi di combustione (Bumb et al, 1980), è stata fortemente accentuata nell'ultimo secolo dalle attività antropogeniche, in particolare come effetto

collaterale dell'espansione dell'impiego della chimica del cloro. Al contrario, i PCB sono sostanze industriali di sintesi destinate a impieghi diversi e prodotte in grande quantità per vari decenni.

I composti predetti — con grado di clorosostituzione maggiore di tre — condividono alcune caratteristiche chimico-fisiche tra cui una sensibile persistenza nell'ambiente e negli organismi animali (emivite dell'ordine degli anni), un marcato potenziale di bioaccumulo, e una forte tendenza a bioconcentrare nella catena alimentare raggiungendo livelli consistenti nei grandi predatori e nell'essere umano. La persistenza ambientale e biologica associata all'ampia gamma di effetti avversi osservati sia nella sperimentazione animale sia in indagini epidemiologiche, li pongono fra i contaminanti ambientali a maggior significato tossicologico ed espositivo (Sharshi e Kulshrestha, 1997; Armin e Jorg, 2000; Yu et al., 2006).

Gli effetti tossici delle tre famiglie di congeneri sono legati al grado e tipo di clorosostituzione. Fra i 210 congeneri che compongono le famiglie delle PCCD e dei PCDF, solo 17 — quelli clorosostituiti nelle posizioni 2, 3, 7, e 8 (spesso indicati come “diossine” e riportati in Tabella 2.3) — hanno interesse tossicologico a causa del loro potenziale cancerogeno e dei possibili effetti sulla riproduzione e sul sistema immunitario (IARC, 1997). L'esposizione a lungo termine a questi composti può portare a disordini dello sviluppo nei bambini e a cancro e ad altre patologie negli adulti (EFSA, 2005). Il meccanismo d'azione di questi 17 congeneri è comune anche ai 12 PCB diossina-simili (DL-PCB) (Tabella 2.1) identificati dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) (Van den Berg et al., 1998, 2006): di questi, quattro sono noti come “coplanari” o “non-orto-sostituiti” (PCB 77, 81, 126, 169) e otto come “mono-orto-sostituiti” (PCB 105, 114, 118, 123, 156, 157, 167, 189).

Il più tossico fra i 29 congeneri con attività diossina-simile è la 2,3,7,8-tetraclorodibenzodiossina (2,3,7,8-T₄CDD), classificata dalla IARC (1997) nel Gruppo 1 (cancerogeno per l'essere umano); il potenziale tossicologico relativo degli altri congeneri è fornito dai sistemi TEF (toxicity equivalency factors), nei quali il TEF della 2,3,7,8-T₄CDD è posto pari a 1. Tra le varie scale di tossicità relativa esistenti, la più utilizzata negli ultimi anni è quella adottata dalla WHO nel 1997 (Tabella 2.3). Nel 2005 i valori TEF per i 29 congeneri d'interesse sono stati rivalutati, con successiva adozione, dal gruppo di esperti della WHO (Tabella 2.1) (Van den Berg et al., 1998, 2006).

Tabella 2.3 Fattori di tossicità equivalente (TEF) per la valutazione/gestione del rischio relativo a PCDD, PCDF, e DL-PCB in conformità WHO (Van den Berg et al., 1998, 2006).

Congenere	WHO-TEF ₉₇	WHO-TEF ₀₅
PCDD		
2,3,7,8-T ₄ CDD	1	1
1,2,3,7,8-P ₅ CDD	1	1
1,2,3,4,7,8-H ₆ CDD	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-H ₆ CDD	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-H ₆ CDD	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-H ₇ CDD	0.01	0.01
O ₈ CDD	0.0001	0.0003
PCDF		
2,3,7,8-T ₄ CDF	0.1	0.1
1,2,3,7,8-P ₅ CDF	0.05	0.03
2,3,4,7,8-P ₅ CDF	0.5	0.3
1,2,3,4,7,8-H ₆ CDF	0.1	0.1
1,2,3,6,7,8-H ₆ CDF	0.1	0.1
1,2,3,7,8,9-H ₆ CDF	0.1	0.1
2,3,4,6,7,8-H ₆ CDF	0.1	0.1
1,2,3,4,6,7,8-H ₇ CDF	0.01	0.01
1,2,3,4,7,8,9-H ₇ CDF	0.01	0.01
O ₈ CDF	0.0001	0.0003
DL-PCB non-orto-sostituiti		
PCB 77	0.0001	0.0001
PCB 81	0.0001	0.0003
PCB 126	0.1	0.1
PCB 169	0.01	0.03
DL-PCB mono-orto-sostituiti		
PCB 105	0.0001	0.00003
PCB 114	0.0005	0.00003
PCB 118	0.0001	0.00003
PCB 123	0.0001	0.00003
PCB 156	0.0005	0.00003
PCB 157	0.0005	0.00003
PCB 167	0.00001	0.00003
PCB 189	0.0001	0.00003

Tramite i TEF, i risultati analitici dei 29 congeneri con attività diossina-simile possono essere convertiti in quantità o concentrazioni analitico-tossicologiche congruenti, ovvero, in equivalenti di tossicità di 2,3,7,8-T₄CDD o TE (nel seguito espresse su base lipidica (lb)):

$$[\text{congenere, pg/g lb}] \times \text{TEF}_{\text{CONGENERE}} = [\text{congenere, pgTE/g lb}]$$

Con tale conversione, possono essere forniti TE cumulativi relativi a varie combinazioni di congeneri (es.: PCDD+PCDF, DL-PCB, PCDD+PCDF+DL-PCB (TEQ_{TOT})). Nel presente studio, per i dati cumulativi TE sono stati impiegati i TEF del 1997, soprattutto per l'esigenza di confrontare i risultati ottenuti con dati già a disposizione nella letteratura scientifica,

particolarmente numerosi come WHO-TE₉₇ (a parità di concentrazioni analitiche dei congeneri con attività diossina-simile, i valori cumulativi dei TE₀₅ sono generalmente sottostimati rispetto ai corrispondenti TE₉₇).

Con riferimento ai TEF del 1997, la Commissione Europea ha adottato un tolerable weekly intake pari a 14 pgTE/kg-bw alla settimana (EC SCF, 2001), corrispondente a un tolerable daily intake pari a 2 pgTE/kg-bw al giorno. Secondo alcune stime, l'esposizione media per via alimentare a PCDD+PCDF+DL-PCB della popolazione generale in vari Paesi industrializzati, Italia inclusa, appare confrontabile con la linea-guida predetta (Fattore et al., 2006).

I PCB cui non è riconosciuto un meccanismo d'azione diossina-simile (NDL-PCB) esercitano il loro potenziale tossicologico tramite meccanismi differenti da PCDD, PCDF, e DL-PCB; tuttavia, la loro tossicità non è ancora completamente caratterizzata (EFSA, 2005). Per molti NDL-PCB è stata dimostrata un'attività immunotossica e la capacità d'interferire con l'omeostasi endocrina. In particolare, per alcuni congeneri è stata dimostrata in vitro e in vivo un'azione simil-estrogenica e tireostatica (COM, 2001). I loro effetti tossici si manifestano soprattutto sul sistema nervoso in fase di sviluppo e sulle funzioni dei neurotrasmettitori (EFSA, 2005). Recentemente l'International Agency for Research on Cancer (IARC) ha classificato i PCB come cancerogeni per l'uomo (Gruppo 1); queste valutazioni saranno descritte nel volume 107 delle Monografie IARC di prossima pubblicazione. Non vi sono linee-guida di sicurezza sanitaria in relazione alla loro assunzione tramite la dieta.

2.5. Metodi di analisi chimica

Le sostanze selezionate per il presente studio sono elencate in Tabella 2.4 e includono:

a) 17 congeneri tossici di PCDD e PCDF; b) 12 congeneri di DL-PCB; c) 30 congeneri di NDL-PCB (Σ_{30} NDL-PCB) comprendenti i sei congeneri cosiddetti "indicatori" (Σ_6 NDL-PCB).

Tab. 2.4: Congeneri di PCDD, PCDF, DL-PCB, e NDL-PCB rilevanti per lo studio.

Congeneri	No. CAS	Congeneri	No. CAS
PCDD e PCDF		NDL-PCB	
2,3,7,8-T ₄ CDD	1746-01-6	PCB 18	37680-65-2
1,2,3,7,8-P ₅ CDD	40321-76-4	PCB 28	7012-37-5
1,2,3,4,7,8-H ₆ CDD	39227-28-6	PCB 31	16606-02-3
1,2,3,6,7,8-H ₆ CDD	57653-85-7	PCB 33	38444-86-9
1,2,3,7,8,9-H ₆ CDD	19408-74-3	PCB 49	41464-40-8
1,2,3,4,6,7,8-H ₇ CDD	35822-46-9	PCB 52	35693-99-3
1,2,3,4,6,7,8,9-O ₈ CDD	3268-87-9	PCB 66	32598-10-0
2,3,7,8-T ₄ CDF	51207-31-9	PCB 70	32598-11-1
1,2,3,7,8-P ₅ CDF	57117-41-6	PCB 74	32690-33-0
2,3,4,7,8-P ₅ CDF	57117-31-4	PCB 91	68194-05-8
1,2,3,4,7,8-H ₆ CDF	70648-26-9	PCB 95	38379-99-6
1,2,3,6,7,8-H ₆ CDF	57117-44-9	PCB 99	38380-01-7
1,2,3,7,8,9-H ₆ CDF	72918-21-9	PCB 101	37680-73-2
2,3,4,6,7,8-H ₆ CDF	60851-34-5	PCB 110	38380-03-9
1,2,3,4,6,7,8-H ₇ CDF	67562-39-4	PCB 128	38380-07-3
1,2,3,4,7,8,9-H ₇ CDF	55673-89-7	PCB 138	35065-28-2
1,2,3,4,6,7,8,9-O ₈ CDF	39001-02-0	PCB 141	52712-04-6
		PCB 146	51908-16-8
DL-PCB		PCB 149	38380-04-0
PCB 77 ^a	32598-13-3	PCB 151	52663-63-5
PCB 81 ^a	70362-50-4	PCB 153	35065-27-1
PCB 126 ^a	57465-28-8	PCB 170	35065-30-6
PCB 169 ^a	32774-16-6	PCB 174	38411-25-5
PCB 105 ^b	32598-14-4	PCB 177	52663-70-4
PCB 114 ^b	74472-37-0	PCB 180	35065-29-3
PCB 118 ^b	31508-00-6	PCB 183	52663-69-1
PCB 123 ^b	65510-44-3	PCB 187	52663-68-0
PCB 156 ^b	38380-08-4	PCB 194	35694-08-7
PCB 157 ^b	69782-90-7	PCB 196	42740-50-1
PCB 167 ^b	52663-72-6	PCB 203	52663-76-0
PCB 189 ^b	39635-31-9		

(a) DL-PCB non-*orto*-sostituiti.(b) DL-PCB mono-*orto*-sostituiti.

I metodi analitici comunemente utilizzati per la determinazione delle sostanze sopra citate, si basano sul principio che sostanze altamente lipofile quali PCDD, PCDF, e PCB siano prevalentemente associate alla frazione lipidica. Pertanto, le procedure estrattive impiegate sono finalizzate all'estrazione quantitativa della frazione lipidica nella quale successivamente sono determinati i contaminanti. La loro concentrazione è convenzionalmente espressa su base lipidica (lb).

Il metodo analitico utilizzato nel presente studio è basato su protocolli interni (De Felip et al., 2014) e in accordo con i metodi della US EPA sviluppati per la determinazione di PCDD e PCDF (Metodo 1613B, 1994) e di PCB (Metodo 1668C, 2010). Le procedure analitiche sono sistematicamente verificate tramite la partecipazione a circuiti d'intercalibrazione internazionali.

Il rilevamento delle sostanze avviene attraverso l'impiego di standard interni (SI), marcati con ^{13}C , che vengono aggiunti al campione prima di qualsiasi operazione analitica, ed eventualmente prima di passaggi analitici intermedi ritenuti critici.

Dopo scongelamento e omogeneizzazione su vortex, ogni campione è stato addizionato con quantità note di SI e lasciato riposare per 12–24 h. Successivamente il campione è stato prima sottoposto a denaturazione mediante miscela *iso*-propanolo e acido formico e poi dibattuto con *n*-esano per estrarre la frazione lipidica.

Gli estratti organici sono stati concentrati e sottoposti a purificazione tramite passaggio sul sistema automatizzato LCTech per il frazionamento degli analiti d'interesse (PCDD, PCDF, DL-PCB e NDL-PCB).

La quantificazione congenere-specifica avviene mediante HRGC-HRMS in modalità SIM.

L'analisi dei campioni è stata accompagnata da quella di "bianchi procedurali" per la valutazione delle interferenze.

L'incertezza analitica (CV%) sulla determinazione del singolo congenere è stata stimata inferiore a ca. $|\pm 10\%|$ per quantità iniettate superiori al LOQ, e inferiori a ca. $|\pm 25\%|$ per quelle dell'ordine del LOD. Per quanto concerne l'incertezza estesa sulle stime cumulative medium bound (MB, analitiche e TEQ) stimata utilizzando $k = 2$ ($\text{CV}\% \times 2$), essa risulta non superiore a $|\pm 30\%|$.

L'affidabilità analitica è stata garantita attraverso il controllo sistematico delle rese di recupero degli SI utilizzando come soglia di accettabilità il 20 % e come intervallo raccomandato 40–130 %, e attraverso l'analisi di campioni di controllo.

La normalizzazione mediante l'uso dei TEF precedentemente descritto consente di esprimere il contenuto di PCDD, PCDF, e/o DL-PCB come somma di tutte le concentrazioni analitico-tossicologiche. Qualora uno o più congeneri non siano determinabili — ovvero siano al di sotto del limite di quantificazione ($<\text{LOQ}$) — la somma dei risultati analitici è stata eseguita come stima cumulativa medium bound (MB), corrispondente al seguente trattamento dei dati non quantificabili ($<\text{LOQ}$): $\text{LOQ} \times 0.5$.

2.6. Metodi statistici

L'analisi statistica dei dati è stata effettuata con i programmi Microsoft Excel, SAS 9.3 ed R 3.4.2. La caratterizzazione delle distribuzioni dei dati è stata effettuata mediante parametri standard come mediana (P_{50}), media aritmetica, media geometrica (GM) e stime dei percentili.

A causa dell'assenza di normalità delle distribuzioni delle sostanze studiate (test di Shapiro-Wilk) sono stati utilizzati test non parametrici quali il test di Spearman per lo studio di correlazione fra coppie di variabili e il test di Mann-Whitney per dati non appaiati per la valutazione della differenza fra due gruppi di dati (sono state considerate statisticamente significative differenze associate a valori di P inferiori a 0.05). Quando possibile, le analisi statistiche sono state condotte sia a partire dai dati aggregati sia dai dati stratificati per alcune variabili di interesse quali l'età, il genere, l'indice di massa corporea (BMI), l'esposizione al fumo e a traffico autoveicolare. Sulla base del BMI calcolato a partire dai dati raccolti durante la visita medica ($\text{peso in Kg}/(\text{altezza in m})^2$) ciascun soggetto partecipante allo studio è stato classificato come 'normopeso' (BMI, < 25), 'sovrappeso' (BMI, 25–29) o 'obeso' (BMI, ≥ 30).

I livelli di cotinina urinaria sono stati utilizzati per valutare l'esposizione al fumo di tabacco. Indipendentemente da quanto dichiarato nel questionario somministrato al soggetto nel momento del reclutamento, i soggetti con concentrazioni urinarie di cotinina inferiori a 1 ng/mL sono stati classificati come 'non fumatori', quelli con livelli di cotinina compresi tra 1 e 50 ng/mL come 'esposti al fumo', quelli con livelli di cotinina al di sopra di 50 ng/mL sono stati classificati come 'forti fumatori'.

Il consumo di alcool è stato stimato in termini di unità alcoliche assunte, sulla base delle quantità di vino, super alcolici e birra bevute. È stato definito 'esposto all'alcool' un soggetto che consuma più di due unità alcoliche al giorno, viceversa 'non esposto all'alcool' chi consuma meno di due unità.

Sulla base delle informazioni raccolte attraverso il questionario è stato definito anche un indicatore di esposizione a traffico autoveicolare che tiene conto della prossimità dell'abitazione del soggetto a strade a intenso traffico veicolare e del tempo trascorso nel traffico giornalmente.

Tutti i risultati cumulativi relativi a PCDD, PCDF, e PCB sono stati espressi secondo l'approccio MB descritto nella Sezione 3.1.

Al fine di correggere per eventuali confondenti, quando necessario, sono state condotte delle regressioni lineari multivariate dopo log-trasformazione dei dati. Per provare ad investigare le possibili differenze nei valori di PCDD, PCDF e PCB tra T0 e T2 sono state considerate le seguenti variabili derivabili dal questionario: consumo di alimenti di origine animale (assunzione di carne, pesce o uova), consumo di prodotti locali, uso regolare di alcuni prodotti (smacchiatori, vernici, colle/mastici, solventi/sverniciatori, pesticidi/insetticidi).

3. Biomonitoraggio sui residenti

3.1. Descrizione generale del campione in studio

Sono qui descritti e commentati i principali risultati riguardanti lo stato di salute generale e le concentrazioni ematiche di PCDD, PCDF, e PCB a tre anni dall'avvio del termovalorizzatore. Nell'appendice A sono riportate le tabelle descrittive di maggiore dettaglio.

I due gruppi di residenti risultano uguali per la distribuzione per sesso e fasce d'età (tabelle 3.1, 3.2, 3.3). La percentuale più consistente di soggetti dell'ASL TO3 risiede nel comune di Beinasco (42,4%), nessun residente ad Orbassano è risultato estratto dalla procedura di campionamento causale effettuata, pur avendo incluso il comune tra quelli potenzialmente eleggibili. Per quanto riguarda la zona di nascita, più della metà dei soggetti è nato in un comune del Piemonte (59,9 %), a seguire la maggior parte dei campionati è nata al sud e nelle isole (28,5%), tale distribuzione è simile in entrambi i gruppi (tabella 3.4).

