



**Sorveglianza sulla salute della
Popolazione nei pressi del
Termovalorizzatore di
Torino**

Rapporto n° 7

Biomonitoraggio dei lavoratori addetti all'impianto di termovalorizzazione dei rifiuti di Torino

**Risultati sui livelli di bioaccumulo di metalli dopo tre anni dall'avvio
dell'impianto**

febbraio 2018

Rapporto a cura di

Antonella Bena¹
Elena Farina¹
Manuela Oreggia¹
Franco Ghione²
Marco Fontana²
Denis Bolognese²
Alessandro Alimonti³
Beatrice Bocca³
Anna Pino³
Flavia Ruggieri³

¹ Struttura Complessa a Direzione Universitaria Servizio Sovrazonale di Epidemiologia - ASL TO3

² Struttura Rischio Industriale e Igiene Industriale - ARPA Piemonte

³ Istituto Superiore di Sanità - U.O. Esposizione Umana a Contaminanti Ambientali - Dipartimento Ambiente e Salute

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

ARPA Piemonte - Struttura Rischio e Igiene Industriale

Marco Fontana

Franco Ghione

Denis Bolognese

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

Alessandro Alimonti

Beatrice Bocca

Flavia Ruggieri

Anna Pino

Le analisi generali sui campioni biologici sono state effettuate da:

ASL TO1 - Laboratorio centrale dell'Ospedale Oftalmico


Simona Cifoli

Maria Salvaggio

Maurizio Vana

Maura Zanellato

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



Indice

Sintesi del settimo rapporto di studio.....	5
Introduzione	
1 L'impianto.....	11
1.1 Il percorso dei rifiuti	12
1.1.1 Il conferimento.....	12
1.1.2 Lo stoccaggio.....	12
1.1.3 La combustione	12
1.1.4 La depurazione dei fumi.....	12
1.1.5 La gestione dei residui.....	13
2 Imprese e lavoratori operanti presso l'impianto.....	15
2.1 Le imprese operanti in impianto	15
2.1.1 Periodo di gestione provvisoria.....	16
2.1.2 Periodo di esercizio commerciale	18
2.2 Ditte coinvolte nel biomonitoraggio umano	20
3 Materiali e metodi	22
3.1 Disegno dello studio.....	22
3.2 Adesione allo studio.....	22
3.3 Analiti in studio.....	23
3.4 Metodi di analisi chimica.....	24
3.5 Metodi statistici.....	25
3.6 Monitoraggio ambientale	27
3.6.1 Analiti e metodi di analisi strumentale.....	27
3.6.2 Monitoraggio ambientale 2016	28
3.6.3 Monitoraggio ambientale 2017	28
4 Risultati	30
4.1 Risultati del biomonitoraggio dopo 3 anni (T2).....	30
4.1.1 Stato di salute generale	31
4.1.2 Metalli.....	33
4.2 Confronti dei risultati dei metalli al T2 con il baseline (T0) e con il primo controllo (T1)	37
4.3 Risultati della rilevazione trasversale (Tx)	42
4.3.1 Stato di salute generale	43
4.3.2 Metalli.....	45
4.4 Risultati dei monitoraggi ambientali.....	48
4.4.1 Risultati del campionamento 2016	48
4.4.2 Risultati analitici 2017	49
4.4.3 Confronti fra le diverse campagne	50
5 Discussione	52

6 Conclusioni 57
7 Bibliografia..... 59



Sintesi del settimo rapporto di studio

Il programma SPoTT ha attuato una linea di monitoraggio appositamente dedicata ai lavoratori dell'impianto di termovalorizzazione che ha previsto sia confronti temporali (prima e dopo l'inizio dell'attività professionale presso l'impianto) sia tra gruppi di esposizione differenti (non esposti -NE- se con mansioni amministrative e dirigenziali; potenzialmente esposti -PE- se tecnici e operai addetti alle linee di incenerimento).

Le mansioni potenzialmente più esposte alle sostanze pericolose sono state prevalentemente affidate a imprese con contratti in appalto: dal 2013 hanno operato presso l'impianto almeno 183 aziende esterne; solo nel primo semestre del 2017 hanno operato, in attività professionali di diversa natura, circa 400 dipendenti di 80 aziende appaltatrici. Il biomonitoraggio è stato quindi esteso anche a un gruppo di lavoratori di ditte esterne: in questo caso, data la natura temporanea dei loro contratti, non è stato possibile effettuare un confronto temporale (prima e dopo l'inizio attività) e si è quindi condotto uno studio trasversale.

Il biomonitoraggio è consistito nel prelievo di campioni di urina e di sangue al fine di ricercare l'eventuale presenza di sostanze tossiche, quali: metalli, metaboliti idrossilati degli idrocarburi policiclici aromatici (OH-IPA), policlorobifenili (PCB), e diossine (PCDD, PCDF). Al fine di valutare lo stato di salute generale dei lavoratori sono stati inoltre determinati i comuni parametri ematochimici di base, una selezione di parametri ormonali, renali ed epatici, ed è stata eseguita la misurazione della pressione arteriosa e della funzionalità respiratoria. Attraverso un'intervista individuale sono stati raccolti dati anamnestici, dati sulla storia lavorativa e sulle abitudini alimentari e voluttuarie utili per l'interpretazione dei risultati. Con la medesima intervista sono state raccolte informazioni per valutare la percezione del rischio.

Parallelamente sono state condotte due campagne di monitoraggio ambientale indoor per definire l'esposizione a inquinanti ambientali all'interno dell'impianto.

35 lavoratori hanno partecipato alla fase T2, ossia il 79% dei lavoratori che hanno aderito alla fase iniziale (T0). Hanno partecipato alla fase Tx, 30 lavoratori appartenenti a 4 imprese in appalto operanti nei locali a maggior presenza di sostanze inquinanti (avanfossa, area scorie, area sili, locale caldaia-stoccaggio big bag, fossa RSU, manutenzione delle fornaci).

Risultati dopo tre anni dall'assunzione presso l'impianto (T2)

Sulla base delle analisi effettuate, i 35 lavoratori coinvolti nello studio di biomonitoraggio al T2 mostrano un buono stato di salute generale: in media nessuno tra i parametri ematochimici,

ormonali, renali, di funzionalità epatica e di funzionalità respiratoria misurati risulta fuori norma. Il 71% dei lavoratori dichiara all'intervista di avere un buono stato di salute.

In generale per la maggior parte dei metalli, le concentrazioni urinarie al T2 risultano simili nei lavoratori PE e nei lavoratori NE. Fanno eccezione, risultando significativamente più alti nei campioni di urina dei lavoratori PE, i livelli di antimonio, di palladio, di platino e di tallio. Anche confrontando i valori dei lavoratori PE con quelli della popolazione maschile generale SPoTT, si trovano alcune differenze statisticamente significative: nei PE risultano più alte le concentrazioni di antimonio, cadmio, manganese e platino; invece risultano inferiori le concentrazioni di berillio, anche se di poco, e zinco. I valori mediani di tutti i metalli analizzati nelle urine dei lavoratori al T2 per i quali esiste un riferimento SCOEL o ACGIH sono inferiori ai valori limite di esposizione occupazionale.