Tab. 3.1: Distribuzione soggetti in studio per sesso e ASL di residenza

<i>ASL</i>	<i>Maschi</i>	<i>%</i>	<i>Femmine</i>	<i>%</i>	<i>Totale</i>	<i>%</i>
<i>Residenti ASL TO3</i>	85	48,9%	87	51,2%	172	50%
<i>Residenti ASL Città di Torino</i>	89	51,1%	83	48,8%	172	50%
<i>totale</i>	174	100%	170	100%	344	100%

Tab. 3.2: Distribuzione soggetti in studio per Comune e ASL di residenza

<i>Comune</i>	<i>ASL</i>	<i>Numero</i>	<i>%</i>
<i>Torino</i>	<i>ASL Città di Torino</i>	172	50%
<i>Beinasco</i>	<i>ASL TO3</i>	146	42,4%
<i>Grugliasco</i>	<i>ASL TO3</i>	17	4,9%
<i>Rivalta</i>	<i>ASL TO3</i>	9	2,7%
<i>totale</i>	<i>ASL TO3</i>	344	100%

Tab. 3.3: Distribuzione soggetti in studio per sesso, età e zona di residenza

	<i>classi d'età</i>	<i>maschi</i>	<i>%</i>	<i>femmine</i>	<i>%</i>	<i>totale</i>	<i>%</i>
<i>Residenti ASL T03</i>	<i>≤50</i>	29	16,9%	29	16,9%	58	33,7%
	<i>51-60</i>	32	18,6%	26	15,1%	58	33,7%
	<i>>60</i>	24	14,0%	32	18,6%	56	32,6%
	<i>totale</i>	85	49,4%	87	50,6%	172	100%
<i>Residenti ASL Città di Torino</i>	<i>≤50</i>	31	18,0%	28	16,3%	59	34,3%
	<i>51-60</i>	25	14,5%	28	16,3%	53	30,8%
	<i>>60</i>	33	19,2%	27	15,7%	60	34,9%
	<i>totale</i>	89	51,7%	83	48,3%	172	100%

Tab. 3.4: Distribuzione soggetti in studio per zona di nascita

<i>Comune</i>	<i>Numero</i>	<i>%</i>
<i>Piemonte</i>	206	59,9%
<i>Nord Ovest Piemonte escluso</i>	8	2,3%
<i>Nord Est</i>	9	2,6%
<i>Centro</i>	5	1,4%
<i>Sud e Isole</i>	98	28,5%
<i>Esteri</i>	18	5,2%

Anche per i rispondenti al T2 si conferma il possesso nel campione di un titolo di studio più elevato nel gruppo dei non esposti (tabella 3.5).

La distribuzione per stato civile è da considerarsi uguale nei due gruppi, con la prevalenza di soggetti sposati o conviventi (tabella 3.6).

Tab. 3.5: Distribuzione soggetti in studio per titolo di studio e zona di residenza

	<i>ASL T03</i>	<i>%</i>	<i>ASL Città di Torino</i>	<i>%</i>	<i>totale</i>	<i>%</i>
<i>licenza elementare</i>	6	3,5%	9	5,4%	15	4,5%
<i>licenza medie inf.</i>	64	37,6%	38	37,2%	102	30,4%
<i>diploma medie sup.</i>	82	48,2%	78	47,0%	160	47,6%
<i>laurea o diploma univ.</i>	18	10,6%	41	24,7%	59	17,6%
<i>totale*</i>	170	50,6%	166	49,4%	336	100,0%

*Per 8 soggetti l'informazione risulta mancante al T2

Tab. 3.6: Distribuzione soggetti in studio per stato civile e zona di residenza

	ASL TO3	%	ASL Città di Torino	%	Totale	%
<i>celibe/nubile</i>	14	8,2	27	15,7	41	12,0
<i>sposato/convivente</i>	135	79,4	122	70,9	257	75,2
<i>separato/divorziato</i>	14	8,2	15	8,7	29	8,5
<i>vedovo/a</i>	4	2,4	6	3,5	10	2,9
<i>missing</i>	4	1,8	3	1,8	7	1,5
<i>totale</i>	171	100,0	173	100,0	344	100,0

Per quanto riguarda il fumo (tabelle 3.7 e 3.8), la maggior parte dei campionati risulta non essere fumatore (81.4%), con frequenze sovrapponibili nei due gruppi. Tra i fumatori c'è una prevalenza di residenti nell'ASL TO3, in particolare nel sesso maschile (la differenza non è statisticamente significativa). Nella fascia di età più giovane (meno di 50 anni) la percentuale di maschi è quattro volte quella dei soggetti di sesso femminile.

Tab. 3.7: Distribuzione soggetti in studio per abitudini al fumo, sesso e zona di residenza

		ASL TO3	%	ASL Città di Torino	%	Totale	%
<i>Fumatore</i>	<i>maschi</i>	14	41,2	8	23,5	22	64,7
	<i>femmine</i>	6	17,7	6	17,7	12	35,3
	<i>totale</i>	20	58,8	14	41,2	34	100,0
<i>Esposto a fumo</i>	<i>maschi</i>	5	16,7	11	36,7	16	53,3
	<i>femmine</i>	4	13,3	10	33,3	14	46,7
	<i>totale</i>	9	30,0	21	70,0	30	100,0
<i>Non fumatore</i>	<i>maschi</i>	66	23,6	70	25,0	136	48,6
	<i>femmine</i>	77	27,5	67	23,9	144	51,4
	<i>totale</i>	143	51,1	137	48,9	280	100,0

Tab. 3.8: Distribuzione soggetti in studio per abitudini al fumo, sesso ed età

	Classi d'età	Fumatore	%	Esposto a fumo	%	Non fumatore	%	totale	%
<i>Maschi</i>	<i>≤50</i>	12	35,3	7	23,3	41	14,6	60	17,4
	<i>51-60</i>	6	17,6	3	10,0	48	17,1	57	16,6
	<i>>60</i>	4	11,8	6	20,0	47	16,8	57	16,6
	<i>totale</i>	22	64,7	16	53,3	136	48,6	174	50,6
<i>Femmine</i>	<i>≤50</i>	3	8,8	3	10,0	51	18,2	57	16,6
	<i>51-60</i>	6	17,7	7	23,3	41	14,6	54	15,7
	<i>>60</i>	3	8,8	4	13,3	52	18,6	59	17,2
	<i>totale</i>	12	36,3	14	46,7	144	51,4	170	49,4

Il consumo di alcol risulta omogeneo tra le due ASL; esattamente come è stato riportato nelle analisi al T0 le femmine dimostrano una bassissima propensione a consumare bevande alcoliche in entrambi i gruppi (tabelle 3.9 e 3.10).

Come rilevato in altri studi, anche in questo caso la maggiore propensione all'alcool si sposa con la maggiore propensione al fumo.

Tab. 3.9: Distribuzione soggetti in studio per consumo alcool sesso e zona di residenza

		ASL TO3	%	ASL Città di Torino	%	Totale	%
<i>Esposto alcool</i>	<i>maschi</i>	33	38,8	34	40,0	67	78,8
	<i>femmine</i>	9	10,6	9	10,6	18	21,2
	<i>totale</i>	42	49,4	43	50,6	85	100,0
<i>Non esposto alcool</i>	<i>maschi</i>	52	30,1	55	21,2	107	58,7
	<i>femmine</i>	78	20,1	74	28,6	152	41,3
	<i>totale</i>	130	50,2	129	49,8	259	100,0

Tab. 3.10: Distribuzione soggetti in studio per consumo alcool, per sesso e classi d'età

	Classi d'età	Esposto ad alcool	%	Non esposto ad alcool	%	Totale	%
<i>Maschi</i>	<i>≤50</i>	25	29,4	35	13,5	60	17,4
	<i>51-60</i>	21	24,7	36	13,9	57	16,6
	<i>>60</i>	21	24,7	36	13,9	57	16,6
	<i>totale</i>	67	78,8	107	41,3	174	50,6
<i>Femmine</i>	<i>≤50</i>	7	8,2	50	19,3	57	16,6
	<i>51-60</i>	8	9,4	46	17,8	54	15,7
	<i>>60</i>	3	3,5	56	21,6	59	17,2
	<i>totale</i>	18	21,2	152	58,7	170	49,4

3.2. Descrizione generale del campione in studio per PCDD, PCDF e PCB

Le determinazioni di PCDD, PCDF, e PCB sono state fatte su un sottogruppo di residenti. Al T0 erano stati analizzati 102 campioni di siero. Di questi soggetti, 85 hanno risposto positivamente al T2, corrispondenti all'83,3% del campione iniziale. Per l'ASL Città di Torino hanno aderito 41 soggetti, mentre per l'ASL TO3 hanno aderito 44 soggetti. Pur considerando

la perdita al follow-up, i due gruppi di residenti continuano a risultare bilanciati per sesso e per età media (tabella 3.11).

Pur non rilevandosi differenze statisticamente significative nella distribuzione per esposizione a fumo, la prevalenza di fumatori è maggiore nell'ASL Città di Torino (tabella 3.13). L'indice di massa corporea (BMI) invece non risulta diverso tra le due ASL. L'età media nei due gruppi è confrontabile (45,6 anni negli esposti e 45,2 nei non esposti).

Nel sottocampione di 85 soggetti, 41 sono di sesso femminile (48,2% del totale) e 44 sono di sesso maschile (51,8% del totale).

Tab. 3.11: Soggetti selezionati fra la popolazione residente nei pressi del termovalbrizzatore della provincia di Torino (Gerbido) nel periodo Giugno–Luglio 2013 per la determinazione di PCDD, PCDF, e PCB in campioni di sangue (siero) umano e richiamati al T2. Distribuzione dei soggetti per le variabili in studio: sesso, fasce d'età, esposizione al fumo (concentrazione di cotinina urinaria) e BMI.

		NASL TO3	NASL Città di Torino	N
Sesso	Maschi	20 (48,8%)	24 (54,6%)	44 (51,8%)
	Femmine	21 (51,2%)	20 (45,4%)	41 (48,2%)
Età	39-45 anni	21 (51,2%)	24 (54,6%)	45 (52,9%)
	46-50 anni	12 (29,3%)	14 (31,8%)	26 (30,6%)
	50-55 anni	8 (19,5%)	6 (13,6%)	14 (16,5%)
Esposizione al fumo	Non fumatore (cotinina, <1 ng/mL)	30 (73,2%)	40 (90,9%)	70 (82,3%)
	Esposto a fumo (cotinina, 1–50 ng/mL)	4 (9,8%)	2 (4,5%)	6 (7,1%)
	Forte fumatore (cotinina, >50 ng/mL)	7 (17,1%)	2 (4,5%)	9 (10,6%)
BMI	Normopeso BMI < 25	19 (46,3%)	22 (50,0%)	41 (48,2%)
	Sovrappeso BMI, 25 –29	14 (34,1%)	14 (31,8)	28 (32,9%)
	Obesi BMI, ≥ 30	8 (19,5%)	8 (18,2%)	16 (18,8%)

3.3. Stato di salute generale

Lo stato di salute generale dei residenti coinvolti nello studio di biomonitoraggio è stato valutato attraverso esami di laboratorio di ematochimica generale, una selezione di test ormonali, test di funzionalità respiratoria, misurazione della pressione arteriosa e raccolta di informazioni attraverso apposito questionario.

L' 87,4% dei soggetti intervistati dichiarano un elevato giudizio sullo stato di salute (tabella 3.12), con un punteggio superiore a 7 (su una scala da 1 a 10); il 42,4% dei soggetti ha dichiarato di non essere affetto da alcuna patologia (tabella 3.13), mentre il 22% riferisce di essere affetto da almeno 2 patologie. In generale non vi sono differenze nei due gruppi per quanto riguarda lo stato di salute autoriferito. Al T0 il 69,3% dei soggetti intervistati dichiarava punteggio superiore a 7 sullo stato di salute.

Tab. 3.12: Distribuzione dei soggetti in studio per giudizio sullo stato di salute e zona di residenza

<i>Giudizio sullo stato di salute</i>	<i>ASL TO3</i>	<i>%</i>	<i>ASL Città di Torino</i>	<i>%</i>	<i>Totale</i>	<i>%</i>
≤ 4	6	3,5	2	1,2	8	2,2
5	0	0,0	5	2,9	5	1,5
6	12	7,0	18	10,5	30	8,8
7	40	23,3	45	26,3	85	24,8
8	69	40,1	61	35,7	130	37,9
9	30	17,4	26	15,2	56	16,3
10	15	8,7	14	8,2	29	8,5
<i>totale</i>	172	100,0	171	100,0	343	100,0

Tab. 3.13: Distribuzione dei soggetti in studio per numero di patologie riferite e zona di residenza

<i>Numero di patologie riferite</i>	<i>ASL TO3</i>	<i>%</i>	<i>ASL Città di Torino</i>	<i>%</i>	<i>Totale</i>	<i>%</i>
0	90	52,3	56	32,6	146	42,4
1	43	25,0	55	32,0	98	28,5
2	19	11,0	29	16,9	48	13,9
3 o +	9	5,2	19	11,0	28	8,1
<i>totale</i>	172	50,0	172	50,0	344	100,0

Per quanto riguarda il BMI (tabella 3.14), questo tende ad essere più elevato nei residenti dell'ASL TO3 rispetto ai residenti dell'ASL Città di Torino.

Tab. 3.14: Distribuzione soggetti per indice di massa corporea (BMI) al T2

<i>BMI</i>	<i>ASL TO3</i>	<i>%</i>	<i>ASL Città di Torino</i>	<i>%</i>	<i>Totale</i>	<i>%</i>
<i><25 (normopeso)</i>	68	39,5	86	50,0	154	44,8
<i>25-30 (sovrappeso)</i>	66	38,4	58	33,7	124	36,0
<i>> 30 (obesità)</i>	38	22,1	28	16,3	66	19,2
<i>totale</i>	172	50,0	172	50,0	344	100,0

Per quanto riguarda le patologie pregresse (tabella 3.15), i due gruppi non risultano completamente uguali, in particolare per la depressione e le malattie endocrine, le differenze tra le percentuali di soggetti calcolate risultano statisticamente significative. Il 18,3% dei soggetti intervistati assume farmaci per l'ipertensione. Complessivamente, il 28,3% dei soggetti intervistati risultano ipertesi, ossia con valori medi di pressione sistolica superiori a 140 o diastolica superiori a 90, oppure con valori pressori nella norma ma che assumono regolarmente farmaci per l'ipertensione. La percentuale di ipertesi risulta omogenea tra le due ASL.

Tab. 3.15: Numero e % di soggetti che riferiscono patologie pregresse (documentate e non) al T2.

<i>Patologia</i>	<i>ASL TO3</i>	<i>%</i>	<i>ASL Città di Torino</i>	<i>%</i>	<i>Totale</i>	<i>%</i>
<i>asma</i>	11	8,2	11	7,6	22	7,9
<i>enfisema</i>	2	1,5	1	0,7	3	1,1
<i>bronchite</i>	2	1,5	5	3,5	7	2,5
<i>BPCO</i>	4	3,4	1	0,7	5	1,9
<i>ipertensione</i>	48	28,1	49	28,5	97	28,3
<i>ipertensione calcolata (esclusi soggetti in trattamento)</i>	19	13,5	16	11,6	35	12,5
<i>angina pectoris</i>	1	0,8	5	2,5	6	2,3
<i>infarto del miocardio</i>	1	0,8	1	0,7	2	0,7
<i>aritmie cardiache</i>	11	8,5	16	11,2	27	9,9
<i>claudicatio intermittens</i>	0	0,0	0	0,0	0	0,0
<i>accidenti cerebrovascolari</i>	4	3,1	3	2,1	7	2,6
<i>altre malattie sistema nervoso centrale</i>	1	0,8	3	2,1	4	1,5
<i>malattie gastro-enteriche</i>	24	18,5	37	24,7	61	21,8
<i>malattie pancreatiche</i>	2	1,6	5	3,5	7	2,6
<i>insufficienza renale cronica</i>	0	0,0	2	1,4	2	0,7
<i>calcolosi urinaria</i>	9	7,0	10	6,9	19	7,0
<i>glomerulonefrite</i>	1	0,8	2	1,4	3	1,1
<i>nefropatia interstiziale/</i>	0	0,0	3	2,1	3	1,1

<i>pielonefrite</i>						
<i>rene policistico</i>	2	1,6	1	0,7	3	1,1
<i>malattie apparato riproduttivo</i>	18	13,7	13	9,2	31	11,4
<i>malattie dermatologiche</i>	25	19,3	37	25,3	62	2,2
<i>malattie endocrine*</i>	7	5,5	23	16,1	30	11,1
<i>malattie autoimmuni</i>	6	4,7	10	7,1	16	5,9
<i>fratture patologiche</i>	1	0,8	16	11,5	17	6,4
<i>depressione*</i>	10	7,9	23	16,3	33	12,3
<i>tumore maligno</i>	11	8,5	8	5,8	19	7,1
<i>endometriosi</i>	6	8,1	8	10,3	14	9,2
<i>aborti spontanei</i>	24	30,8	22	26,5	46	28,6

* differenze tra i due gruppi statisticamente significative

Nelle tabelle 3.16-3.18, sono riportati i principali risultati riguardanti i parametri ematochimici di base, di funzionalità renale ed epatica.

Per quanto riguarda i parametri di base, i valori medi di glucosio, colesterolo e trigliceridi (Tabella 17 allegato A) risultano ricompresi negli intervalli di normalità, anche se alcuni soggetti hanno singoli parametri al di sopra dei valori di norma. Nello specifico per il glucosio l'11,9% dei soggetti ha valori superiori alla norma, per il colesterolo l'8,8%, per i trigliceridi il 12,2%. I maschi hanno valori significativamente superiori di linfociti, ematocrito, emoglobina, glicemia, trigliceridi, leucociti ed eritrociti, mentre le femmine hanno valori mediani di colesterolo totale ed HDL più alti. Il valore mediano di glucosio nel sangue risulta significativamente più alto nelle fasce di età più anziane (Tabelle 2 e 4 allegato A). I residenti nell'ASL TO3 presentano valori significativamente più elevati di glicemia e colesterolo, mentre al T0 non risultavano differenze significative nel confronto tra i gruppi di residenza.

Per quanto riguarda i parametri di funzionalità renale, per la creatinuria e per la microalbuminuria, rispettivamente il 9,4 % ed il 7,3% di campioni ha valori sopra il limite. I maschi hanno valori mediani di microalbuminuria, mentre le femmine hanno valori significativamente più alti di creatinuria e di fosforemia. Non si registrano trend significativi con l'età (Tabella 12 allegato A). Nel confronto tra i due gruppi di residenza sia il valore mediano della creatinina che il valore mediano di microalbuminuria risultano significativamente più elevati tra i residenti dell'ASL TO3, mentre al T0 il valore di creatinina risultava più elevato tra i residenti dell'ASL Città di Torino.

Per la funzionalità epatica vi sono soggetti con valori al di sopra degli intervalli di normalità. In particolare, il 17,5% dei soggetti ha valori di bilirubina indiretta sopra il limite e l'8,4% ha valori di bilirubina totale al di sopra del limite (Tabella 17 – Allegato A). Tra i maschi

i valori di tutti i parametri epatici risultano più elevati rispetto le femmine. Nelle fasce di età maggiore i valori di GOT e gGT sono più alti, ma in maniera non statisticamente significativa (Tabella 16 – Allegato A). Non sono significative statisticamente le differenze nei valori calcolati nei due gruppi di residenza. Al T0 invece il parametro GOT risultava superiore tra i soggetti residenti nell'ASL Città di Torino.

Per quanto riguarda i parametri ormonali (tabella 3.19), l'ACTH risulta con valori superiori alla norma nell'8,8% dei soggetti. Sono significative le differenze nei due sessi con valori più elevati di FT3 (trijodotironina) e ACTH (ormone adrenocorticotropo) nei maschi, e valori più elevati di TSH (tireotropina) nelle femmine. Esattamente come riportato al T0, solo i parametri FT3 ed FT4 (tiroxina libera) risultano significativamente diverso tra le due ASL, con valori maggiori tra i residenti dell'ASL TO3 (Tabella 7 – Allegato A).

Nelle tabelle 19-23 dell'appendice A sono riportati i principali risultati riguardanti i parametri di funzionalità respiratoria, che è stata misurata attraverso test di spirometria eseguiti con spirometro portatile da personale individuato ad hoc dalla scuola di specializzazione in malattie dell'apparato respiratorio – Ospedale S. Luigi Gonzaga – dell'Università di Torino. I valori misurati indicano una funzionalità respiratoria entro i limiti di normalità. Meno del 10% dei soggetti intervistati riferisce all'anamnesi di soffrire di patologie respiratorie (asma, enfisema, bronchite e BPCO). Confrontando i due gruppi di residenza non vi sono differenze significative nei valori mediani dei parametri misurati (tabella 3.20). Confrontando i dati per abitudine al fumo si registra un peggioramento dei parametri nei soggetti fumatori (tabella 3.21). In entrambi i gruppi più del 95% dei soggetti presenta comunque valori che rientrano nella norma.



Tab. 3.16: Distribuzione dei valori principali parametri ematochimici di base per zona di residenza

	ASL TO3						ASL Città di Torino						Totale				
	N	Media (dev.std)	Media na	Min	Max		N	Media (dev.std)	Media na	Min	Max		N	Media (dev.std)	Media na	Min	Max
Linfociti (nr)	171	2,04 (0,61)	1,95	1,01	4,42		172	1,90 (0,59)	1,81	0,71	4,12		343	1,97 (0,60)	1,89	0,71	4,42
Piastrine	171	225,4 (63,7)	223	21	432		172	222,7 (64,9)	220,5	2,3	463		343	224,1 (64,2)	222	2,31	463
Ematocrito	171	41,39 (3,29)	41,6	30,6	52,4		172	40,82 (3,1)	40,75	31,1	50		343	41,11 (3,2)	41,2	30,6	52,4
Emoglobina	171	13,96 (1,25)	14	10,1	17,6		172	13,98 (1,2)	14	9,8	16,9		343	13,97 (1,2)	14	9,8	17,6
MCH	171	29,03 (2,88)	29,6	2,9	32,1		172	29,39 (2,1)	29,8	18,6	37,8		343	29,21 (2,5)	29,6	2,9	37,8
Mpv	169	10,88 (0,92)	10,8	9	13,5		170	10,96 (0,86)	10,9	9,1	13,7		339	10,92 (0,9)	10,9	9	13,7
MCHC	171	33,79 (1,06)	33,7	31,4	41,6		172	34,22 (0,98)	34,3	31	36,8		343	34,01 (1,0)	33,9	31	41,6
Rdw_sd	171	42,09 (2,73)	42,1	35,3	52,2		172	41,66 (3,1)	41,6	33,9	56,2		343	41,88 (2,9)	41,9	33,9	56,2
Rdw_cv	171	13,41 (0,90)	13,3	12	18,4		172	13,34 (0,86)	13,2	12,1	17,7		343	13,37 (0,88)	13,2	12	18,4
Glicemia	162	94,33	91	73	177		161	91,70	89	66	165		323	93,02	90	66	177

basale ^{oo}		(14,0)					(14,1)					(14,1)				
Emoglobina glicata	171	5,59 (0,54)	5,5	4,7	8,8		172	5,56 (0,75)	5,4	4,7	12,1	343	5,57 (0,65)	5,5	4,7	12,1
Colesterolemia ^{oo}	136	212,0 (35,1)	215	133	342		151	200,2 (32,4)	198	131	301	287	205,8 (34,1)	205	131	342
Colesterolo HDL ^{oo}	138	56,92 (13,0)	57	32	94		153	55,19 (13,3)	54	30	106	291	56,01 (13,1)	55	30	106
Trigliceridi	171	125,2 (100,9)	100	33	703		172	110,1 (67,2)	91	12	395	343	117,6 (85,9)	96	12	703
Leucociti	171	6,14 (1,62)	5,89	2,77	15,5		172	5,92 (1,5)	5,72	3	12,3	343	6,03 (1,54)	5,8	2,77	15,5 3
Eritrociti	171	4,80 (0,45)	4,73	3,88	6,2		172	4,77 (0,42)	4,76	3,84	6,4	343	4,79 (0,44)	4,75	3,84	6,4

^{oo}i soggetti trattati sono stati esclusi dalle analisi

Tab. 3.17: Distribuzione dei valori principali parametri funzionalità renale per zona di residenza

	ASL TO3						ASL Città di Torino						Totale				
	N	Media (dev. std)	Media na	Min	Max		N	Media (dev.std)	Mediana	Min	Max		N	Media (dev. std)	Median a	Min	Max
Creatinina*	169	0,92 (2,00)	0,41	0,12	18,1		170	0,50 (1,23)	0,27	0,01	14,6		339	0,71 (1,67)	0,35	0,01	18,1
Fosfatasi alcalina	171	1,08 (0,15)	1,07	0,67	1,55		172	1,09 (0,17)	1,09	0,64	1,46		343	1,08 (0,16)	1,07	0,64	1,55
Microalbumi nuria*	169	13,8 (35,5)	5,65	0,65	293,4		171	5,83 (9,31)	3,18	0,01	85,2		340	9,79 (26,1)	4,95	0,01	293,4

*test statistico significativo per le differenze tra residenti ASL TO3 e residenti ASL Città di Torino.

Tab. 3.18: Distribuzione dei valori principali parametri funzionalità epatica per zona di residenza

	ASL TO3						ASL Città di Torino						Totale				
	N	Media (dev.std)	Mediana	Min	Max		N	Media (dev.std)	Mediana	Min	Max		N	Media (dev.std)	Mediana	Min	Max
Bilirubina diretta	171	0,12 (0,06)	0,11	0,04	0,42		172	0,12 (0,06)	0,11	0,04	0,34		343	0,12 (0,06)	0,11	0,04	0,42
Bilirubina indiretta	171	0,60 (0,3)	0,53	0,19	2,88		171	0,61 (0,30)	0,53	0,22	2,32		342	0,60 (0,31)	0,53	0,19	2,88
Bilirubina totale	171	0,72 (0,38)	0,65	0,25	3,3		172	0,73 (0,35)	0,64	0,27	2,67		343	0,73 (0,36)	0,64	0,25	3,3
GOT	170	22,61 (6,4)	22	12	68		172	24,0 (13,2)	21	13	162		342	23,33 (10,4)	22	12	162

GPT*	171	22,01 (10,6)	20	8	75	172	23,8 (22,4)	17	4	250	343	22,92 (17,5)	18	4	250
GammaGT*	171	28,92 (22,8)	23	6	197	172	30,9 (35,8)	21	8	390	343	29,90 (30,0)	22	6	390

*test statistico significativo per le differenze tra residenti ASL T03 e residenti ASL Città di Torino.

Tab. 3.19: Distribuzione dei valori principali parametri funzionalità endocrina per zona di residenza

	ASL T03						ASL Città di Torino						Totale				
	N	Media (dev.std)	Media na	Min	Max		N	Media (dev.std)	Media na	Min	Max		N	Media (dev.std)	Media na	Min	Max
FT3*	171	3,20 (0,32)	3,19	2,3	4,06		172	3,13 (0,39)	3,09	2,36	4,63		343	3,16 (0,36)	3,15	2,3	4,63
FT4*	171	1,10 (0,16)	1,09	0,73	1,5		172	1,03 (0,16)	1,02	0,66	1,57		343	1,07 (0,16)	1,05	0,66	1,57
TSH	171	2,01 (2,02)	1,66	0,24	21,2		172	1,89 (1,52)	1,52	0,06	13,7		343	1,95 (1,78)	1,62	0,06	21,2
Cortisolo	171	147,2 (51,48)	141,6	51,5	434,4		172	143,4 (60,45)	132,1	51,6	650		343	145,3 (56,11)	136	51,5	650
ACTH	171	23,61 (19,47)	19	5	189		172	25,28 (20,97)	19,8	5	182		343	24,44 (20,22)	19,1	5	189

*test statistico significativo per le differenze tra ASL T03 e ASL Città di Torino.

Tab. 3.20: Distribuzione dei valori principali parametri spirometrici per zona di residenza

	ASL TO3						ASL Città di Torino						Totale				
	N	Media (dev.std)	Mediana	Min	Max		N	Media (dev.std)	Mediana	Min	Max		N	Media (dev.std)	Mediana	Min	Max
FVC (l)	172	3,96 (0,97)	3,99	1,98	6,05		172	4,02 (2,2)	3,80	1,66	30,1		344	3,99 (1,7)	3,85	1,66	30,1
FVC (%)	171	117,6 (17,5)	117	67	195		172	110,6 (15,9)	110	55	157		343	114,1 (17,0)	114	55	195
FEV1 (l)	172	3,09 (0,79)	3,09	1,02	4,97		172	3,05 (0,77)	2,98	1,25	5,52		344	3,07 (0,78)	3,03	1,02	5,52
FEV1 (%)	171	111,3 (17,1)	112	38	172		172	106,7 (16,2)	105,5	54	154		343	109,0 (16,8)	109	38	172
FEV1%M (l)	172	77,95 (6,3)	78,48	44,16	92,11		172	78,46 (6,1)	78,84	52,66	93,06		344	78,20 (6,2)	78,6	44,16	93,06
FEV1%M (%)	171	99,71 (7,9)	100	59	119		171	100,7 (7,4)	101	67	122		342	100,2 (7,7)	101	59	122
PEF (l)	172	7,45 (2,3)	7,28	2,1	12,82		172	6,99 (2,1)	6,86	2,72	12,29		344	7,22 (2,2)	7,14	2,1	12,82
PEF (%)	171	103,8 (22,3)	108	37	146		172	95,13 (20,2)	96,5	37	145		343	99,44 (21,7)	101	37	146

Tab. 3.21: Distribuzione dei valori principali parametri spirometrici per abitudine al fumo

	Forti fumatori						Non fumatori				
	N	Media (dev.std)	Mediana	Min	Max		N	Media (dev.std)	Mediana	Min	Max
FVC (l)	34	4,11 (0,93)	4,1	2,22	6,05		280	4,00 (1,85)	3,83	1,66	30,1
FVC (%)	34	109,1 (20,2)	105,5	84	195		279	115,2 (16,8)	115	55	184
FEV1 (l)	34	3,20 (0,83)	3,12	1,22	4,97		280	3,06 (0,76)	3,03	1,02	5,52
FEV1 (%)	34	103,0 (20,5)	105	57	171		279	110,1 (16,3)	110	38	172
FEV1%M (l)	34	77,51 (6,8)	77,56	55,23	87,32		280	78,26 (6,2)	78,56	44,16	93,1
FEV1%M (%)	34	98,12 (9,2)	98,5	70	110		278	100,4 (7,5)	101	59	122
PEF (l)	34	7,42 (2,5)	6,78	2,45	12,82		280	7,20 (2,1)	7,25	2,1	12,29
PEF (%)	34	95,35 (26,7)	92	42	142		279	100,1 (21,1)	102	37	146

3.4. Dose interna: PCDD, PCDF, DL-PCB, e NDL-PCB

3.4.1 Risultati dopo 3 anni (T2)

In Tabella 3.22 sono riportati i risultati delle analisi di PCDD, PCDF e PCB, calcolati per famiglia di sostanze analizzate relativi all'intero insieme di dati. Le concentrazioni di PCDD+PCDF presentano un minimo di 3.6 pgWHO-TE97/g lb e un massimo di 22.4 pgWHO-TE97/g lb, con stime di mediana (P_{50}) e media pari rispettivamente a 8.3 e 9.3 pgWHO-TE97/g lb. I DL-PCB presentano un minimo di 2.6 pgWHO-TE97/g lb e un massimo di 28.2 pgWHO-TE97/g lb, con stime di mediana (P_{50}) e media pari rispettivamente a 7.8 e 8.9 pgWHO-TE97/g lb. Infine, i TEQ_{TOT} presentano un minimo di 6,8 pgWHO-TE97/g lb e un massimo di 46,2 pgWHO-TE97/g lb, con stime di mediana (P_{50}) e media pari rispettivamente a 16,2 e 18,2 pgWHO-TE97/g lb. Il contributo dei DL-PCB ai TEQ_{TOT} risulta mediamente pari al 49% con valori compresi tra il 38 e il 61%.

Per ciò che concerne i NDL-PCB, le concentrazioni cumulative di Σ_{30} NDL-PCB vanno da 54,0 a 771 ng/g lb, con stime di mediana (P_{50}) e media pari rispettivamente a 195 e 229 ng/g lb. Mediamente i sei congeneri "indicatori" (Σ_6 NDL-PCB) rappresentano circa il 68 % dei 30 NDL-PCB analizzati (Σ_{30} NDL-PCB).

Dai test le differenze risultano significative per sesso e per età, mentre non sono mai significative per zona di esposizione, sesso e abitudine al fumo.

Tab. 3.22. Statistica descrittiva inerente PCDD, PCDF, DL-PCB, e NDL-PCB relativamente a tutto il campione in studio al T2. Valori espressi in pgWHO-TE₉₇/g lb per PCDD+PCDF, DL-PCB, and TEQ_{TOT}, e in ng/g lb per Σ_6 NDL-PCB e Σ_{30} NDL-PCB.

Contaminante Tutti i dati	N ^a	X _{MIN}	P ₂₅	P ₅₀	GM	Media	P ₇₅	P ₉₀ ^b	P ₉₅ ^b	X _{MAX}
PCDD+PCDF	85	3,6	6,6	8,3	8,6	9,3	10,7	14,3	17,8	22,4
DL-PCB	85	2,6	5,8	7,8	8,0	8,9	10,6	14,5	18,2	28,2
TEQ _{TOT} ^c	85	6,8	12,5	16,2	16,8	18,2	22,4	30,4	37,0	46,2
Σ_6 NDL-PCB ^d	85	36,0	95,0	132	135	155	187	260,0	402	507
Σ_{30} NDL-PCB ^e	85	54,0	139	195	199	229	268	387,8	570	771

^a Numero di dati inclusi nella valutazione statistica.

^b Stima indicativa a causa del numero limitato di dati.

^c Somma *medium bound* di PCDD+PCDF+DL-PCB.

^d Somma *medium bound* dei PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180.

^e Somma *medium bound* dei PCB 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.

In tabella 3.23 sono riportate le analisi divise per zona di residenza. I due gruppi mostrano valori confrontabili ed il test di confronto tra i due gruppi non risulta mai statisticamente significativo.

Tab. 3.23. Statistica descrittiva inerente PCDD, PCDF, DL-PCB, e NDL-PCB nei campioni di sangue (siero) umano per area di esposizione. Valori espressi in pgWHO-TE97/g lb per PCDD+PCDF, DL-PCB, e TEQ_{TOT} e in ng/g lb per Σ_6 NDL-PCB e Σ_{30} NDL-PCB. Stratificazione per area di residenza.

Contaminante	N ^a	X _{MIN}	P ₂₅	P ₅₀	GM	Media	P ₇₅	P ₉₀ ^b	P ₉₅ ^b	X _{MAX}
ASL-T03										
PCDD+PCDF	41	3,60	6,2	7,5	7,9	8,5	10	12,9	13,5	22,3
DL-PCB	41	2,60	5,8	7,3	7,5	8,4	9,6	13,9	17,8	20,6
TEQ _{TOT} ^c	41	6,80	11,8	15,9	15,6	16,9	19,6	23,5	31,0	42,9
Σ_6 NDL-PCB ^d	41	49,0	96,0	138	134	151	183	218,3	260	432
Σ_{30} NDL-PCB ^e	41	70,0	139	206	198	223	263	322,0	442	652
ASL Città di Torino										
PCDD+PCDF	44	4,7	6,9	9,1	9,3	10,0	12,1	17,4	18,7	22,4
DL-PCB	44	3,6	5,9	7,9	8,4	9,4	10,8	17,2	18,2	28,2
TEQ _{TOT} ^c	44	8,3	13,0	17,7	17,9	19,4	23,6	31,1	37,0	46,2
Σ_6 NDL-PCB ^d	44	36,0	95,0	127	136	160	195	271,3	402	507
Σ_{30} NDL-PCB ^e	44	54,0	140	180	200	235	289	387,8	570	771

^a Numero di dati inclusi nella valutazione statistica.