Analisi dei metalli: confronti dei risultati dei metalli al T2 con quelli del baseline (T0) e con quelli del primo controllo (T1)

Analizzando i risultati a tre anni dall'assunzione, nei lavoratori per i quali sono disponibili le analisi delle fasi precedenti di biomonitoraggio (T0 o T1), si riscontra che la maggior parte dei metalli indagati presenta concentrazioni significativamente più basse di quelle osservate precedentemente.

A una generale diminuzione delle concentrazioni dei metalli fanno eccezione il manganese, che ha un significativo trend in crescita, ed anche il platino e l'antimonio per cui i valori al T2 sono significativamente più alti dei valori al T1 e più alti dei valori al T0 ma in modo statisticamente non significativo. Per quanto riguarda, invece, il cadmio si osservano dei valori al T2 inferiori al T0, ma superiori al T1.

Effettuando gli stessi confronti temporali, ma stratificando i lavoratori per livello di esposizione si evidenziano alcune differenze. Tra i lavoratori NE si osserva un trend significativo in diminuzione per mercurio, iridio, antimonio e tallio. Tra i lavoratori PE si osserva invece un trend significativo in diminuzione per berillio, mercurio, iridio e nichel mentre si ha un trend significativo in aumento per il manganese, ed in aumento, anche se non significativo, per platino e antimonio.

Dal confronto dei lavoratori maschi con i residenti maschi della popolazione SPoTT, si vede che il manganese e l'antimonio hanno un trend in aumento tra i lavoratori rispetto ai residenti. Il platino è l'unico metallo le cui concentrazioni aumentano nel tempo sia nei lavoratori sia nei residenti.

Risultati della rilevazione trasversale sui lavoratori delle ditte in subappalto (Tx)

I 30 lavoratori coinvolti nello studio di biomonitoraggio al Tx hanno un buono stato di salute generale: in media nessuno tra i parametri ematochimici ed urinari misurati risulta fuori norma. Il 90% dei lavoratori dichiara all'intervista di avere un buono stato di salute.

I valori dei lavoratori in subappalto risultano superiori a quelli misurati nei PE al T2 per berillio e piombo, mentre risultano inferiori le concentrazioni di arsenico, manganese e platino. Le concentrazioni di tutti i metalli analizzati risultano comparabili tra i lavoratori esposti e quelli non esposti a ceneri suggerendo che la mansione svolta non influisca sui livelli urinari. I valori mediani di tutti i metalli analizzati nelle urine dei lavoratori al Tx per i quali esiste un riferimento SCOEL o ACGIH sono inferiori ai valori limite di esposizione occupazionale.

Risultati dei monitoraggi in ambiente di lavoro

Le rilevazioni ambientali al 2017 confermano concentrazioni di metalli in aria inferiori al limite di rilevabilità strumentale nella maggior parte delle aree dell'impianto e quindi non evidenziano la presenza di un'esposizione professionale a metalli.

Conclusioni

I risultati del biomonitoraggio mostrano che le concentrazioni della maggior parte dei metalli sono diminuite nel tempo. La tendenza all'aumento di manganese, antimonio e platino, nei lavoratori TRM, è da attribuirsi a esposizioni complesse relative sia all'ambiente (vicinanza ad attività industriali, urbane e antropiche) sia allo stile di vita (ad esempio la dieta, che rappresenta una delle principali vie di assunzione per diversi metalli). A queste vanno aggiunti anche altri fattori individuali quali la suscettibilità e il metabolismo.

Le rilevazioni ambientali al 2017 non evidenziano la presenza di un'esposizione professionale a metalli.

Confrontando i valori dei lavoratori dell'azienda gestore al T2 con quelli dei lavoratori di imprese in subappalto, impegnati nelle aree a maggior esposizione potenziale ad inquinanti, si evince che questi ultimi hanno concentrazioni di manganese e platino più basse. Anche questo conferma che tali metalli non sono da attribuirsi all'ambiente di lavoro.

Per quanto riguarda i metalli in aumento i risultati trovati sono in linea o inferiori a quelli segnalati nella letteratura riguardante i lavoratori in altri impianti di incenerimento o esposti a

metalli e sono comparabili con gli intervalli della popolazione generale non esposta evidenziati in diversi studi di biomonitoraggio anche internazionali.

Alla luce di tali risultati si valuta opportuno, in futuro, e fino al termine dell'attività dell'impianto, mantenere il monitoraggio dell'aria in ambiente di lavoro come strumento di controllo delle esposizioni lavorative. Si suggerisce inoltre di proseguire le attività di ricostruzione della coorte di lavoratori impiegati presso l'impianto, sia dipendenti TRM sia delle imprese in subappalto che operano continuativamente presso le aree a maggior rischio potenziale, raccogliendo sia informazioni sullo stato di salute che sugli stili di vita dei lavoratori. Al contrario, non si ritiene necessario programmare ulteriori controlli su campioni biologici, che potrebbero essere reintrodotti nel caso in cui i dati ambientali rilevati dovessero segnalare un significativo aumento dell'esposizione o si fosse in presenza di incidenti critici.



Introduzione

Il presente rapporto si colloca all'interno del **Programma di Sorveglianza della Popolazione nei pressi del Termovalorizzatore di Torino** (*Programma SPoTT*).

SPoTT è un sistema di sorveglianza che ha l'obiettivo generale di valutare potenziali effetti avversi sulla salute dell'inquinamento ambientale nelle aree circostanti il termovalorizzatore di Torino. E' attuato da ASL TO1 (ora ASL CITTA' DI TORINO) e ASL TO3 in collaborazione con ARPA Piemonte e Istituto Superiore di Sanità su mandato specifico della Provincia di Torino (ora Città Metropolitana). 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 della SC a DU – Servizio di Epidemiologia di riferimento regionale 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.

Conformemente a quanto richiesto dalla Legge, 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.

Il programma è organizzato in 4 linee progettuali che riguardano la popolazione residente e i lavoratori dell'impianto di incenerimento¹. Ognuna di esse è affidata, per competenza, a gruppi di specialisti appartenenti ai diversi Enti che compongono il Gruppo di Lavoro.

Le attività riguardanti i lavoratori comprendono:

- il monitoraggio della coorte attraverso la raccolta e l'aggiornamento periodico di informazioni anagrafiche e lavorative degli addetti al termovalorizzatore;
- il monitoraggio delle esposizioni ambientali all'interno dell'impianto;
- il monitoraggio di biomarcatori di esposizione (analogo a quello previsto per lo studio campionario di popolazione).