^b Stima indicativa a causa del numero limitato di dati.

^c Somma *medium bound* di PCDD+PCDF+DL-PCB.

^d Somma *medium bound* dei PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180.

^e Somma *medium bound* dei PCB 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.

In tabella 3.24 sono riportate le analisi divise per sesso. L'applicazione del test di Mann-Whitney al gruppo dei dati associati a donne e uomini mostra che esistono differenze statisticamente significative ($p\text{-value} < 0.05$) fra i due sessi in relazione a DL-PCB, TEQ_{TOT}, Σ_6 NDL-PCB e Σ_{30} NDL-PCB. I soggetti femminili risultano caratterizzati da un carico inquinante ematico superiore rispetto quello riscontrato nei soggetti maschili; questa osservazione è consistente con quanto già riportato in altri studi condotti in Australia (Harden et al, 2007), Italia (De Felip et al, 2014), Nuova Zelanda (Bates et al, 2004), Taiwan (Chen et al, 2006; Hsu et al, 2009), e USA (Ferriby et al, 2007). È stato ipotizzato come la differenza trovata nel carico ematico di PCDD, PCDF, e PCB fra soggetti femminili e maschili possa essere riconducibile a differenze nelle emivita di queste sostanze fra i due sessi. Alcuni autori, infatti, hanno suggerito che l'emivita di tali contaminanti possa essere funzione del contenuto di grasso corporeo dell'organismo: all'aumentare del contenuto di grasso corporeo è associato un

aumento delle emivite della maggior parte dei congeneri studiati (Flesch-Janys et al, 1996; Milbrath et al, 2009). Poiché mediamente i soggetti femminili hanno un contenuto di grasso corporeo maggiore rispetto ai soggetti maschili della stessa età, i valori più elevati di PCDD, PCDF e PCB osservati nel presente studio tra i soggetti femminili potrebbero essere ragionevolmente dovuti a emivite più lunghe a causa di un contenuto di grasso corporeo maggiore nelle donne (Hsu et al, 2009).

Tab. 3.24: Statistica descrittiva inerente PCDD, PCDF, DL-PCB, e NDL-PCB nei campioni di sangue (siero) umano per sesso. Valori espressi in pgWHO-TE97/g lb per PCDD+PCDF, DL-PCB, e TEQ_{TOT} e in ng/g lb per Σ_6 NDL-PCB e Σ_{30} NDL-PCB.

Contaminante	N ^a	X _{MIN}	P ₂₅	P ₅₀	GM	Media	P ₇₅	P ₉₀ ^b	P ₉₅ ^b	X _{MAX}
Femmine										
PCDD+PCDF	41	3,6	6,9	9,2	9,2	10,0	12,7	16,1	17,4	22,3
DL-PCB	41	3,8	6,4	8,7	9,4	10,5	13,7	17,8	20,5	28,2
TEQ _{TOT} ^c	41	7,4	13,9	18,5	18,9	20,5	23,8	31,6	37,1	42,9
Σ_6 NDL-PCB ^d	41	49,0	96,0	163	154	181	218	271,3	432	507
Σ_{30} NDL-PCB ^e	41	75,0	140	237	227	269	307	442,2	652	771
Maschi										
PCDD+PCDF	44	4,2	6,0	7,8	8,0	8,7	10,1	12,1	17,8	22,4
DL-PCB*	44	2,6	5,5	6,9	6,8	7,4	8,4	11,1	11,7	23,7
TEQ _{TOT} ^c *	44	6,8	11,8	15,0	15,0	16,1	18,5	22,6	26,6	46,2
Σ_6 NDL-PCB ^d *	44	36,0	95,0	118	120	132	154	190,2	223	402
Σ_{30} NDL-PCB ^e *	44	54,0	138	174	176	193	223	273,9	327	570

^a Numero di dati inclusi nella valutazione statistica.

^b Stima indicativa a causa del numero limitato di dati.

^c Somma *medium bound* di PCDD+PCDF+DL-PCB.

^d Somma *medium bound* dei PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180.

^e Somma *medium bound* dei PCB 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.

* Differenza tra i due gruppi statisticamente significativa (p-value < 0.05)

In tabella 3.25 sono riportate le analisi divise per classi di età ('39-45 anni', '46-50 anni' e '>50 anni'). Le analisi descrittive mostrano nel complesso un aumento dei livelli dei contaminanti in studio con l'età.

Tab. 3.25 Statistica descrittiva inerente PCDD, PCDF, DL-PCB, e NDL-PCB nei campioni di sangue (siero) umano per fasce d'età. Valori espressi in pgWHO-TE97/g lb per PCDD+PCDF, DL-PCB, e TEQ_{TOT} e in ng/g lb per Σ_6 NDL-PCB e Σ_{30} NDL-PCB.

Contaminante	N ^a	X _{MIN}	P ₂₅	P ₅₀	GM	Media	P ₇₅	P ₉₀ ^b	P ₉₅ ^b	X _{MAX}
39-45 anni										
PCDD+PCDF	45	4,2	6,1	7,6	8,0	8,6	9,9	12,8	17,8	20,5
DL-PCB	45	2,6	5,6	7,1	7,0	7,6	8,6	11,7	13,9	18,2
TEQ _{TOT} ^c	45	6,8	11,8	15,5	15,3	16,2	18,2	23,5	26,6	37,0
Σ_6 NDL-PCB ^d	45	35,9	87,9	103,1	116,1	130,4	154,8	203,3	271,3	420,9
Σ_{30} NDL-PCB ^e	45	53,7	130,0	148,4	171,0	192,3	214,2	322,0	390,0	651,6
45-50 anni										
PCDD+PCDF*	26	3,6	6,7	8,3	8,4	9,0	10,6	13,5	16,1	17,4
DL-PCB*	26	3,8	5,8	7,8	8,1	9,2	11,1	14,2	17,8	28,2
TEQ _{TOT} ^c *	26	7,4	12,5	16,0	16,7	18,1	23,0	31,0	31,6	38,7
Σ_6 NDL-PCB ^d *	26	49,4	98,7	149,8	138,6	157,0	178,4	249,7	266,2	507,2
Σ_{30} NDL-PCB ^e *	26	70	146,3	220,3	201,5	228,3	262,0	368,2	387,3	749,4
>50 anni										
PCDD+PCDF*	14	5,7	8,0	10,8	11,3	12,2	13,2	22,3	22,4	22,4
DL-PCB*	14	6,3	8,0	9,9	11,4	12,6	17,2	20,6	23,7	23,7
TEQ _{TOT} ^c *	14	12	18,6	20,6	22,8	24,7	30,4	42,9	46,2	46,2
Σ_6 NDL-PCB ^d *	14	125	142,4	198,7	212,3	233,3	255,6	431,9	452,2	452,2
Σ_{30} NDL-PCB ^e *	14	175,5	212,7	287,7	315,4	350,9	442,2	617,2	771,2	771,2

^a Numero di dati inclusi nella valutazione statistica.

^b Stima indicativa a causa del numero limitato di dati.

^c Somma *medium bound* di PCDD+PCDF+DL-PCB.

^d Somma *medium bound* dei PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180.

^e Somma *medium bound* dei PCB 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.

* Differenza tra i tre gruppi statisticamente significativa (p-value < 0.05)

In tabella 3.26 sono riportate le analisi divise per classi di BMI: normopeso (BMI<25), sovrappeso (25<BMI<30) e obeso (BMI>30). Solo per PCDD+PCDF vi è una tendenza all'aumento dei livelli al crescere del BMI, ma non statisticamente significativa.

Tab. 3.26: Statistica descrittiva inerente PCDD, PCDF, DL-PCB, e NDL-PCB nei campioni di sangue (siero) umano per classi di BMI. Valori espressi in pgWHO-TE97/g lb per PCDD+PCDF, DL-PCB, e TEQ_{TOT} e in ng/g lb per Σ_6 NDL-PCB e Σ_{30} NDL-PCB.

Contaminante	N ^a	X _{MIN}	P ₂₅	P ₅₀	GM	Media	P ₇₅	P ₉₀ ^b	P ₉₅ ^b	X _{MAX}
Normopeso										
PCDD+PCDF	41	3,6	6,1	7,4	8,1	9,0	10,6	16,1	17,8	22,3
DL-PCB	41	2,6	5,7	7,5	8,0	9,1	10,8	14,5	18,2	28,1
TEQ _{TOT} ^c	41	6,8	11,4	15,6	16,4	18,1	22,4	31,1	36,7	42,9
Σ_6 NDL-PCB ^d	41	49,4	94,7	131,6	142,5	169,1	192,9	287,8	431,9	507,2
Σ_{30} NDL-PCB ^e	41	74,7	136,8	196,6	210,0	250,6	280,3	410,7	651,6	771,2
Sovrappeso										
PCDD+PCDF	28	4,4	6,9	8,6	8,7	9,4	11,0	13,5	20,5	22,4
DL-PCB	28	3,6	5,5	7,3	7,4	8,2	9,5	13,7	17,2	23,7
TEQ _{TOT} ^c	28	8,3	12,6	16,1	16,3	17,7	22,6	26,6	27,7	46,2
Σ_6 NDL-PCB ^d	28	35,9	94,0	130,6	124,7	142,7	190,7	223,5	249,7	402,4
Σ_{30} NDL-PCB ^e	28	53,7	139,7	190,8	182,3	207,9	271,1	326,6	368,2	569,6
Obesi										
PCDD+PCDF	16	5,3	7,5	10,0	9,5	9,9	10,8	13,2	16,6	16,6
DL-PCB	16	5,4	6,4	8,2	8,9	9,5	10,5	17,8	20,5	20,5
TEQ _{TOT} ^c	16	11,8	14,5	18,9	18,5	19,5	21,5	31,0	37,1	37,1
Σ_6 NDL-PCB ^d	16	85,5	110,9	131,1	137,1	143,1	173,7	195,4	255,6	255,6
Σ_{30} NDL-PCB ^e	16	122,8	158,8	191,4	201,5	212,8	253,7	286,3	442,2	442,2

^a Numero di dati inclusi nella valutazione statistica.

^b Stima indicativa a causa del numero limitato di dati.

^c Somma *medium bound* di PCDD+PCDF+DL-PCB.

^d Somma *medium bound* dei PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180.

^e Somma *medium bound* dei PCB 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.

Dall'analisi dei dati non emergono differenze significative in relazione all'esposizione al fumo (Tabella 3.27), pur tenendo presente che in ogni caso la bassa numerosità campionaria di coloro che rientrano nelle categorie 'Esposti a fumo' e 'Forti fumatori' non permetterebbe di arrivare a conclusioni definitive.

Tab. 3.27. Statistica descrittiva inerente PCDD, PCDF, DL-PCB, e NDL-PCB nei campioni di sangue (siero) umano per esposizione a fumo. Valori espressi in pgWHO-TE97/g lb per PCDD+PCDF, DL-PCB, e TEQ_{TOT} e in ng/g lb per Σ_6 NDL-PCB e Σ_{30} NDL-PCB.

Contaminante	N ^a	X _{MIN}	P ₂₅	P ₅₀	GM	Media	P ₇₅	P ₉₀ ^b	P ₉₅ ^b	X _{MAX}
Non fumatori										
PCDD+PCDF	70	3,6	6,7	8,4	8,7	9,3	10,7	15,2	17,8	22,4
DL-PCB	70	3,8	5,9	7,8	8,3	9,1	10,7	14,4	18,2	28,1
TEQ _{TOT} ^c	70	7,4	12,8	16,4	17,1	18,4	22,5	29,0	37,0	46,2
Σ_6 NDL-PCB ^d	70	35,9	95,2	131,8	136,6	156,6	183,1	263,1	402,4	507,2
Σ_{30} NDL-PCB ^e	70	53,7	139,3	195,6	201,3	231,9	263,0	388,9	570,0	771,2
Esposti a fumo										
PCDD+PCDF	6	5,6	8,1	9,3	9,1	9,5	11,7	12,9	12,9	12,9
DL-PCB	6	4,2	7,5	7,7	7,7	8,1	9,8	11,7	11,7	11,7
TEQ _{TOT} ^c	6	9,9	15,5	18,0	17,0	17,6	20,8	23,4	23,4	23,4
Σ_6 NDL-PCB ^d	6	94,6	98,8	156,9	143,0	150,3	191,1	203,3	203,3	203,3
Σ_{30} NDL-PCB ^e	6	136,3	147,4	223,9	209,8	221,2	273,9	322,0	322,0	322,0
Forti fumatori										
PCDD+PCDF	9	4,2	4,7	7,5	7,8	9,0	10,8	22,3	22,3	22,3
DL-PCB	9	2,6	4,0	4,8	6,2	8,0	8,1	20,6	20,6	20,6
TEQ _{TOT} ^c	9	6,8	8,5	11,6	14,1	17,0	18,8	42,9	42,9	42,9
Σ_6 NDL-PCB ^d	9	49,8	87,9	131,0	121,9	150,5	168,9	431,9	431,9	431,9
Σ_{30} NDL-PCB ^e	9	70,0	130,0	180,7	175,0	215,6	236,8	617,2	617,2	617,2

^a Numero di dati inclusi nella valutazione statistica.

^b Stima indicativa a causa del numero limitato di dati.

^c Somma *medium bound* di PCDD+PCDF+DL-PCB.

^d Somma *medium bound* dei PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180.

^e Somma *medium bound* dei PCB 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.

Nell'appendice A sono riportati i coefficienti di correlazione (tabelle 24 e 25). Si osserva una correlazione significativa con l'età di tutti i contaminanti in studio, maggiormente evidente per le donne.

Le analisi multivariate, effettuate dopo una log-trasformazione a causa della non-normalità dei dati, confermano per tutti i contaminanti in studio una tendenza all'aumento con l'età. Σ_6 NDL-PCB e Σ_{30} NDL-PCB mostrano una lieve diminuzione all'aumentare del BMI, che risulta statisticamente significativa. Tali analisi multivariate sono state effettuate includendo le abitudini alimentari ricavate dal questionario sugli alimenti e possibili esposizioni occupazionali. Per quanto riguarda gli alimenti, sono state valutate possibili correlazioni con l'assunzione di matrici di origine animale (quali carne, pesce, uova). Dalle analisi effettuate non si osservano correlazioni statisticamente significative con le abitudini alimentari. Sono state valutate anche le variabili del questionario relative al consumo di alimenti di origine animale o di frutta/verdura di produzione locale, ma non sembrano avere

una correlazione con i livelli di PCD, PCB e PCDD. Occorre comunque notare che la definizione di “prodotto locale” ha un alto grado di soggettività, quindi un’indicazione più attendibile a tal proposito può essere fornita dal confronto con gli allevatori, che è più probabile consumino alimenti prodotti nella loro azienda. Per quanto riguarda invece le esposizioni personali dovute all’uso di smacchiatori, colle, vernici, solventi o pesticidi, queste suggeriscono un’indicazione di valori più alti per Σ_6 NDL-PCB e Σ_{30} NDL-PCB, pur non raggiungendo mai la significatività statistica.

In letteratura sono disponibili alcuni lavori riportanti i livelli ematici di PCDD, PCDF, e PCB in popolazioni non occupazionalmente esposte, ma la loro comparabilità è limitata dalle differenze legate all’epoca del campionamento e ai disegni sperimentali utilizzati — tipologia dei campioni oggetto di analisi (campioni singoli o *pool* di campioni), età della popolazione in studio, sesso, numerosità campionaria, etc. Ciò considerato, si è ritenuto comunque utile confrontare i dati del presente studio con quelli ottenuti in studi analoghi condotti negli ultimi 10 anni: i livelli ematici di PCDD, PCDF, e DL-PCB osservati nella popolazione residente in prossimità del termovalorizzatore di Torino risultano essere paragonabili a quelli misurati negli USA (Ferriby et al, 2007), a Taiwan (Hsu et al, 2010), in Grecia (Costopoulou et al, 2006), e inferiori a quelli misurati in Slovacchia (Chovancová et al, 2012) e in Spagna (Zubero et al, 2011). In relazione agli NDL-PCB il confronto è possibile in termini di Σ_6 NDL-PCB: i livelli ematici ottenuti nel presente studio (142 ng/g lb) sono paragonabili a quelli ottenuti tra i residenti di Atene (157 ng/g lb) (Costopoulou et al, 2006).

È importante evidenziare che, nel tempo, l'esposizione della popolazione generale a PCDD, PCDF e PCB studiata da diversi autori sia, nei Paesi occidentali, in stabile e significativa diminuzione (Consonni, 2012; Lakind, 2009).

Per ciò che concerne PCDD e PCDF, in Figura 3.1 sono riportati i profili congenere-specifici normalizzati rispetto alla somma totale espressa in pg/g lb: l’O₈CDD è il congenere prevalente (P₅₀, 69 %), seguito dall’1,2,3,4,6,7,8-H₇CDD (P₅₀, 6.0 %), dal 2,3,4,7,8-P₅CDF (P₅₀, 5.6 %), e dall’1,2,3,6,7,8-H₆CDD (P₅₀, 4.6 %); tutti gli altri congeneri contribuiscono ciascuno in misura inferiore al 2 %.