Questo documento è il settimo della collana dei report illustrativi dei risultati del *Programma SPoTT*, ed è il terzo che riguarda i lavoratori dell'impianto di termovalorizzazione del Gerbido. In particolare nel Report 4, che si trova sul sito di SPoTT (http://www.dors.it/spott_home.php), sono riportati tutti i risultati al baseline (T0) e dopo 1

anno di lavoro nell'impianto (T1) per quanto riguarda sia i metalli sia gli inquinanti organici. Responsabile della linea di attività è la SC a DU – Servizio di Epidemiologia di riferimento regionale dell'ASL T03 insieme alla SS Rischio Industriale ed Igiene industriale di ARPA Piemonte e all'Istituto Superiore di Sanità.

Obiettivi principali del rapporto 7 sono i seguenti: descrivere le imprese e i lavoratori operanti in impianto da aprile 2013 a giugno 2017; descrivere le esposizioni ambientali rilevate in impianto nel 2016 e nel 2017; presentare i risultati dello studio di biomonitoraggio effettuato sui lavoratori dipendenti di TRM e su un gruppo di lavoratori dipendenti di imprese in subappalto impegnati nelle aree a maggior esposizione potenziale ad inquinanti. In particolare vengono descritti i risultati relativi alla determinazione dei parametri ematologici e urinari di base e dei metalli determinati nelle urine e del piombo nel sangue. Questi ultimi, per i lavoratori TRM, sono confrontati con i risultati dei prelievi effettuati prima dell'assunzione (fase T0) e dopo un anno dall'assunzione (fase T1).

Un gruppo di autori si è fatto carico della redazione di questo documento, ma è stato possibile realizzare le diverse attività del Programma 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, condivisi nella metodologia, nelle procedure e negli esiti dal Comitato Tecnico Scientifico, sono disponibili sul sito web creato per il programma (www.dors.it/spott). Sullo stesso sito sono disponibili i risultati dei precedenti rapporti.

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 L'impianto

Costruito tra il 2010 e il 2013 in località Gerbido, il termovalorizzatore di Torino è stato inizialmente autorizzato a 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, a seguito della revisione dell'autorizzazione integrata ambientale (A.I.A.), il termovalorizzatore ha ottenuto la possibilità di operare a saturazione del carico termico e quindi aumentare la capacità fino a 490 mila tonnellate annue.

L'impianto incenerisce due tipi di rifiuti:

- rifiuti urbani indifferenziati a valle della raccolta differenziata
- rifiuti speciali assimilabili agli urbani, solo ad eventuale complemento degli urbani, fino ad un massimo di 124 mila tonnellate all'anno

L'impianto si articola su tre linee di combustione parallele e gemelle, che hanno in comune il sistema di stoccaggio dei rifiuti in ingresso e dei rifiuti prodotti, un impianto termico a vapore per la produzione di elettricità/calore e un camino. E' inoltre presente una palazzina dei servizi amministrativi, una per lo staff d'impianto, un magazzino, un'officina e l'edificio con la pesa. Nel presente rapporto vengono descritte le aree dell'impianto di maggior interesse ai fini dell'obiettivo dello studio (fig. 2.1. - fonte TRM).

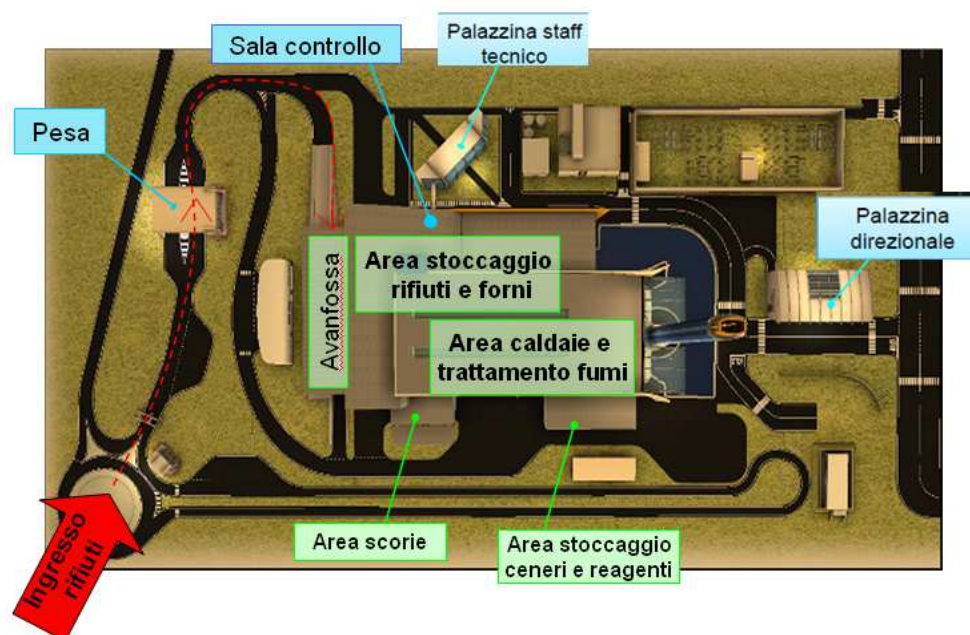


Fig. 2.1. Planimetria dell'area dell'impianto con localizzazione delle aree di maggior interesse per il presente Rapporto

1.1 Il percorso dei rifiuti

1.1.1 *Il conferimento*

Il conferimento dei rifiuti all'impianto avviene attraverso i camion di raccolta.

All'ingresso dell'impianto, gli automezzi sono sottoposti ad un controllo automatico della radioattività attraverso un sistema a portale: in caso di superamento della soglia prevista, i mezzi vengono bloccati e sottoposti ad ulteriori controlli. Successivamente i veicoli passano alla pesa dove viene registrato il carico trasportato. La pesatura degli automezzi di conferimento è effettuata sia in ingresso sia in uscita dall'impianto. I rifiuti in ingresso subiscono un controllo a campione che ne verifica l'appropriatezza di conferimento.

I camion giungono poi all'avanfossa, un grande capannone posto in lieve depressione per evitare la dispersione di cattivi odori; qui, attraverso 10 apposite aperture, i camion scaricano il loro contenuto direttamente nella fossa di accumulo dei rifiuti.

1.1.2 *Lo stoccaggio*

All'interno della fossa di accumulo, i rifiuti sono mescolati da due benne a polipo – sorrette ciascuna da un carroponete – allo scopo di rendere più omogeneo il combustibile. Ogni benna preleva i rifiuti e li trasferisce nelle tre tramogge di carico (una per ciascuna linea di combustione) attraverso le quali i rifiuti giungono nelle camere di combustione. Su uno dei lati corti della fossa e in posizione rialzata rispetto ad essa, è posta la cabina dei gruisti che, attraverso una grande vetrata, hanno un'ampia visione della stessa e manovrano le benne.

1.1.3 *La combustione*

Il rifiuto, dopo essere entrato in caldaia dalla tramoggia di carico, è spinto su una griglia mobile che, attraverso un movimento meccanico continuo, assicura una costante miscelazione degli strati di rifiuti e consente una combustione più uniforme. Il ciclo di combustione dura all'incirca 1 ora alla temperatura di circa 1200°C.

1.1.4 *La depurazione dei fumi*

I fumi sprigionati dalla combustione, prima di poter essere immessi in atmosfera, devono essere depurati. Ciò avviene attraverso 4 passaggi:

- un elettrofiltro a 3 stadi per l'abbattimento delle polveri di caldaia (particolato solido); le piastre dell'elettrofiltro vengono periodicamente ripulite con un sistema meccanico a percussione che fa cadere le ceneri raccolte nelle tramogge sottostanti. Tali ceneri sono stoccate in sili appositi (insieme a quelle provenienti dalla caldaia) ed inviate agli impianti di smaltimento/recupero tramite automezzi;
- un reattore a secco per l'abbattimento di gas acidi, diossine, furani e metalli pesanti; i fumi vengono fatti reagire con bicarbonato di sodio e carboni attivi e si producono CO₂, H₂O, N₂ che vengono espulsi dal camino o raccolti come residui solidi pericolosi (PSR o prodotti sodici residui) dal successivo filtro a maniche;
- un gruppo di filtri a maniche per raccogliere il PSR prodotto nel reattore a secco e i prodotti solidi non trattiene dall'elettrofiltro; la pulizia delle maniche avviene in maniera periodica tramite impulsi d'aria compressa in contropressione che scuotono le maniche fino a far cadere le polveri nelle tramogge sottostanti. Il PSR è stoccato in appositi sili o big bags e periodicamente prelevato per l'invio al recupero;
- un reattore catalitico di abbattimento degli ossidi di azoto (SCR); qui i fumi provenienti dal filtro a maniche reagiscono con gas contenenti ammoniaca. Gli NO_x presenti nei fumi reagiscono con l'ammoniaca grazie a dei catalizzatori (ossidi di vanadio, titanio e tungsteno) presenti sulle superfici ceramiche del reattore.

Il sistema di trattamento fumi termina con il ventilatore di aspirazione, che mantiene in depressione l'intera linea a partire dalla fossa rifiuti.

Dopo essere stati depurati e analizzati, i fumi vengono emessi in atmosfera tramite il camino dove si convogliano le canne fumarie delle tre linee.

1.1.5 *La gestione dei residui*

Il processo di termovalorizzazione genera residui che derivano dalla combustione (scorie e residui ferrosi pari al 21% dei rifiuti in ingresso) e dalla depurazione dei fumi (ceneri e PSR).

Le scorie di combustione sono raccolte in fondo alla griglia e convogliate in apposite "culle" piene d'acqua dove vengono spente e raffreddate; quindi, attraverso dei nastri trasportatori, vengono stoccate in una fossa dedicata e da qui caricate su automezzi per essere trattate in appositi impianti di inertizzazione. Lungo il percorso verso la fossa di raccolta, alcune elettrocalamite separano dalle scorie eventuali residui ferrosi (circa 2% dei rifiuti), che vengono stoccati a parte per poter essere riciclati.

Le ceneri leggere (circa 2%), invece, derivano dall'attività dell'elettrofiltro mentre i PSR si formano in seguito alla reazione a secco e vengono trattenuti dal filtro a maniche; entrambi questi residui sono classificati come pericolosi e vengono stoccati in appositi sili o big bags fino a quando, periodicamente, vengono avviati a recupero o a smaltimento.



2 Imprese e lavoratori operanti presso l'impianto

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. La gestione, per un periodo temporale di 20 anni, è in carico a TRM (Trattamento Rifiuti Metropolitani S.p.A). La società è a capitale misto: oltre l'80% delle quote azionarie sono detenute da **TRM V. S.p.A.** (di proprietà del Gruppo IREN) ed il 20% delle azioni sono detenute da **soci pubblici**; tra questi, il Comune di Torino risulta ad oggi il socio di maggioranza con circa il 18% delle quote totali mentre il restante 2% è suddiviso tra altri comuni della Città Metropolitana.

La costruzione dell'impianto è stata realizzata da un'Associazione Temporanea di Imprese con capogruppo una società francese specializzata nella progettazione di impianti analoghi. Da aprile 2013 la gestione dell'impianto è passata a TRM mentre dal novembre 2014 l'intera attività di global service è stata esternalizzata ad imprese terze. Pertanto, oltre ai dipendenti TRM, sono presenti in impianto numerose imprese esterne alle quali, attraverso contratti di appalto e subappalto, sono affidati tutti i servizi ausiliari alla produzione, quali la manutenzione, la pulizia e la guardiania.

2.1 Le imprese operanti in impianto

Dalla documentazione fornita si evince che dalla data di avvio formale dell'impianto (1 aprile 2013) fino al 30 giugno 2017, oltre all'azienda incaricata (TRM), hanno avuto accesso all'impianto 191 ditte con contratti d'appalto. Di queste, 84 risultano appalti direttamente affidati da TRM, di cui 8 in comune con IREN, 6 in comune con la ditta incaricata dell'avvio, 2 in comune con entrambe. 91 ditte risultano appalti di secondo livello, ovvero subappalti della ditta del Global Service IREN AMBIENTE. 10 ditte sono state esclusivamente subappaltate dal gestore provvisorio. Di 6 ditte non sono disponibili i dati del committente.

Nel presente report i periodi di operatività delle aziende in impianto sono stati suddivisi nel seguente modo:

- periodo di gestione provvisoria (dal 01/04/2013 al 31/10/2014)

- periodo di esercizio commerciale (dal 01/11/14 al 30/06/17)^a

Vista la grande varietà di settori in cui le aziende hanno operato, ai fini del presente report, si è deciso di raggruppare le attività svolte in 5 categorie così definite:

1. attività corrente: è l'attività "routinaria" che riguarda le differenti fasi di vita del rifiuto, ivi comprese le attività integrate (es servizio pesa, gestione avanfossa, smaltimento acque di spegnimento, ecc);
2. attività specifica: comprende l'insieme delle lavorazioni particolari spesso legate ad interventi "su chiamata" (ad es: effettuazione di ispezioni in fornace; dosaggio dei carboni attivi per il catalizzatore); in questo gruppo sono state ulteriormente evidenziate le aziende che si sono occupate di gestione e controllo;
3. attività edile: è l'insieme delle attività legate più propriamente ad opere di edilizia di qualsiasi tipo;
4. attività di manutenzione: comprende molteplici interventi, sia ordinari sia straordinari che garantiscono il corretto mantenimento dell'impianto;
5. attività di supervisione: sono svolte da ditte appaltatrici incaricate di gestire altre attività (ad es. individuazione di priorità di intervento).

2.1.1 *Periodo di gestione provvisoria*

Nei primi mesi di funzionamento dell'impianto, TRM era presente in azienda con 20 unità, per lo più aventi compiti dirigenziali e impiegatizi. Con l'inizio del 2014 è stato completato l'organico mediante l'assunzione di altre 32 persone che successivamente hanno formato le squadre operative sulle linee. Complessivamente il personale TRM nel periodo di esercizio provvisorio ha lavorato poco meno di 90 mila ore.

Contemporaneamente a TRM, erano presenti in impianto 26 aziende di cui 5 in affidamento diretto da TRM e 21 in subappalto della ditta a cui era affidata la gestione provvisoria. Dai documenti forniti si evince che in questa prima fase il numero minimo di lavoratori di imprese appaltatrici coinvolte era 162. Per 8 aziende non erano disponibili i dati relativi al personale.