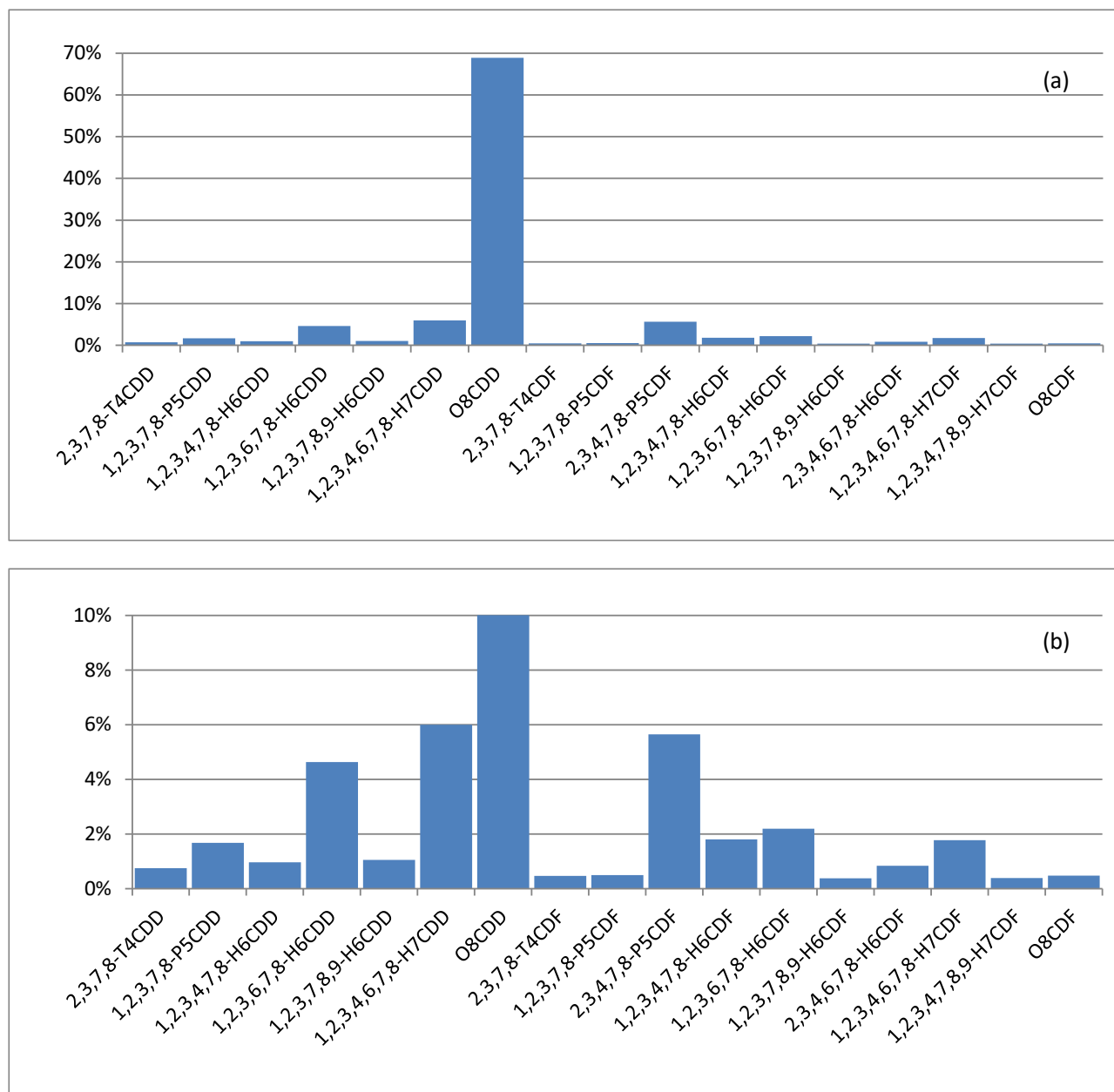


Figura 3.1 Profili di contaminazione congenere-specifici di PCDD e PCDF in campioni di sangue (siero) della popolazione residente nei pressi del termovalorizzatore della provincia di Torino: (b) espansione del grafico (a). I profili sono espressi come percentuale relativa di ciascun congenere (P₅₀) rispetto alla somma (P₅₀).

Allo stesso modo la Figura 3.2 riporta i profili congenere-specifici normalizzati rispetto alla somma dei DL-PCB. I congeneri mono-*orto*-sostituiti rappresentano più del 99 % rispetto alla somma: il PCB 118 è il congenere più abbondante (P₅₀, 44 %), seguito dal PCB 156 (P₅₀, 26 %), dal PCB 167 (P₅₀, 9.1 %), e dal PCB 105 (P₅₀, 7.8 %).

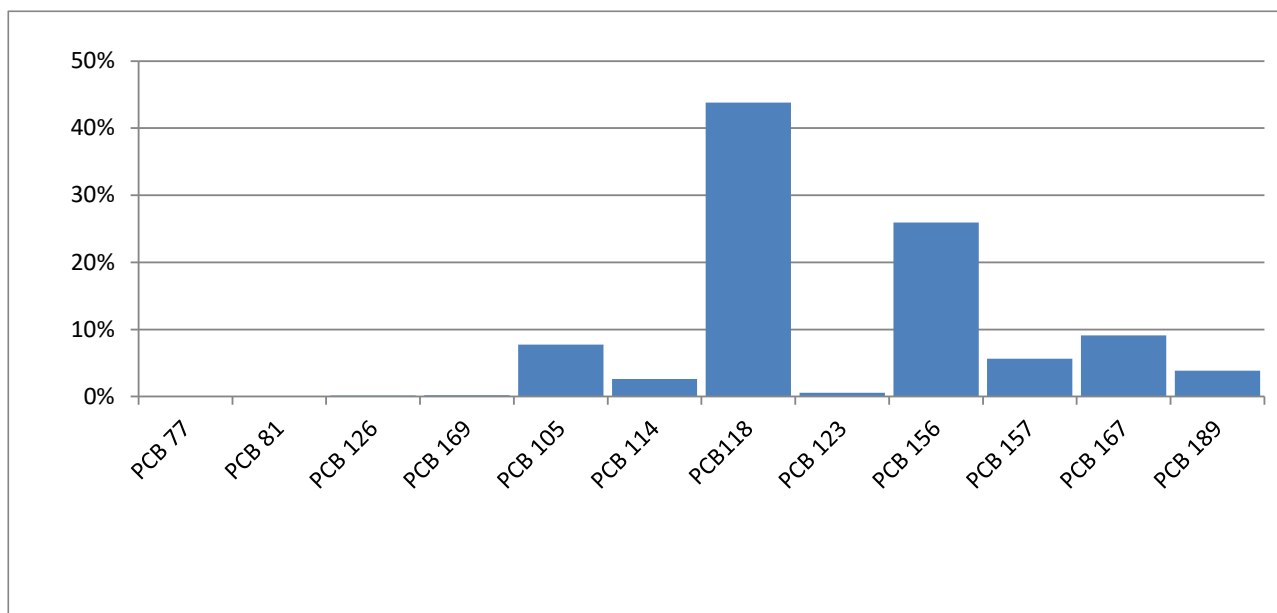


Figura 3.2 Profili di contaminazione congenere-specifici di DL-PCB in campioni di sangue (siero) della popolazione residente nei pressi del termovalorizzatore della provincia di Torino. I profili sono espressi come percentuale relativa di ciascun congenere (P50) rispetto alla somma (P50).

3.4.2 Confronti dei risultati al T2 con il baseline (T0)

Nella Tabella 3.28 è riportata la distribuzione media e mediana di PCDD, PCDF, DL-PCB, e NDL-PCB al baseline e al secondo follow-up, e il valore p del test dei ranghi con segno di Wilcoxon per dati appaiati. I livelli di PCDD, PCDF, DL-PCB, e NDL-PCB diminuiscono nel tempo in maniera statisticamente significativa.

Tab. 3.28: Confronto PCDD, PCDF, DL-PCB, e NDL-PCB T2-T0; media, mediana (P50). p-value associato al test dei ranghi con segno di Wilcoxon. Valori espressi in pgWHO-TE97/g lb per PCDD+PCDF, DL-PCB, e TEQ_{TOT} e in ng/g lb per Σ_6 NDL-PCB e Σ_{30} NDL-PCB.

	N ^a	Media T0	P ₅₀ T0	Media T2	P ₅₀ T2	p-value
PCDD+PCDF	85	10,1	9,58	9,3	8,00	0,004
DL-PCB	85	10,7	9,25	8,9	8,00	0,000
TEQ _{TOT} ^c	85	21,2	19,1	18,3	16,0	0,000
Σ_6 NDL-PCB ^d	85	160	142	155	132	0,032
Σ_{30} NDL-PCB ^e	85	266	227	229	195	0,000

^a Numero di dati inclusi nella valutazione statistica.

^c Somma *medium bound* di PCDD+PCDF+DL-PCB.

^d Somma *medium bound* dei PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180.

^e Somma *medium bound* dei PCB 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.

Nella Tabella 3.29 invece sono riportate media e mediana di PCDD, PCDF, DL-PCB, e NDL-PCB al baseline e al secondo follow-up, e il valore p del test dei ranghi con segno di Wilcoxon

diviso per ASL di residenza. I livelli di PCDD, PCDF, DL-PCB, e Σ_{30} NDL-PCB diminuiscono nel tempo in maniera statisticamente significativa tra gli esposti. Anche nel gruppo dei non esposti si osserva una generale diminuzione, che risulta statisticamente significativa per DL-PCB e Σ_{30} NDL-PCB.

Tab. 3.29: Confronto PCDD, PCDF, DL-PCB, e NDL-PCB T2-T0; media, mediana (P50). p-value associato al test dei ranghi con segno di Wilcoxon. Valori espressi in pgWHO-TE97/g lb per PCDD+PCDF, DL-PCB, e TEQ_{TOT} e in ng/g lb per Σ_6 NDL-PCB e Σ_{30} NDL-PCB.

Contaminante	N ^a	Media T0	P ₅₀ T0	Media T2	P ₅₀ T2	p-value
ASL TO3						
PCDD+PCDF	41	10,75	9,60	8,54	7,54	0,000
DL-PCB	41	10,52	9,32	8,37	7,31	0,000
TEQ _{TOT} ^c	41	21,28	19,10	16,91	15,86	0,000
Σ_6 NDL-PCB ^d	41	156,6	152,0	151,2	138,0	0,031
Σ_{30} NDL-PCB ^e	41	261,7	249,0	223,1	206,1	0,000
ASL Città di Torino						
PCDD+PCDF	44	10,21	9,50	10,04	9,03	0,811
DL-PCB	44	10,85	9,18	9,40	7,86	0,000
TEQ _{TOT} ^c	44	21,06	19,35	19,44	17,66	0,063
Σ_6 NDL-PCB ^d	44	163,3	128,0	159,6	126,8	0,523
Σ_{30} NDL-PCB ^e	44	269,7	212,5	235,4	180,1	0,000

^a Numero di dati inclusi nella valutazione statistica.

^c Somma *medium bound* di PCDD+PCDF+DL-PCB.

^d Somma *medium bound* dei PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180.

^e Somma *medium bound* dei PCB 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.

Per un migliore confronto, in analogia con quanto fatto per i metalli, sono state valutate le differenze tra T2 e T0, divise per ASL di residenza ed è stato effettuato un test tra le due ASL per vedere se, pur mantenendosi una diminuzione complessiva, in una delle due ASL la diminuzione sia stata significativamente maggiore rispetto all'altra. In generale si nota una diminuzione maggiore nell'ASL TO3 rispetto all'ASL Città di Torino, significativa per TEQ_{TOT} e PCDD+PCDF (tabella 3.30).

Tab. 3.30: Differenze T2-T0 di PCDD, PCDF, DL-PCB e NDL-PCB divise per area di esposizione

Contaminante	Area di esposizione	Media differenze T2-T0	Mediana differenze T2-T0	Valore p
PCDD+PCDF	ASL T03	-2,217	-1,474	0,0068
	ASL Città di Torino	-0,172	0,007	
DL-PCB	ASL T03	-2,146	-1,871	0,1308
	ASL Città di Torino	-1,449	-1,160	
TEQ _{TOT} ^c	ASL T03	-4,367	-4,640	0,0116
	ASL Città di Torino	-1,617	-1,045	
Σ_6 NDL-PCB ^d	ASL T03	-5,367	-13,00	0,1660
	ASL Città di Torino	-3,767	1,772	
Σ_{30} NDL-PCB ^e	ASL T03	-38,64	-42,37	0,1946
	ASL Città di Torino	-34,31	-22,33	

^c Somma *medium bound* di PCDD+PCDF+DL-PCB.

^d Somma *medium bound* dei PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180.

^e Somma *medium bound* dei PCB 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.

Come ulteriore approfondimento si sono investigate possibili variazioni nelle abitudini alimentari rispetto ai consumi al T0, ma da queste analisi non sono emersi risultati statisticamente significativi. Tra i vari approfondimenti effettuati sono stati analizzate le popolazioni stratificando per genere, per classi di età e per BMI. Sono state inoltre effettuate analisi multivariate sulle abitudini alimentari, ma nessuna di queste indagini ha portato a risultati statisticamente significativi.

3.5. Percezione del rischio

L'ultima sezione del questionario proposto ai residenti campionati comprende una serie di domande volte a rilevare la percezione del rischio nella popolazione coinvolta nello studio. Tale questionario ha preso spunto dall'analisi sulla percezione del rischio effettuata in altri studi di biomonitoraggio [Coi 2006, Cori 2016]. Le domande formulate hanno lo scopo di indagare sulla consapevolezza dei problemi esistenti nell'area, delle fonti informative e dei soggetti ritenuti più affidabili per fornire informazioni sui problemi di ambiente e salute. Segue una breve sintesi dei risultati ottenuti analizzando le risposte fornite ad una serie di domande strutturate in forma chiusa.

Le prime due domande fanno riferimento ad una serie di patologie, sia acute che croniche, ed intendono esplorare come sia percepita la possibilità di ammalarsi abitando in un'area a rischio ambientale (tabelle 3.31 e 3.32). Per ogni patologia è stato chiesto di esprimere un giudizio in termini di probabilità su una scala di cinque alternative: certo, molto, mediamente, poco probabile, non so. Come nel questionario somministrato al T0, dalle risposte emerge che l'ambiente viene sempre vissuto come fonte di notevole preoccupazione per la salute e ritenuto causa prima di molte patologie considerate. Tuttavia la percentuale di popolazione che ritiene di essere a rischio per alcune malattie che vedono l'ambiente come causa scatenante o aggravante non è maggiore di quella che non ritiene di essere a rischio nel proprio ambiente di vita. Nella zona di residenza ASL TO3 il grado di preoccupazione risulta più elevato ma in misura minore rispetto a quanto avveniva al T0.



Tab. 3.31: Quanto ritiene probabile che le seguenti malattie siano dovute all'inquinamento ambientale? (Esclusi dai totali delle percentuali i non rispondenti). Risposte dopo tre anni di funzionamento dell'impianto.

	ASL TO3					ASL Città di Torino					Totale			
	certo/ molto	media- mente	poco	non so		certo/ molto	media - mente	poco	non so		certo/ molto	media - mente	poco	non so
allergie	99 (59,3%)	35 (21%)	19 (11,4%)	14 (8,4%)		117 (68,4%)	31 (18,1%)	19 (11,1%)	4 (2,3%)		216 (63,9%)	66 (19,5%)	38 (11,2%)	18 (5,3%)
malattie respiratorie acute	122 (71%)	32 (18,6%)	10 (5,8%)	8 (4,6%)		121 (70,8%)	32 (18,7%)	12 (7,0%)	6 (3,5%)		243 (70,8%)	64 (18,7%)	22 (6,4%)	14 (4,1%)
malattie respiratorie croniche	113 (66,1%)	35 (20,5%)	13 (7,6%)	10 (5,8%)		126 (73,3%)	30 (17,4%)	10 (5,8%)	6 (3,5%)		239 (69,7%)	65 (18,9%)	23 (6,7%)	16 (4,7%)
danni temporanei ai diversi organi	56 (32,7%)	50 (29,2%)	32 (18,7%)	33 (19,3%)		58 (34,1%)	50 (29,4%)	38 (22,3%)	24 (14,1%)		114 (33,4%)	100 (29,3%)	70 (20,5%)	57 (16,7%)
danni al fegato	52 (30,6%)	43 (25,3%)	33 (9,7%)	42 (24,7%)		49 (29%)	44 (26%)	52 (15,3%)	24 (14,2%)		101 (29,7%)	87 (25,7%)	85 (25,1%)	66 (19,5%)
varie forme di cancro	124 (72,5%)	26 (15,2%)	8 (4,7%)	13 (7,6%)		130 (76,9%)	23 (13,6%)	8 (4,7%)	8 (4,7%)		254 (74,7%)	49 (14,4%)	16 (4,7%)	21 (6,2%)
leucemia	73 (43%)	34 (20%)	24 (14,1%)	39 (22,9%)		88 (51,7%)	35 (20,6%)	22 (12,9%)	25 (14,7%)		161 (47,3%)	69 (20,3%)	46 (13,5%)	64 (18,8%)
malformazioni congenite	71 (41,7%)	29 (17,1%)	35 (20,6%)	35 (20,6%)		72 (31,8%)	29 (17,1%)	36 (21,2%)	33 (19,4%)		143 (42,1%)	58 (17,1%)	71 (20,9%)	68 (20,0%)

In nessun caso la differenza nelle risposte tra i due gruppi risulta statisticamente significativa.

Tab. 3.32: Quanto ritiene probabile di essere a rischio per le seguenti malattie?