^a La raccolta dei dati è in costante aggiornamento

In tabella 2.1 si riporta la suddivisione, per ogni azienda, delle attività e delle aree d'impianto maggiormente frequentate.

Tabella 2.1. Imprese classificate per locali maggiormente frequentati e tipologia di attività; periodo di gestione provvisoria

attività	n° ditte/locali interessati						
	sala controllo	avanfossa	fossa	vasche scorie-cabina gruista scorie	area sili	locale caldaia/stoccaggio big bag	fornace
Gestione corrente e attività integrate	1	1		1		2	1
attività specifiche	4		1	2		4	1
edilizia	4					4	1
manutenzione	11		3		1	11	3
supervisione	4		2			4	2
Totale aziende*	24	1	6	3	1	25	8
Totale lavoratori	134	2	69	53	40	175	98

* la somma per riga non corrisponde al numero di aziende perché una ditta può essere presente in più locali

I locali dove maggiormente erano presenti i lavoratori delle diverse aziende sono: sala controllo, fossa RSU, locale caldaia/zona di stoccaggio big bag, vasche scorie-cabina gruista scorie, fornaci.

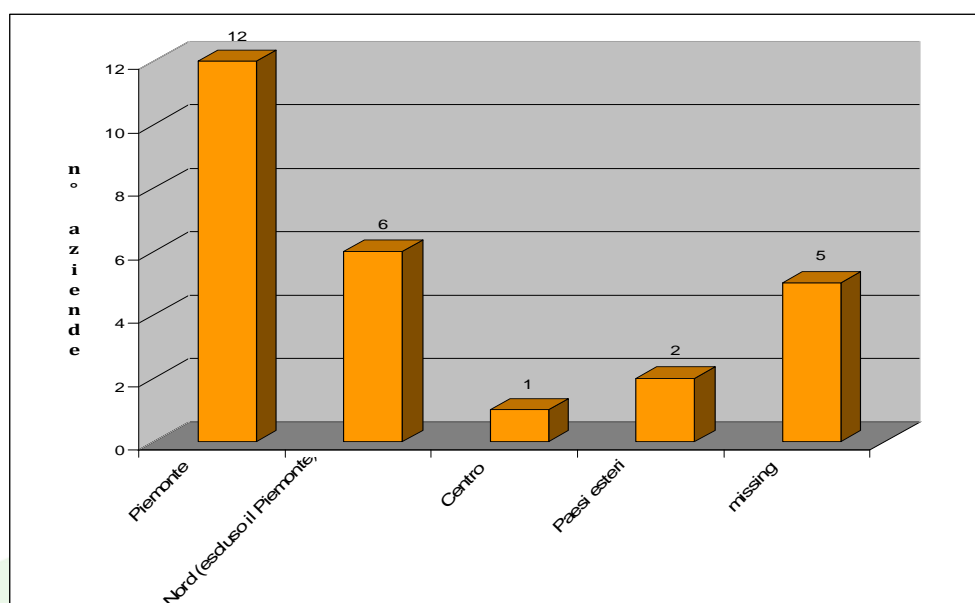


Figura 2.1. Imprese impegnate nella fase di gestione provvisoria suddivise per area di provenienza (sede legale)

Dall'analisi dell'area di provenienza delle aziende che operano in questa fase di gestione provvisoria, si evidenzia un maggior impiego di ditte locali e provenienti dal Nord Italia, in particolare dalla Lombardia (figura 2.1). Sono inoltre presenti 2 aziende con sede legale fuori dal territorio nazionale (Francia). Per 5 aziende non è stato possibile recuperare i dati.

2.1.2 Periodo di esercizio commerciale

Il secondo periodo preso in esame ha visto una presenza prioritaria di tutto il personale TRM, sia nella gestione dell'impianto (definito PE, potenzialmente esposti) che nella parte amministrativa e dirigenziale (definito NE, non esposti) con un totale di oltre 250 mila ore lavorate. Nella tabella 2.2. si riportano le ore lavorate (comprehensive di straordinari) suddivise per anno, sia per il personale addetto alle linee e sia per i ruoli impiegatizi e dirigenziali.

Tabella 2.2. Suddivisione per anno delle ore lavorate dal personale TRM

	2014 (dal 1/11/2014)	2015	2016	2017 (1/1/2017 - 30/6/2017)	totale
Personale sulle linee (PE)	10528	59327	73874	33928	177657
Personale amministrativo, tecnico, dirigenziale (NE)	4814	32610	30927	16809	85160
totale	15342	91937	104801	50737	262817

Le mansioni di competenza TRM sono le seguenti:

- ◇ Capo Turno
- ◇ Quadrista -quadrista/operatore^b
- ◇ Gruista RSU
- ◇ Operatore di Giro
- ◇ Impiegato d'ufficio
- ◇ Impiegato d'ufficio tecnico
- ◇ Dirigenti

^b Dal 2016 è stato aggiunto il ruolo di quadrista operatore che pur affiancando il personale operante in sala controllo, può essere distaccato in caso di necessità direttamente sulle linee di incenerimento

Nel secondo periodo sono state presenti in impianto 185 aziende di cui 82 in affidamento diretto da TRM e 5 in subappalto della ditta a cui era affidata la gestione provvisoria. Consistente in questo periodo la presenza del Global Service con 90 ditte in subappalto. Per 6 aziende non si conoscono i dati relativi al committente.

Solo nel primo semestre del 2017 (ultimo periodo preso in esame per il presente report), hanno operato mediamente, in attività professionali di diversa natura, poco meno di 400 dipendenti di 80 aziende appaltatrici. La presenza in impianto di tali lavoratori è estremamente variabile: per una gran parte si tratta di una presenza saltuaria e/o “a richiesta”.

Si riporta in tabella 2.3. la suddivisione delle aziende appaltatrici operanti nel periodo di esercizio commerciale preso in considerazione, per tipologia di attività svolta e locali maggiormente frequentati. Si può notare come la maggior parte del personale operante in azienda si trovi a lavorare nel locale caldaia e nell’attigua area di stoccaggio big bag.

Di 44 aziende non si hanno dati sul tipo di attività svolta né sui locali interessati delle loro attività.

Tabella 2.3. Imprese e locali a maggior operatività classificate per tipologia di attività; periodo di esercizio commerciale (dal 01 novembre 2014 al 30 giugno 2017)

Attività	n° ditte/locali interessati								
	sala controllo / cabina gruista RSU	avanfossa	fossa	vasche scorie/ cabina gruista scorie	area sili	locale caldaia/ stoccaggio big bag	fornace	altri locali	missing
Gestione corrente e attività integrate (5)	1	2	1	3	3	5	0	2	0
Attività specifiche (90)	9	5	8	5	5	30	15	10	25
<i>sistemi di gestione e controllo (9)</i>	2	1	1	1	2	2	1	3	4
Edilizia (10)	0	0	0	0	0	3	0	5	2
Manutenzione (56)	17	11	10	10	13	30	9	12	12
Supervisione (7)	2	0	0	1	1	3	1	1	1
Totale aziende*	31	19	20	20	24	73	26	33	44
Totale lavoratori**	113	62	92	74	140	265	88	99	-

* la somma per riga non corrisponde al numero di aziende perché una ditta può essere presente in più locali

**considerando per ogni azienda, il numero medio di lavoratori in tutto il periodo di esercizio commerciale, incluso il gestore.

Dall'analisi dell'area di provenienza delle aziende che operano in questa seconda fase (figura 2.2), si evidenzia un largo impiego di ditte locali (72) e del resto del Nord Italia (76). Inoltre si segnala la presenza di 8 aziende con sede legale fuori dal territorio nazionale. Per 11 aziende non è stato possibile recuperare i dati.

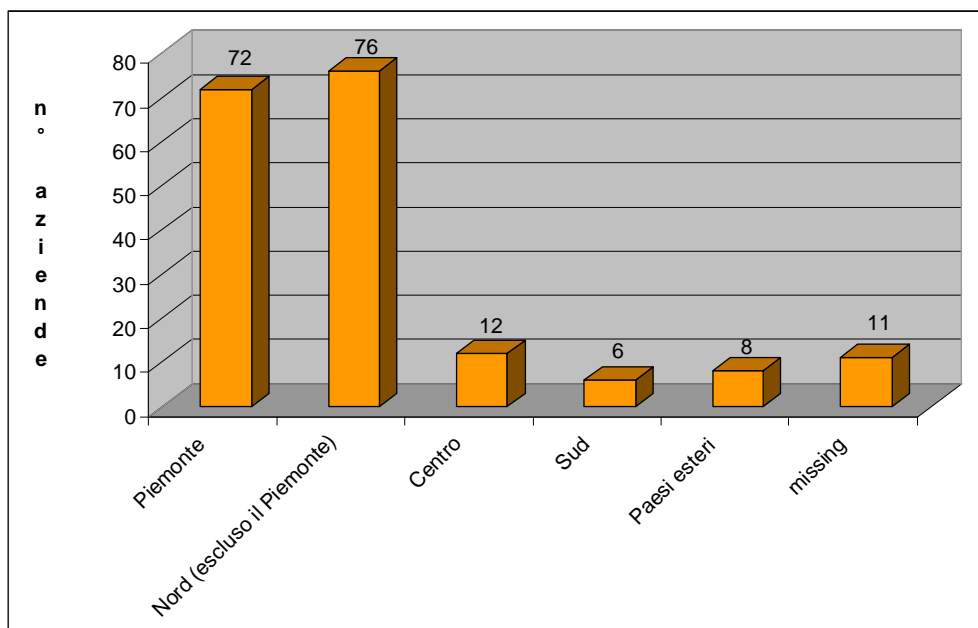


Figura 2.3: imprese impegnate dal 1-11-14 al 30-6-17 suddivise per area di provenienza (sede legale)

2.2 Ditte coinvolte nel biomonitoraggio umano

Dalle analisi effettuate all'interno dell'impianto nelle diverse campagne tra il 2013 e il 2017 dalla Struttura Rischio Industriale e Igiene Industriale di ARPA Piemonte, è parso evidente che le mansioni potenzialmente più esposte alle sostanze pericolose sono affidate a imprese esterne con contratti in appalto (di primo o secondo livello), non coinvolte dal piano di biomonitoraggio. Alla luce di questi risultati si è pertanto valutato opportuno estendere i prelievi e le analisi previste per i dipendenti TRM anche ai lavoratori di ditte esterne con presenza continuativa in impianto.

Data la peculiarità dei contratti in appalto e subappalto, che prevedono un impiego di personale per un periodo limitato, per tali lavoratori è stato effettuato un unico prelievo ad aprile 2016, in modo da mantenere la possibilità di confronto con i prelievi già eseguiti per gli altri gruppi di lavoratori TRM.

Sono state selezionate le aziende rispondenti ai seguenti requisiti:

- data di inizio appalto antecedente ad aprile 2015;
- data di scadenza appalto posteriore a giugno 2016;
- aziende con mansioni svolte prevalentemente nei locali a maggior presenza di sostanze inquinanti (avanfossa, area scorie, area sili, locale caldaia-stoccaggio big bag; fossa RSU, manutenzione delle fornaci);

Tra le 12 aziende rispondenti a tali requisiti, ne sono state selezionate 5 aziende con un numero di ore lavorate per persona nei mesi antecedenti al prelievo almeno pari a 100.

I dati generali necessari per effettuare la scelta delle aziende sono stati forniti dal gestore dell'impianto. Il Servizio di Epidemiologia della Asl TO3, in accordo con il Comitato Tecnico Scientifico, ha selezionato le aziende per il biomonitoraggio e acquisito direttamente presso di loro la documentazione relativa ai lavoratori operanti nell'impianto, comprese le singole mansioni svolte, le aree di lavoro e le ore lavorate.

Una delle aziende contattate ha rifiutato di partecipare alla proposta di biomonitoraggio e pertanto 4 sono state le ditte infine coinvolte, con appalti affidati per le seguenti attività:

- Servizio di gestione avanfossa e sili
- Servizio di smaltimento delle acque di processo
- Manutenzione della strumentazione, verifiche sull'impianto, taratura della strumentazione, prove, messa in servizio ed eventuale collaudo
- Attività di manutenzione meccanica e pulizia industriale

Nei primi mesi del 2016 sono stati direttamente contattati 39 lavoratori con presenza, continuativa e pressoché costante, appartenenti alle 4 aziende selezionate. Di questi, 30 hanno accettato di partecipare ai prelievi per il biomonitoraggio.

3 Materiali e metodi

3.1 Disegno dello studio

Il programma di biomonitoraggio ha coinvolto tre diversi gruppi di lavoratori:

- 12 lavoratori addetti all'avviamento del termovalorizzatore e con attività continuativa in impianto per un periodo superiore a un mese;
 - Valutazione ex ante (tempo T0): giugno 2013
 - Valutazione ex post (tempo T1): febbraio 2014; giugno 2014 (mano a mano che terminava il rapporto di lavoro presso l'impianto)
- 43 lavoratori dipendenti TRM: 11 con funzioni amministrative o dirigenziali (lavoratori NE); 32 operanti in zone nelle quali è possibile il contatto con sostanze pericolose (lavoratori PE);
 - Valutazione ex ante (tempo T0): giugno 2013; febbraio-marzo 2014
 - Valutazione ex post (tempo T1): giugno 2014; febbraio 2015
 - Valutazione ex post (tempo T2): giugno 2016; marzo 2017
- 30 lavoratori dipendenti di ditte operanti in subappalto presso i locali a maggior esposizione potenziale;
 - Valutazione una tantum (tempo Tx): aprile 2016

3.2 Adesione allo studio

In tabella 3.1 si riporta una sintesi dell'adesione nelle tre diverse fasi del Programma.