	ASL TO3					ASL Città di Torino					Totale			
	certo/ molto	media- mente	poco	non so		certo/ molto	media- mente	poco	non so		certo/ molto	media- mente	poco	non so
allergie*	56 (33,3%)	42 (25,0%)	49 (29,2%)	21 (12,5%)		57 (33,5%)	38 (22,3%)	66 (38,8%)	9 (5,3%)		113 (33,4%)	80 (23,7%)	115 (34,0%)	30 (8,9%)
malattie respiratorie acute	59 (34,7%)	46 (27,1%)	49 (28,8%)	16 (9,4%)		52 (30,2%)	62 (36,1%)	51 (29,6%)	7 (4,1%)		111 (32,4%)	108 (31,6%)	100 (29,2%)	23 (6,7%)
malattie respiratorie croniche	56 (33,2%)	44 (26,0%)	54 (31,9%)	15 (8,9%)		47 (27,3%)	58 (33,7%)	59 (34,3%)	8 (4,7%)		103 (30,2%)	102 (29,9%)	113 (33,1%)	23 (6,7%)
danni temporanei ai diversi organi*	28 (16,4%)	45 (26,3%)	60 (35,1%)	38 (22,2%)		27 (16%)	35 (20,7%)	84 (49,7%)	23 (13,6%)		55 (16,2%)	80 (23,5%)	144 (42,4%)	61 (17,9%)
danni al fegato*	27 (15,8%)	47 (27,6%)	61 (35,9%)	35 (20,6%)		24 (14,2%)	36 (21,3%)	87 (51,5%)	22 (13%)		51 (20,4%)	83 (24,5%)	148 (43,7%)	57 (16,8%)
varie forme di cancro	53 (31%)	36 (21%)	31 (18,1%)	28 (16,4%)		48 (28,3%)	62 (36,5%)	45 (26,5%)	15 (8,8%)		101 (29,6%)	121 (35,5%)	76 (22,3%)	43 (12,6%)
leucemia*	29 (16,9%)	46 (26,7%)	50 (29,1%)	47 (27,3%)		31 (18,4%)	43 (25,6%)	75 (44,6%)	19 (11,3%)		60 (7,6%)	89 (26,2%)	125 (36,8%)	66 (19,4%)
malformazioni congenite*	17 (10,3%)	29 (17,6%)	53 (32,1%)	66 (40%)		13 (7,6%)	26 (15,3%)	97 (57,1%)	34 (20%)		30 (9%)	55 (16,4%)	150 (44,8%)	100 (29,8%)

* test statistico significativo per le differenze tra residenti TO3 e residenti ASL Città di Torino

La domanda successiva riguarda i 'pericoli' di tipo ambientale ed è volta a verificare in che misura ogni intervistato si senta esposto a ciascuno di essi (tabella 3.33). Gli eventi pericolosi di interesse sono stati distinti in naturali (inondazioni, fenomeni meteorologici gravi, terremoti. etc.) e antropici (rumore, trasporto di materiale pericoloso, rifiuti, inquinamento, industrie pericolose, incendi, etc.). Per ogni evento è stato chiesto di esprimere un giudizio in termini di preoccupazione (tantissimo, molto, poco, per niente, non so). In analogia a quanto avveniva al T0, considerando la frequenza delle risposte 'tanto' o 'molto' i pericoli naturali preoccupano meno di quelli di causa antropica e per quanto riguarda quest'ultimi la maggiore preoccupazione è riferita all'inquinamento atmosferico, seguito da industrie pericolose, dall'inquinamento delle acque potabili, dalla gestione dei rifiuti e dagli incidenti nucleari. Il pericolo legato alla presenza sul territorio di attività definite antropiche, soprattutto legate all'industria, è percepito come prevalente e maggiore di quello provenienti dall'ambiente naturale. In generale la preoccupazione dei residenti è più elevata nell'area dell'ASL T03, ma con scostamenti inferiori dall'ASL Città di Torino rispetto a quanto avveniva al T0: ad esempio, la preoccupazione legata alla gestione dei rifiuti riguarda rispettivamente il 74% dei rispondenti dell'ASL T03 (contro l'80,9% al T0) ed il 67,9% dei rispondenti dell'ASL Città di Torino (contro il 68,7% al T0).



Tab. 3.33: In che misura i seguenti eventi la preoccupano?

	ASL TO3					ASL Città di Torino					Totale			
	tanto/ molto	poco	per niente	non so		tanto/ molto	poco	per niente	non so		tanto/ molto	poco	per niente	non so
cause di origine naturale														
eventi meteorologici gravi*	73 (43,4%)	73 (43,4%)	20 (11,9%)	2 (1,2%)		72 (42,3%)	57 (33,5%)	41 (24,1%)	0 (0%)		145 (42,9%)	130 (38,5%)	61 (18,1%)	2 (0,6%)
terremoti	85 (50%)	63 (37,1%)	18 (10,6%)	4 (2,3%)		87 (51,2%)	56 (32,9%)	25 (14,7%)	2 (1,2%)		172 (50,6%)	119 (35%)	43 (12,7%)	6 (1,8%)
inondazioni	67 (39,9%)	68 (40,5%)	26 (15,5%)	7 (4,2%)		68 (40,7%)	57 (34,1%)	40 (23,9%)	2 (1,2%)		168 (40,3%)	125 (37,3%)	66 (19,7%)	9 (2,7%)
altro	15 (12,6%)	22 (18,5%)	20 (16,8%)	62 (52,1%)		13 (11,5%)	14 (12,4%)	27 (23,9%)	59 (52,2%)		28 (12,1%)	36 (15,5%)	47 (20,3%)	121 (52,2%)
cause di origine antropica														
rumore	71 (42,3%)	72 (42,9%)	23 (13,7%)	2 (1,2%)		83 (48,8%)	65 (38,2%)	22 (12,95)	0 (0%)		154 (45,6%)	137 (40,5%)	45 (13,3%)	2 (0,6%)
trasporto sostanze pericolose	99 (58,6%)	51 (30,2%)	15 (8,9%)	4 (2,4%)		102 (60%)	42 (24,7%)	23 (13,5%)	3 (1,8%)		201 (59,3%)	93 (27,4%)	38 (11,2%)	7 (2,1%)
eventi nucleari	114 (67,5%)	41 (24,3%)	11 (6,5%)	3 (1,8%)		127 (74,7%)	23 (13,5%)	16 (9,4%)	4 (2,3%)		241 (71,1%)	64 (18,9%)	27 (8%)	7 (2,1%)
industrie pericolose	138 (80,7%)	26 (15,2%)	5 (2,9%)	2 (1,2%)		136 (79,5%)	26 (15,2%)	8 (4,7%)	1 (0,6%)		274 (80,1%)	52 (15,2%)	13 (3,8%)	3 (0,9%)
gestione rifiuti*	125 (74%)	36 (21,3%)	5 (3%)	3 (1,8%)		114 (67,9%)	36 (21,4%)	16 (9,5%)	2 (1,2%)		239 (70,9%)	72 (21,4%)	21 (6,2%)	5 (1,5%)
inquinamento atmosferico	150 (87,2%)	17 (10%)	4 (2,3%)	1 (0,6%)		146 (85,9%)	20 (11,8%)	4 (2,3%)	0 (0%)		296 (86,6%)	37 (10,8%)	8 (2,3%)	1 (0,3%)
incendi	84 (50,9%)	58 (35,1%)	18 (10,9%)	5 (3%)		96 (57,6%)	50 (29,9%)	21 (12,6%)	0 (0%)		180 (54,2%)	108 (32,5%)	39 (11,7%)	5 (1,5%)
inquinamento acque potabili	137 (80,1%)	27 (15,8%)	5 (2,9%)	2 (1,2%)		131 (78%)	27 (16,1%)	7 (4,2%)	3 (1,8%)		268 (79%)	54 (15,9%)	12 (3,5%)	5 (1,5%)
altro	19 (17,8%)	13 (12,1%)	11 (10,3%)	64 (59,8%)		13 (11,8%)	15 (13,6%)	20 (18,2%)	62 (56,4%)		32 (14,8%)	28 (12,9%)	31 (14,3%)	126 (58,1%)

* test statistico significativo per le differenze tra ASL TO3 e ASL Città di Torino

È stato inoltre chiesto se l'intervistato si ritiene sufficientemente informato sulla presenza di rischi ambientali nel territorio in cui vive (tabella 3.34). È molto alta la percentuale di risposte positive, più del 90% del campione ritiene di essere sufficientemente, se non molto/tantissimo, informato.

Tab. 3.34: Si ritiene informato sui rischi di tipo ambientale?

	ASL TO3	ASL Città di Torino	Totale
tantissimo	11 (6,5%)	11 (6,5%)	22 (6,5%)
molto	35 (10,3%)	32 (18,8%)	67 (19,8%)
sufficientemente	107 (63,3%)	116 (68,2%)	223 (65,8%)
per niente	15 (8,9%)	11 (6,5%)	26 (7,7%)
non so	1 (0,6%)	0 (0,0%)	1 (0,3%)

In merito a quali fonti di informazione sono utilizzate (tabella 3.35), resta confermato un ruolo predominante della televisione nazionale, oltre che di internet, mentre tv e giornali locali appaiono avere un ruolo minore.

Tab. 3.35: Quali fonti informative utilizza (sono possibili più risposte per soggetto)?

	ASL TO3	ASL Città di Torino	Totale
tv nazionale	130 (37,8%)	133 (38,7%)	263 (76,5%)
tv locali	51 (14,8%)	58 (16,9%)	109 (31,7%)
giornali locali	77 (22,4%)	92 (26,7%)	169 (49,1%)
internet	115 (33,4%)	120 (34,9%)	235 (68,3%)
altro	14 (4,1%)	27 (7,8%)	41 (11,9%)

Le istituzioni ed il personale sanitario restano i soggetti più affidabili per fornire informazioni (tabella 3.36).

Tab. 3.36: Quali, secondo lei, sono i soggetti più affidabili per fornire informazioni (sono possibili più risposte per ogni soggetto)?

	ASL TO3	ASL Città di Torino	Totale
istituzioni e enti locali (Provincia. Comuni. etc.)	80 (23,3%)	82 (23,8%)	162 (47,1%)
personale sanitario	107 (31,1%)	119 (34,6%)	226 (65,7%)
associazioni ambientaliste	90 (26,2%)	87 (25,3%)	177 (51,5%)
altro	26 (7,6%)	30 (8,7%)	56 (16,3%)

Nel complesso ciò che emerge dalla disamina delle risposte fornite è una differenza tra le valutazioni espresse dalla popolazione e quelle degli esperti nei vari campi (figura 3.3). Tale

differenza indica la necessità di un maggiore sforzo da parte di varie istituzioni per informare con la massima correttezza i cittadini degli effetti di alcune esposizioni ambientali. In generale i rischi catastrofici, ma a bassissima probabilità di accadimento, sono particolarmente temuti, mentre rischi quotidiani ad altissima probabilità di accadimento (quali il rumore) e con effetti certi sulla salute della popolazione sono poco considerati e temuti.

Si è effettuato infine un confronto tra le risposte date al T0 e le risposte date al T2 divise per ASL di residenza. I risultati sono riportati nelle figure dalla 3.4 alla 3.6. Per quanto riguarda la gestione rifiuti diminuisce la percentuale di persone molto preoccupate nell'ASL TO3, passando da un 81% al T0 ad un 74% al T2; tale percentuale resta invece invariata tra i residenti dell'ASL Città di Torino. Nell'ASL TO3 diminuisce anche la preoccupazione rispetto al trasporto di sostanze pericolose e agli eventi nucleari (figura 3.4), mentre la preoccupazione rispetto agli eventi di origine antropica resta sostanzialmente invariata. Viceversa, nell'ASL Città di Torino aumenta la preoccupazione rispetto al rumore, trasporto di sostanze pericolose, eventi nucleari, inquinamento atmosferico, incendi ed inquinamento delle acque potabili (figura 3.4). Esattamente come nello sistema di sorveglianza PASSI (<http://www.epicentro.iss.it/passi/sorv-passi.asp>), in cui è presente uno studio sulla percezione del rischio a livello nazionale, l'inquinamento atmosferico e lo smaltimento dei rifiuti sono tra i problemi ambientali ritenuti maggiormente preoccupanti; una differenza rispetto ai dati raccolti in quello studio riguarda l'inquinamento delle acque che non viene percepito come un grosso problema a differenza di quanto invece avviene nel campione oggetto del biomonitoraggio.

Nell'ASL Città di Torino (figura 3.5) si registra anche un aumento rispetto alla preoccupazione verso gli eventi di origine naturale (eventi meteorologici gravi, terremoti e inondazioni), mentre nell'ASL TO3 si registra una diminuzione rispetto ad eventi meteorologici gravi e terremoti. Al T2 si riconferma per i residenti dell'ASL TO3 una tendenza a sentirsi più a rischio rispetto all'ASL Città di Torino per una serie di malattie, quali allergie, malattie respiratorie acute, malattie respiratorie croniche, danni temporanei ai diversi organi, danni al fegato, varie forme di cancro, leucemia e malformazioni congenite.

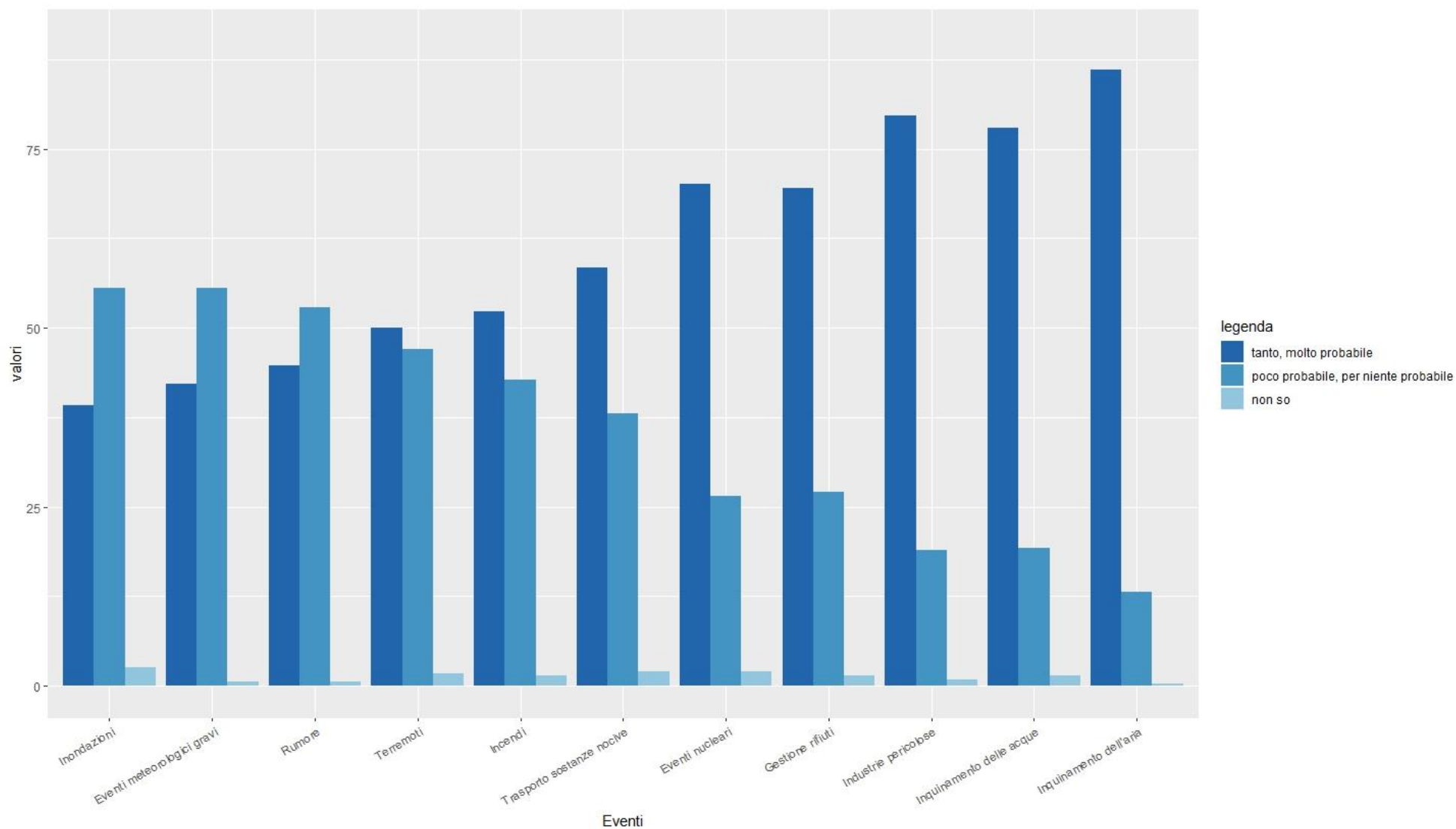


Fig. 3.3: Quali eventi la preoccupano o disturbano maggiormente?

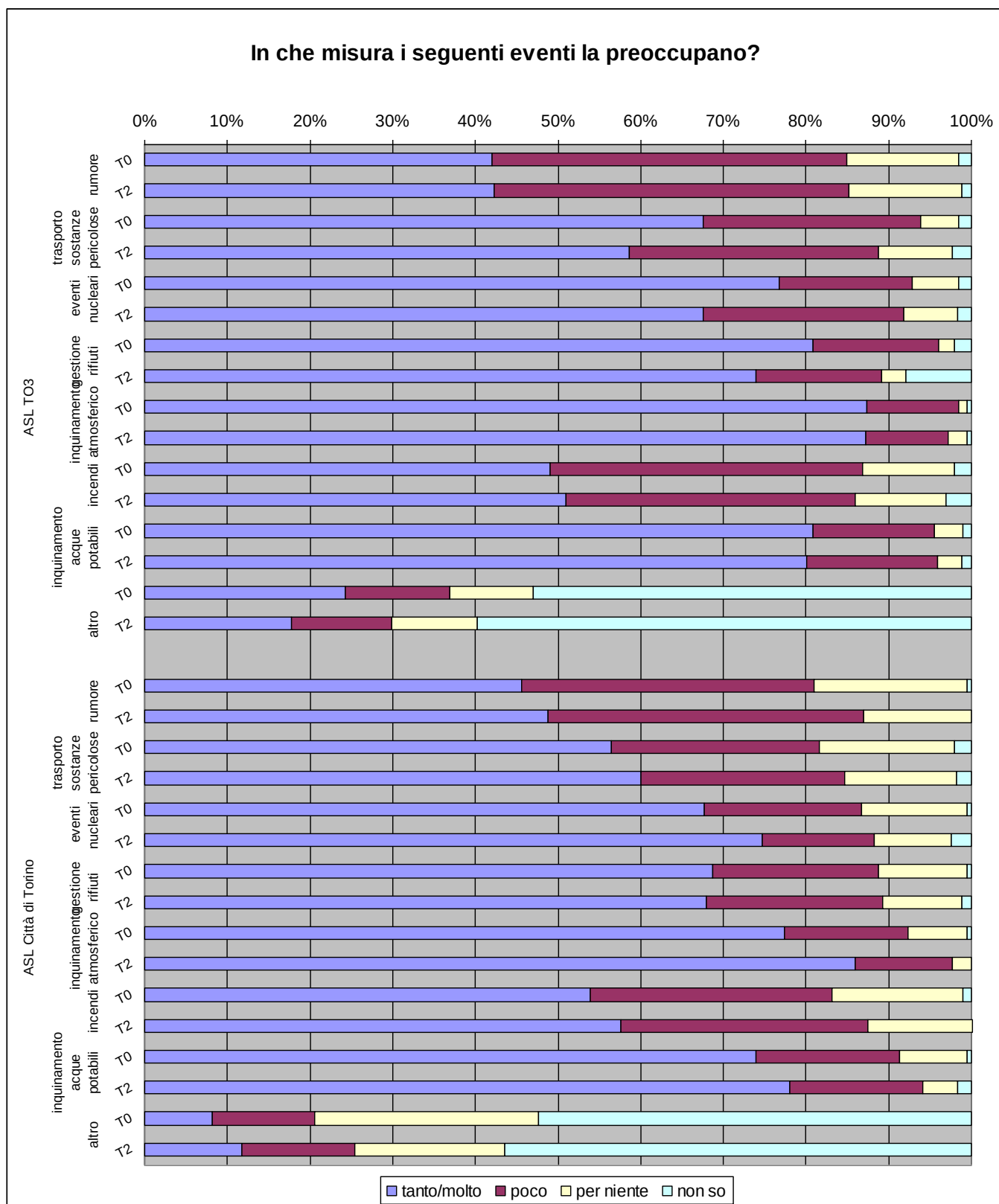


Fig 3.4: Confronto tra risposte al T0 e al T2 sulla percezione del rischio rispetto agli eventi di origine antropica diviso per ASL di residenza.