Tab. 3.1. Numero di lavoratori coinvolti nelle fasi T0, T1 e T2

	T0	T1	T2
Lavoratori NE	11	11	9
Lavoratori PE	32	30	26
Totale dip. TRM	43	41	35

Dall'inizio dell'arruolamento si è osservata una perdita del 21%. Le cause della minore adesione al biomonitoraggio sono così riassunte:

- cambiamento sede di lavoro (fuori impianto), 3 persone
- licenziamento, 2 persone

- malattia, indisponibilità a partecipare, 3 persone

Relativamente alle 4 aziende in subappalto coinvolte nell'aprile 2016 nella fase di biomonitoraggio, su 48 persone contattate rispondenti ai requisiti esposti nel capitolo precedente (paragrafo 2.2), 30 hanno aderito e partecipato ai prelievi, ovvero il 63%. Data la flessibilità lavorativa di tali persone, per alcune di esse non è stata più possibile la raccolta delle urine in quanto, immediatamente dopo i prelievi sono stati spostati su altri impianti, alcuni fuori regione. Si è tuttavia deciso di includere queste persone nello studio, utilizzando per le analisi i soli parametri disponibili. In tabella 3.2 si riporta un riassunto dell'adesione.

Tab 3.2. Adesione dei lavoratori coinvolti nella fase Tx

Partecipazione	N° dipendenti in appalto
Questionario e prelievo ematico	30
Urine (metalli+IPA)	26
Prelievo per diossine	17

3.3 Analiti in studio

La scelta degli analiti quali possibili indicatori di esposizione alle emissioni dell'inceneritore è analoga a quella dei residenti, basata sia su criteri di letteratura sia su valutazioni ambientali, e ha complessivamente riguardato le seguenti categorie: metalli, metaboliti idrossilati degli idrocarburi policiclici aromatici (OH-IPA), policlorodibenzodiossine (PCDD), policlorodibenzofurani (PCDF) e policlorobifenili (PCB).

Nel presente rapporto le determinazioni biologiche riguardano i metalli:

- antimonio, arsenico, berillio, cadmio, cobalto, cromo, iridio, manganese, mercurio, nichel, palladio, platino, rame, rodio, stagno, tallio, vanadio, zinco nelle urine;
- piombo nel sangue;

Allo scopo di valutare lo stato di salute generale, a tutti i soggetti sono stati effettuati esami di laboratorio di ematochimica generale mirati alla valutazione della funzionalità ormonale, epatica, renale e dei fattori di rischio cardiovascolare. Nello specifico i parametri analizzati sono:

- parametri ematochimici: leucociti, linfociti, eritrociti, piastrine, ematocrito, MCH, mpv, MCHC, rdw_sd, rdw_cv, emoglobina, emoglobina glicata, glicemia basale, colesterolemia, colesterolo HDL, trigliceridi;
- parametri ormonali: FT3, FT4, TSH, cortisolo, ACTH
- parametri renali: creatininemia, microalbuminuria, fosforemia
- parametri epatici: bilirubina diretta, bilirubina indiretta, bilirubina totale, GOT, GPT, gammaGT.

Sono stati inoltre eseguiti test di funzionalità respiratoria e misurazione della pressione arteriosa.

Sono state infine raccolte informazioni su abitudini e caratteristiche individuali (storia professionale, abitudini e stili di vita, abitudini al fumo, dieta e anamnesi) attraverso intervista. Tali informazioni sono necessarie per l'interpretazione dei risultati delle analisi sui campioni biologici. Il consumo di tabacco, l'esposizione alle emissioni da traffico, il consumo di alcuni cibi possono influire sulle concentrazioni di alcuni degli analiti indagati. In particolare, l'abitudine al fumo di tabacco espone i soggetti a migliaia di sostanze chimiche e rappresenta quindi un rilevante fattore confondente negli studi di biomonitoraggio. Per valutare quantitativamente l'entità di questa esposizione nell'interpretazione dei dati, è stata anche misurata la cotinina urinaria, specifico metabolita della nicotina.

Una parte dei campioni prelevati è conservata in una banca di campioni biologici dell'Istituto Superiore di Sanità in modo da consentire eventuali approfondimenti futuri.

3.4 Metodi di analisi chimica

I campioni di urina prelevati sono diluiti in laboratorio con acqua deionizzata 1:5. I metalli sono determinati tramite spettrometria di massa con sorgente a plasma accoppiato induttivamente (HR-ICP-MS). Lo strumento viene usato in bassa (*low resolution*, LR), media (*medium resolution*, MR) e alta risoluzione (*high resolution*, HR) al fine di rimuovere le interferenze sul segnale dei metalli. Il metodo delle aggiunte standard in matrice e la standardizzazione interna sono stati usati per correggere eventuali derive strumentali ed effetti matrice. Il metodo è stato validato calcolando i seguenti parametri: ripetibilità, riproducibilità intra-laboratorio, esattezza, incertezza di misura, limite di rilevabilità/quantificazione, specificità, sensibilità, linearità, prove valutative inter-laboratorio. Il metodo di prova interno dal titolo '*Determinazione degli elementi in matrici biologiche*' (metodo interno, MI-05) è stato

accreditato UNI CEI EN ISO/IEC 17025 dall'Ente italiano di accreditamento ACCREDIA. Dettagli strumentali e risultati della validazione del metodo sono stati pubblicati in diversi lavori.^{2,3,4,5}

Una linea guida completa del metodo di riferimento è reperibile in ISTISAN 15/30⁶.

La determinazione della cotinina urinaria è stata effettuata su campioni di urina scongelati e centrifugati. Dopo addizione della N-ethylnorcotina utilizzata come SI, i campioni sono stati diluiti con una miscela acqua/metanolo/acetonitrile e sottoposti ad analisi quantitativa mediante LC-MS/MS. L'esattezza del metodo è stata valutata attraverso il recupero percentuale che è risultato compreso tra l'89 e 98%. Il LoD (*Limit of Detection*) e il LoQ (*Limit of Quantification*), stimati calcolando la deviazione standard associate al rumore di fondo, sono risultati pari a 0.3 e 1 ng/mL, rispettivamente.

3.5 Metodi statistici

La caratterizzazione delle distribuzioni dei dati è stata effettuata mediante standard come media aritmetica, deviazione standard, mediana, minimo, massimo e range.

Il Body Mass Index (BMI) è stato calcolato a partire dai dati raccolti durante la visita medica (si ottiene dividendo il peso in kg del soggetto per il quadrato dell'altezza espressa in metri) e 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 rilevato tramite questionario. E' stato definito non esposto all'alcool un soggetto che assume meno di 2 due unità alcoliche al giorno (di vino, birra, aperitivi alcolici e superalcolici); viceversa è definito esposto all'alcool un soggetto che assume più di 2 unità alcoliche al giorno.

L'esposizione al traffico autoveicolare è stata definita sulla base dei dati raccolti tramite questionario al T2. L'indicatore di esposizione a traffico autoveicolare, calcolato sulla base del

questionario, tiene conto della prossimità dell'abitazione del soggetto a strade a intenso traffico veicolare e del tempo trascorso nel traffico giornalmente.