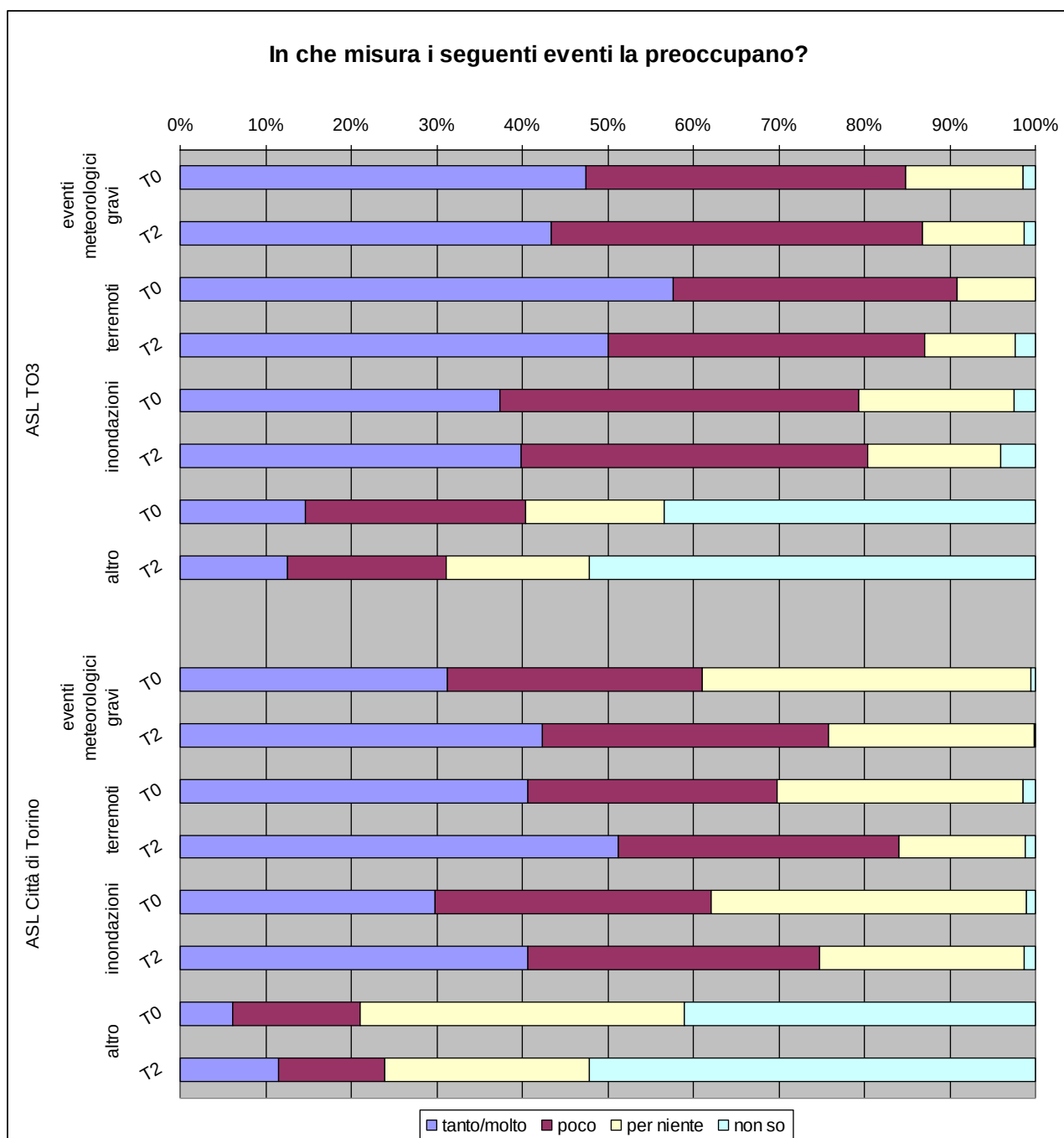


Fig 3.5: Confronto tra risposte al T0 e al T2 sulla percezione del rischio rispetto agli eventi di origine naturale diviso per ASL di residenza.

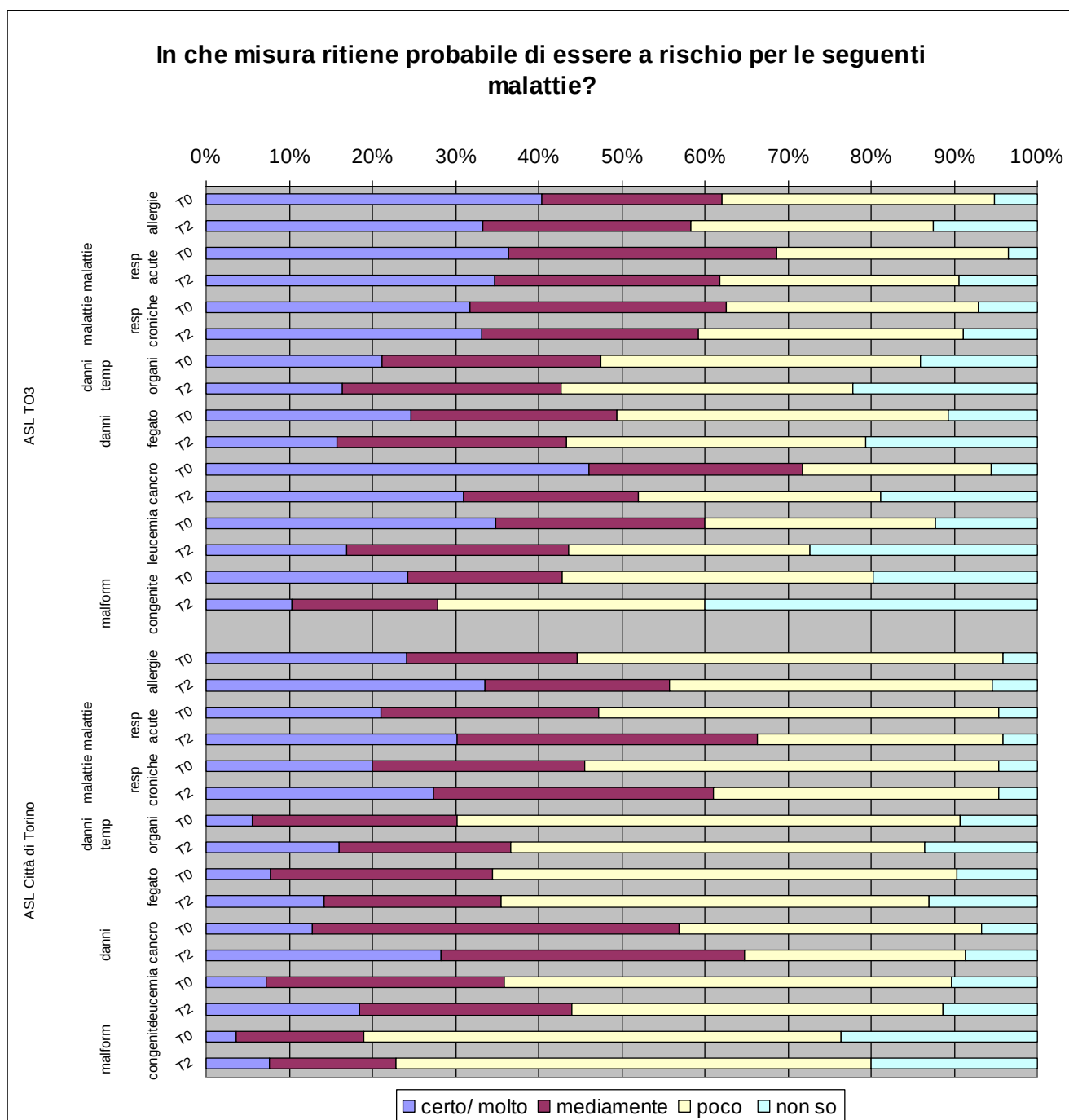


Fig 3.6: Confronto tra risposte al T0 e al T2 sulla percezione del rischio rispetto al ritenersi a rischio per un certo numero di malattie diviso per ASL di residenza.

4. Biomonitoraggio umano negli allevatori

I composti organo-alogenati quali PCDD, PCDF, e PCB sono altamente lipofili e si bio-accumulano nella catena alimentare concentrandosi nel tessuto adiposo degli animali e dell'uomo. Il consumo di alimenti di origine animale rappresenta la principale via di contaminazione per l'uomo. Gli allevatori che gestiscono le aziende presenti nell'area limitrofa al termovalorizzatore, per la tendenza a consumare i prodotti del proprio lavoro, possono essere considerati a maggior esposizione potenziale. Per tale ragione le attività di biomonitoraggio previste per i residenti sono state proposte a ulteriori 20 persone, campionate tra gli allevatori che gestiscono le aziende situate nella zona.

Dall'anagrafe veterinaria disponibile in Regione Piemonte (ARVET) sono stati selezionati, georeferenziati e mappati gli allevamenti presenti in un'area di 5 km intorno all'inceneritore. Sono stati esclusi gli allevamenti suini, equini, di conigli e di asini, ed è stata esclusa l'Università di Torino che, pur essendo situata nella zona di massima ricaduta, probabilmente non è soggetta a consumo diretto dei prodotti. Nella mappa (figura 4.1) sono riportate con colori diversi, le aree di ricaduta nelle zone circostanti l'inceneritore (rappresentato con un cerchio rosso). In viola sono rappresentati gli allevamenti presenti in ARVET e, in verde, i 20 allevamenti selezionati per il biomonitoraggio, tra cui 7 già oggetto di biomonitoraggio su matrici alimentari da parte del servizio veterinario area C di Rivoli. Sono stati individuati altri 5 allevamenti da contattare nel caso in cui uno dei primi 20 selezionati rifiutasse di partecipare al programma.

I 25 allevamenti selezionati sono situati nei comuni di Beinasco, Grugliasco, Orbassano, Rivalta e Rivoli. Di questi, 4 non sono stati considerati in fase di arruolamento: 2 persone decedute e 2 aziende per le quali, per errori anagrafici, non è stato possibile risalire ai titolari. 13 allevatori hanno accettato di partecipare allo studio. Tutti gli allevatori partecipanti al programma sono stati intervistati utilizzando lo stesso questionario preparato per i residenti. È stata aggiunta una domanda che indagava l'autoconsumo di prodotti animali come carne, uova, latte e derivati. In collaborazione con l'istituto zooprofilattico e con i servizi veterinari dell'ASL TO3, le aziende saranno oggetto di un'indagine ad hoc al fine di classificarle in base al tipo di alimentazione animale. Tutte le tabelle descrittive sono riportate in allegato B.

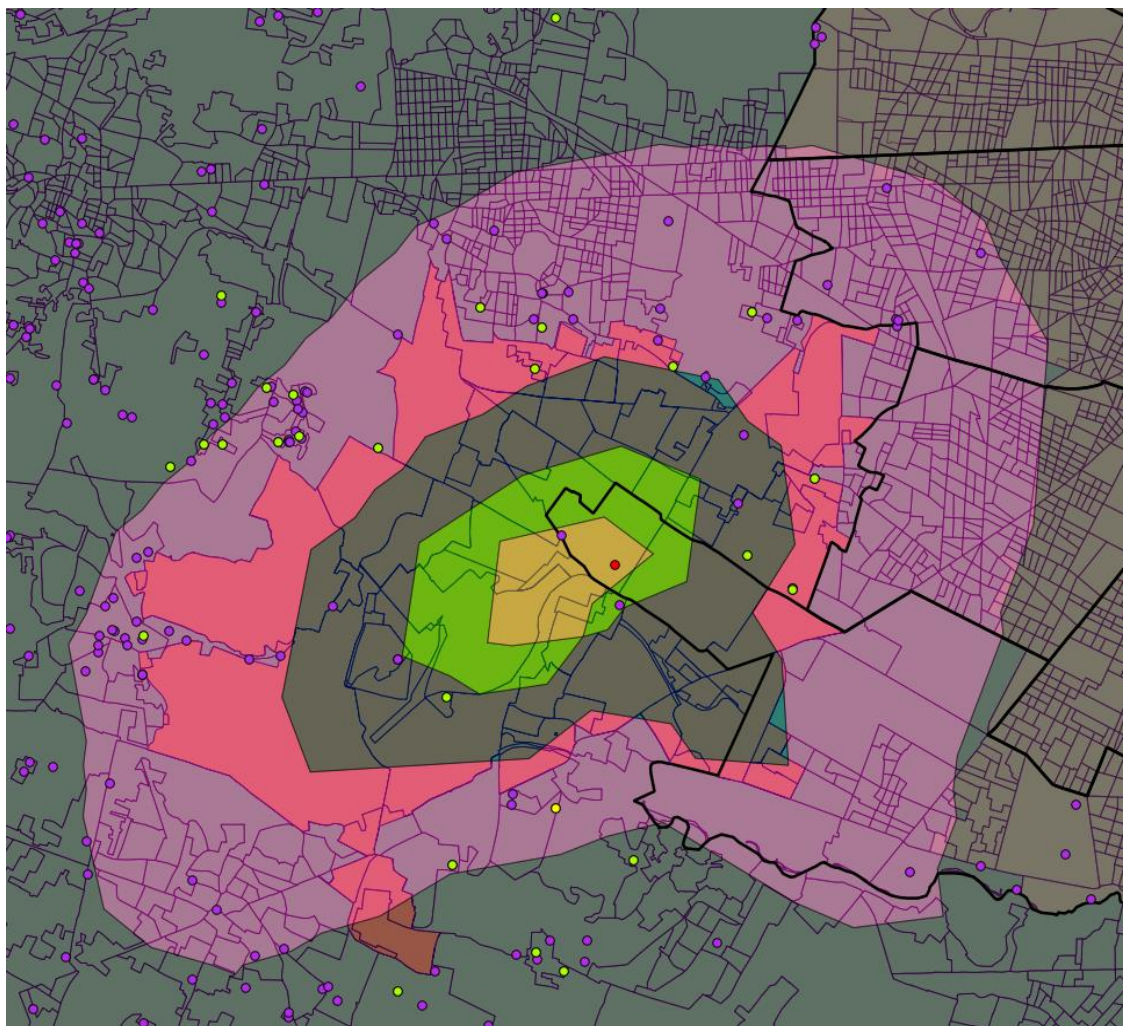


Fig. 4.1 Aree di ricaduta nelle zone circostanti l'inceneritore (rappresentato con un cerchio rosso). In viola sono rappresentati gli allevamenti presenti in ARVET e in verde gli allevamenti selezionati per il monitoraggio biologico.

4.1 Descrizione del campione in studio e stato di salute

Complessivamente hanno acconsentito a partecipare al programma 13 allevatori. Le analisi dei dati del questionario e sullo stato di salute riguardano tuttavia 14 persone dal momento che un ulteriore allevatore, la cui azienda agricola è compresa nel raggio di 5 Km intorno all'inceneritore, era stato selezionato tra i residenti. Tutti i soggetti sono di sesso maschile; l'età media è superiore (55,5 anni) rispetto a lavoratori e residenti. I 5 soggetti che risultavano fumatori al T0 (pari al 36% degli allevatori partecipanti) si riconfermano tali anche al T2.

Quattro allevatori (28.6% del totale) hanno dichiarato di consumare alcool (è definito esposto all'alcool un soggetto che assume più di 24 grammi di etanolo al giorno stimati sulla base delle quantità di vino, super alcolici e birra bevuti).

Quasi tutti gli allevatori (n=12) coinvolti nello studio di biomonitoraggio riferiscono all'intervista di avere un buono stato di salute (punteggio >7 su una scala da 1 a 10). Questo giudizio è confermato dai risultati delle analisi: in pochissimi casi i valori dei parametri ematochimici ed urinari misurati risultano fuori norma. Alcune persone presentano singoli parametri al di sopra o al di sotto dei valori di norma: la valutazione di tali risultati è ovviamente affidata al medico di famiglia.

Cinque persone dichiarano di essere affetti da una o più patologie pregresse. Le misurazioni effettuate nel corso dello studio hanno individuato sette soggetti con una pressione sistolica superiore a 140 mmHg o diastolica superiore a 90 mmHg. Un soggetto dichiara di essere in terapia ipocolesterolemizzante ed uno in terapia antidiabetica.

In media la funzionalità respiratoria risulta nella norma; pur tenendo presente che la bassa numerosità campionaria non permette conclusioni definitive, non emergono differenze stratificando per abitudine al fumo. Nessun allevatore riferisce patologie respiratorie (asma, enfisema, bronchite, broncopneumopatie croniche ostruttive) all'anamnesi. La funzionalità respiratoria è stata misurata tramite spirometria eseguita con uno spirometro portatile da personale individuato ad hoc dalla scuola di specializzazione in malattie dell'apparato respiratorio – Ospedale S. Luigi Gonzaga - dell'Università di Torino.

Tutti i risultati sull'analisi dello stato di salute sono riportate nell'appendice B al presente report.

4.2 Risultati del biomonitoraggio negli allevatori

Nella popolazione generale la principale via di esposizione a PCDD, PCDF, e PCB è rappresentata dalla dieta che costituisce più del 90% dell'esposizione totale. Gli alimenti che maggiormente contribuiscono sono quelli di origine animale, in particolare pesce e prodotti della pesca, latte e prodotti lattiero-caseari, carne e prodotti a base di carne.

Il meccanismo primario attraverso cui sostanze lipofile quali PCDD, PCDF, e PCB entrano nella catena alimentare di animali terrestri è dovuto a fenomeni di deposizione al suolo e

sull'apparato fogliare delle piante. Animali nutriti al pascolo o allevati "a terra" possono assumere insieme al foraggio quantità non trascurabili di suolo che, se contaminato, provoca un accumulo di queste sostanze nella carne, nel latte, o nelle uova.

Sulla base di queste considerazioni, le attività di biomonitoraggio sono state estese anche a un gruppo di allevatori che svolgono la propria attività in aziende limitrofe al termovalorizzatore e che presumibilmente sono più soliti della popolazione generale a consumare alimenti di produzione propria e locale.

Il piccolo campione studiato è dato da 12 allevatori di sesso maschile (allevamenti bovini e/o avicoli) che tra il 6 e il 9 giugno 2016 hanno effettuato i prelievi al poliambulatorio di Grugliasco (TO). L'allevatore che rientra nel gruppo dei residenti non ha effettuato il prelievo per le diossine neanche al T0, mentre un campione è risultato inutilizzabile ai fini delle analisi chimiche. Ciascuno dei 12 allevatori ha fornito un campione di sangue per la determinazione di PCDD, PCDF, DL-PCB, e NDL-PCB. I soggetti hanno un'età media di 55,5 anni (54 anni la mediana), con età comprese tra 41 e 68 anni. Nelle descrittive riportate in Tabella 4.1 non sono riportati il quinto percentile (P_5) ed il 95-esimo (P_{95}) percentile come per i residenti, in quanto, a causa della bassa numerosità campionaria, risultano uguali rispettivamente al minimo ed al massimo delle distribuzioni. In questi soggetti, i valori P_{50} e media per i PCDD+PCDF sono pari rispettivamente a 20,2 e 20,45 pgWHO-TE97/g lb. I DL-PCB presentano stime di P_{50} e media pari rispettivamente a 29,2 e 29,6 pgWHO-TE97/g lb. Infine, i TEQTOT presentano stime di P_{50} e media pari rispettivamente a 54,8 e 50,1 pgWHOTE97/g lb. Il contributo dei DL-PCB rispetto ai TEQTOT risulta mediamente pari al 59 % con valori compresi tra il 48% e il 79%. Per ciò che concerne gli NDL-PCB, le concentrazioni cumulative di Σ_{30} NDL-PCB vanno da 262,2 a 1864 ng/g lb, con stime di P_{50} e media pari rispettivamente a 586 e 715,8 ng/g lb. Mediamente i sei congeneri "indicatori" (Σ_6 NDL-PCB) rappresentano circa il 68% dei 30 NDL-PCB analizzati (Σ_{30} NDL-PCB). Analizzando singolarmente i dati si può notare come metà degli allevatori abbiano valori più in linea con la popolazione residente di sesso maschile, con valori prossimi al 95° percentile (giustificato anche da un'età media più elevata), mentre l'altra metà degli allevatori ha valori decisamente superiori.

Tab. 4.1: Statistica descrittiva inerente PCDD, PCDF, DL-PCB, e NDL-PCB relativamente ai 12 allevatori in studio al T2. Valori espressi in pgWHO-TE₉₇/g lb per PCDD+PCDF, DL-PCB, TEQ_{TOT}, e in ng/g lb per Σ_6 NDL-PCB e Σ_{30} NDL-PCB.

Contaminante	N ^a	X _{MIN}	P ₂₅	P ₅₀	GM	Media	P ₇₅	X _{MAX}
PCDD+PCDF	12	5,80	11,27	20,17	17,63	20,45	28,61	40,11
DL-PCB	12	8,05	12,22	29,23	23,82	29,62	35,70	83,45
TEQ _{TOT} ^c	12	16,70	22,05	54,80	42,22	50,08	63,65	105,1
Σ_6 NDL-PCB ^d	12	170,75	237	395,1	402,5	489,7	620	1281
Σ_{30} NDL-PCB ^e	12	262,24	353	586	596	715,8	900	1864

^a Numero di dati inclusi nella valutazione statistica.

^c Somma *medium bound* di PCDD+PCDF+DL-PCB.

^d Somma *medium bound* dei PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180.

^e Somma *medium bound* dei PCB 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.

Così come al T0, l'analisi di questo piccolo gruppo non permette conclusioni definitive per diverse ragioni, non ultimo il fatto che si tratta di un gruppo selezionato non rappresentativo della categoria indagata e che l'età è più elevata di quella della popolazione generale (41–68 anni per il gruppo degli allevatori vs 39–53 anni per la popolazione generale, con un'età media degli allevatori pari a 55,5 anni contro un'età media di 45,4 per la popolazione generale).

Pur considerando la differenza nelle età selezionate tra i residenti e gli allevatori, è stato effettuato un confronto con i soli residenti maschi, escludendo le donne in quanto presentano valori superiori. I valori del confronto tra residenti maschi e allevatori sono riportati in tabella 4.2. Negli allevatori i valori di PCDD, PCDF, DL-PCB e NDL-PCB risultano significativamente più alti rispetto alla popolazione residente di sesso maschile.

Tab. 4.2: Confronto PCDD, PCDF, DL-PCB e NDL-PCB T2 tra allevatori e maschi residenti; media, mediana (P50). p-value associato al test dei ranghi con segno di Wilcoxon. Valori espressi in pgWHO-TE97/g lb per PCDD+PCDF, DL-PCB, TEQ_{TOT} e in ng/g lb per Σ_6 NDL-PCB e Σ_{30} NDL-PCB.

	Media T2 residenti maschi	P₅₀ T2 residenti maschi	Media T2 allevatori	P₅₀ T2 allevatori	p-value
PCDD+PCDF	8,7	7,8	20,45	20,17	0.0002
DL-PCB	7,4	6,9	29,62	29,23	<0.0001
TEQ _{TOT} ^c	16,1	15,0	50,08	54,80	<0.0001
Σ_6 NDL-PCB ^d	132	118	489,7	395,1	<0.0001
Σ_{30} NDL-PCB ^e	193	174	715,8	586	<0.0001

^c Somma *medium bound* di PCDD+PCDF+DL-PCB.

^d Somma *medium bound* dei PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180.

^e Somma *medium bound* dei PCB 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.

È stato inoltre effettuato un test per valutare se vi siano differenze nei valori di PCDD, PCDF, DL-PCB e NDL-PCB negli allevatori al T0 rispetto al T2, registrando una diminuzione al T2 rispetto al T0, in analogia con la tendenza generale che si è verificata per i residenti (tabella 4.3). Tale diminuzione risulta statisticamente significativa per PCDD+PCDF, DL-PCB, TEQ_{TOT} e Σ_{30} NDL-PCB.

Tab. 4.3: Confronto PCDD, PCDF, DL-PCB e NDL-PCB negli allevatori tra T0 e T2; media, mediana (P50). p-value associato al test dei ranghi con segno di Wilcoxon. Valori espressi in pgWHO-TE97/g lb per PCDD+PCDF, DL-PCB, TEQ_{TOT} e in ng/g lb per Σ_6 NDL-PCB e Σ_{30} NDL-PCB.

	Media T0 allevatori	P₅₀ T0 allevatori	Media T2 allevatori	P₅₀ T2 allevatori	p-value
PCDD+PCDF	23,50	24,88	20,45	20,17	0.015
DL-PCB	33,14	33,39	29,62	29,23	0.015
TEQ _{TOT} ^c	56,6	60,8	50,08	54,80	0.015
Σ_6 NDL-PCB ^d	514,8	420	489,7	395	0.071
Σ_{30} NDL-PCB ^e	821,1	708	715,8	586	0.006

^c Somma *medium bound* di PCDD+PCDF+DL-PCB.

^d Somma *medium bound* dei PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180.

^e Somma *medium bound* dei PCB 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.

Sebbene più bassi del T0, i livelli di PCDD, PCDF, e PCB degli allevatori al T2 sono comunque piuttosto alti rispetto alla popolazione residente. Ad esempio la mediana dei valori di TEQ_{TOT} risulta essere pari a 54,8 negli allevatori, contro un valore di 15 nei residenti maschi, pari quindi a circa 3,5 volte il valore registrato nella popolazione residente di sesso maschile.

Una diminuzione nei livelli di PCDD, PCDF e PCB, così come nei residenti, è presente anche nel gruppo di allevatori in studio. Questa potrebbe essere collegata con un miglioramento generale nelle abitudini tra T0 e T2, anche se non si registrano differenze da questionario nel consumo di prodotti della propria azienda. Occorre anche sottolineare che nel periodo compreso tra novembre 2014 e febbraio 2015 sono state effettuate a cura del Servizio Veterinario dell'ASL T03 e della struttura semplice Biostatistica Epidemiologia e Analisi del Rischio dell'Istituto Zooprofilattico Sperimentale alcune attività di sopralluogo e informazione negli allevamenti coinvolti nel biomonitoraggio. A tutti gli allevatori è stato sottolineato che l'eventuale fenomeno di contaminazione ambientale da diossine e composti diossino-simili a cui potevano essere stati oggetto discende innanzitutto dalla convivenza forzata degli insediamenti zootecnici con quelli di tipo industriale. È stata fatta quindi una campagna di informazione delle modalità attraverso le quali i prodotti di origine animale da consumati o commercializzati dagli allevatori potevano essere più facilmente oggetto di esposizione ai contaminanti. A sostegno delle spiegazioni è stato consegnato a ciascuno un documento di buone pratiche zootecniche (*"Prevenzione della contaminazione da diossine e PCB in allevamento"* accessibile al sito <http://www.regione.piemonte.it/sanita/cms2/animali/allevamenti/968-manuali-di-buone-pratiche-di-allevamento>), precedentemente sviluppato da parte dell'Istituto Zooprofilattico in collaborazione con la ASL T03 per la Regione Piemonte e inteso a fornire informazioni e a prevenire o ridurre l'esposizione a sorgenti di microinquinanti.

5. Discussione e conclusioni

Nel presente rapporto sono descritti i livelli di PCDD, PCDF, e PCB determinati dopo tre anni di attività dell'impianto (T2) di termovalorizzazione nel siero ematico di 85 soggetti reclutati per il biomonitoraggio, di cui 41 residenti nell'area di maggior ricaduta delle emissioni dell'impianto e 44 in un'area di controllo dell'ASL Città di Torino. Sono inoltre descritti i livelli di PCDD, PCDF, e PCB per 12 allevatori (tutti di sesso maschile) residenti in un'area prossima all'impianto. Per tutti i soggetti coinvolti nel biomonitoraggio sono infine presentati i risultati sullo stato di salute generale e sulla percezione del rischio.

Per quanto concerne il confronto tra i residenti nell'ASL TO3 (più vicini all'impianto) e residenti nell'ASL Città di Torino (al di fuori dell'area di ricaduta previsionale), si osservano al T2 valori simili di PCDD, PCDF, e PCB. In analogia con quanto visto al T0 (prima dell'avvio dell'impianto), i valori misurati negli allevatori risultano essere più alti rispetto alla popolazione residente.

Il confronto temporale tra T0 e T2 mostra come vi sia una generale diminuzione nei livelli di PCDD, PCDF, e PCB. La significativa riduzione dei livelli di esposizione nella popolazione residente è coerente con la documentata diminuzione negli anni dei livelli di diossine e PCB nelle matrici ambientali e alimentari presentata nei rapporti dell'EFSA e rientra in un quadro europeo di politiche volte a mettere limiti sempre più restrittivi, in particolar modo su diossine e furani. Si osserva in entrambe le popolazioni un trend statisticamente significativo in diminuzione. Stessa tendenza si evidenzia anche nel sottogruppo degli allevatori. In regione Piemonte, in accordo con le politiche europee si sono portate avanti verso le categorie a maggiore esposizione (allevatori) condivisione di buone pratiche per ridurre il livello di esposizione negli animali, al fine di ridurre i valori di PCB, PCDD e PCDF da parte dell'Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Piemonte, Liguria e Valle d'Aosta.

Dal punto di vista operativo, le modalità di prelievo ed il laboratorio che ha effettuato le analisi (Istituto Superiore di Sanità) sono gli stessi al T0 e al T2.

Per quanto riguarda lo stato di salute generale dei residenti coinvolti nello studio di biomonitoraggio, questo è stato valutato attraverso esami di laboratorio di ematochimica generale, una selezione di test ormonali, test di funzionalità respiratoria, misurazione della pressione arteriosa e raccolta di informazioni attraverso apposito questionario. Considerati

nel complesso, quindi senza focalizzarsi su individui affetti da patologie che possono avere particolari valori ematochimici alterati, i risultati sono simili nei due gruppi coinvolti nello studio. Come atteso i soggetti fumatori presentano valori di funzionalità respiratoria peggiori rispetto agli altri.

Il questionario sulla percezione del rischio ha permesso infine di valutare tramite questionario possibili differenze tra le due ASL riguardo alla preoccupazione verso i temi ambientali. I residenti dell'ASL TO3 si ritengono mediamente più a rischio per allergie, danni al fegato, leucemia e malformazioni congenite, così come hanno una preoccupazione maggiore per eventi meteorologici gravi e la gestione dei rifiuti. Così come al T0, il personale sanitario resta tra i soggetti ritenuti più affidabili per fornire informazioni.

Sebbene i livelli di PCDD, PCDF, e PCB misurati siano molto bassi e con un trend in decremento, in considerazione della natura chimica di diossine e furani che sono persistenti organici con un tempo lungo di emivita e di presenza quindi nell'ambiente, al fine di monitorare nel tempo l'assenza del contributo del termovalorizzatore alla presenza di queste sostanze nell'ambiente e nella popolazione, si ritiene utile effettuare almeno un'altra misurazione nei prossimi anni.



Bibliografia

1. Bena A, Chiusolo M, Oreglia M, Cadum E, Farina E, Musmeci L, Procopio E, Salamina G e il gruppo di lavoro SPoTT (2016). *Sorveglianza sulla Salute della popolazione nei pressi del termovalorizzatore di Torino (SPoTT): presentazione del programma di sorveglianza*. Epidemiologia e Prevenzione. 2016,40(5):366-73.
2. Armin B., Jorg L. (2000). Endocrine disruptors. *Environmental Science and Pollution Research* 6, 44–48.
3. Chovancová J., Čonka K., Fabišikova A., Zuzana Stachova Sejakova a, Milena Domotorova b, Beata Drobna a, Son'a Wimmerova, (2012). PCDD/PCDF, dl-PCB and PBDE serum levels of Slovak general population. *Chemosphere* 88, 1383–1389.
4. Costopoulou D., Vassiliadou I., Papadopoulos A., Makropoulos V., Leondiadis L. (2006). Levels of dioxins, furans and PCBs in human serum and milk of people living in Greece. *Chemosphere* 65, 1462–1469.
5. De Felip E., Bianchi F., Bove C., Cori L., D'Argenzio A., D'Orsi G., Fusco M., Miniero R., Ortolani R., Palombino R., Parlato A., Pelliccia M.G., Peluso F., Piscopo G., Pizzuti R., Porpora M.G., Protano D., Senofonte O., Russo Spena S., Simonetti A., di Domenico A. (2014). *Priority persistent contaminants in people dwelling in critical areas of Campania Region, Italy (SEBIOREC biomonitoring study)*. Science of the Total Environment 487, 420–435.
6. Ferriby L.L., Knutsen J.S., Harris M., Unice K.M., Scott P., Nony P., Haws L.C., Paustenbac D, (2007). Evaluation of PCDD/F and dioxin-like PCB serum concentration data from the 2001–2002 National Health and Nutrition Examination Survey of the United States population. *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* 17, 358–371.
7. Hsu J.F., Chang Y.C., Liao P.C. (2010). Age-dependent congener profiles of polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins and dibenzofurans in the general population of Taiwan. *Chemosphere* 81, 469–477.
8. Sharshi B., Kulshrestha G. (1997). Gas chromatographic analysis of polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins and dibenzofurans. *Journal of Chromatography A* 774, 97–109.

9. Yu B.W., Jin G.Z., Moon Y.H., Kim M.K., Kyoung J.D., Chang Y.S. (2006). Emission of PCDD/Fs and dioxin-like PCBs from metallurgy industries in S. Korea. *Chemosphere* 62, 494–501.
 10. Zubero M.B., Aurrekoetxea J.J., Ibarluzea J.M., Rivera J., Parera J., Abad E., Rodríguez C., Sáenz J.R. (2011). Evolution of PCDD/Fs and dioxin-like PCBs in the general adult population living close to a MSW incinerator. *Science of the Total Environment* 410–411, 241–247.
 11. GEMS/Food (2003). *Regional Diets (Appendix 4: Evaluation of low level contamination of foods)*. Global Environment Monitoring System, Food Contamination Monitoring and Assessment Programme, Food Safety Department, World Health Organization (Geneva, Switzerland).
 12. EFSA (European Food Safety Authority) (2018). Report for 2016 on the results from the monitoring of veterinary medicinal product residues and other substances in live animals and animal products. DOI: 10.2903/sp.efsa.2018.EN-1358.
 13. Coi A, Minichilli F, Bustaffa E, Carone S, Santoro M, Bianchi F, et al. Risk perception and access to environmental information in four areas in Italy affected by natural or anthropogenic pollution. *Environment International* 2016; 95: 8-15.
 14. Cori L. Finalità e criticità del processo di comunicazione. In Bianchi F, Comba P (a cura di). *Indagini epidemiologiche nei siti inquinati: basi scientifiche, procedure metodologiche e gestionali, prospettive di equità* Rapporti ISTISAN 06/19 2006; pagg. 85-114.
- 