Le analisi statistiche sui risultati sono state condotte usando il software SAS (release 9.2; SAS Institute Inc, Cary, NC, USA).

I metalli urinari sono stati corretti per il peso specifico dell'urina. Per ognuno dei metalli sono stati identificati i valori outlier ed estremi statistici sul totale del campione. È considerato outlier un valore che è al di sotto di $Q1^c - 1,5 (Q3^d - Q1)$ o al di sopra di $Q3 + 1,5 (Q3 - Q1)$; è considerato estremo un valore che è al di sotto di $Q1 - 3 (Q3 - Q1)$ o al di sopra di $Q3 + 3 (Q3 - Q1)$. Nei casi in cui i valori dei parametri erano al di sotto del LoD dello strumento, questi sono sostituiti con un valore pari alla metà del LOD ($LoD/2$)⁷.

A causa dell'assenza di normalità delle distribuzioni delle sostanze studiate e della bassa numerosità campionaria per i confronti sono stati utilizzati test statistici non parametrici:

- per la valutazione della differenza fra due gruppi di dati è stato usato il test di 'Wilcoxon-Mann-Whitney';
- per i confronti temporali (T2-T0; T2-T1) è stato usato il test 'dei ranghi con segno di Wilcoxon', da applicarsi nel caso di un campione con due misurazioni appaiate;
- per il confronto incrociato tra gruppi e nel tempo dapprima sono state calcolate le differenze individuali delle misure appaiate nel tempo; successivamente, per confrontare i gruppi, è stato applicato il test di 'Wilcoxon-Mann-Whitney' sulle differenze;
- per valutare l'andamento temporale generale è stato calcolato un test per il trend sulle medie

Tutti i test sono stati condotti usando la soglia del 5% per rifiutare l'ipotesi nulla con test a due code: sono state considerate statisticamente significative differenze associate a valori di p inferiori a 0.05.

Le distribuzioni dei metalli generali sono state calcolate sempre senza esclusione dei valori estremi statistici. Per quanto riguarda i lavoratori al T2 le statistiche sono state calcolate sul totale dei lavoratori e stratificate per tipo di esposizione (NE e PE). I confronti nel tempo e i confronti incrociati sono stati fatti solo sui soggetti presenti rispettivamente al T2, al T0 e al T1 a seconda

^c Q1 indica il primo quartile

^d Q3 indica il terzo quartile

dei casi e, a causa della diversa distribuzione dei valori estremi, sono sempre stati calcolati senza esclusione dei valori estremi. Per quanto riguarda i lavoratori al Tx, le statistiche sono calcolate sul totale dei lavoratori e stratificate per esposizione a ceneri (mansioni che coinvolgono il carico/scarico e trasporto di Big Bag).

Le distribuzioni del cadmio sono state inoltre stratificate per abitudine al fumo calcolata in base alla concentrazione di cotinina urinaria. Le analisi temporali stratificate per abitudine al fumo hanno tenuto conto solo dei soggetti che hanno mantenuto lo stato ai vari tempi.

3.6 Monitoraggio ambientale

La Struttura Rischio Industriale e Igiene Industriale di ARPA Piemonte che collabora attivamente nella definizione dell'esposizione all'interno dell'impianto, ha effettuato in totale quattro campagne di campionamento:

- in fase ante operam: aprile-giugno 2013
- in periodo sovrapponibile con la seconda fase di biomonitoraggio dei lavoratori PE TRM: aprile-maggio 2015
- in periodo sovrapponibile con il biomonitoraggio dei lavori delle imprese in subappalto selezionate: aprile 2016
- in periodo sovrapponibile con la terza fase di biomonitoraggio dei lavoratori PE TRM: marzo-aprile 2017.

Durante tali campagne sono stati monitorati diversi tipi di analiti, organici e inorganici. Ai fini del presente rapporto si riportano soltanto le metodiche e i risultati relativi ai metalli.

3.6.1 *Analiti e metodi di analisi strumentale*

Sono stati oggetti di determinazione: arsenico, cadmio, cobalto, cromo, nichel, piombo, rame, selenio, vanadio, zinco e mercurio.

Per questi metalli il prelievo è stato effettuato su membrana filtrante.

Durante l'ultima campagna, condotta nella primavera del 2017 si è deciso di effettuare alcuni campionamenti di approfondimento sul mercurio. Infatti, a partire dall'ottobre 2016 e fino ai primi mesi del 2017 le emissioni di mercurio vapore, rilevate a camino, presentavano valori anomali e piuttosto elevati molto probabilmente a causa di conferimenti indebiti di rifiuti contenenti tracce di mercurio.

Per il mercurio in fase vapore si sono utilizzate fiale assorbenti specifiche.

Per tutti i metalli campionati, le analisi sono state effettuate con spettrometria di massa a plasma accoppiato induttivamente (ICP-MS).

3.6.2 Monitoraggio ambientale 2016

Al fine di confrontare i risultati ambientali con il monitoraggio biologico sulle aziende in appalto selezionate, d'accordo con il Comitato Tecnico Scientifico, si è scelto di approfondire l'esposizione di alcuni ambiti lavorativi.

Alcune mansioni sono state monitorate con prelievi personali; altre con misurazioni ambientali essendo rappresentative dell'esposizione dell'addetto e non solo dell'inquinamento diffuso nei diversi ambienti.

La campagna riguardante i metalli si è articolata nelle seguenti mansioni e/o postazioni di campionamento:

- Addetto area avanfossa^e ;
- Area avanfossa;
- Area scorie – zona vasche di raccolte;
- Livello zero tra linea 1 e linea 2 – nastro trasporto scorie;
- Area deposito big bag, ceneri e PSR;
- Area sili
- Addetto area sili^f

3.6.3 Monitoraggio ambientale 2017

Analogamente con quanto sopra esposto, anche nella campagna del 2017 sono stati monitorati i metalli nelle seguenti postazioni:

- Operatore giro. L'addetto, oltre a collaborare con il Capo Turno in diverse operazioni, interviene sull'impianto e assiste i vari manutentori negli interventi (attività molto variabile come tempo, non quantificabile). Se non operante sull'impianto, la sua


^e L'addetto opera, per la totalità del turno, all'interno dell'area avanfossa costituita da un grande locale su cui si affacciano le 10 porte di scarico dei rifiuti. L'operatore indirizza i mezzi di trasporto dei rifiuti, da piccoli compactatori ai grandi tir, alle singole porte. Inoltre con l'utilizzo di pala gommata e macchina pulitrice mantiene l'area sgombra dei rifiuti caduti dai mezzi durante le operazioni di scarico. L'attività è svolta su due turni che seguono l'orario, sopra esposto, d'ingresso dei mezzi all'impianto

^f Opera prevalentemente nell'area sili. Assiste allo scarico delle materie prime in ingresso e al carico in uscita dei residui pulverulenti (ceneri e PSR). Movimenta, con muletto, i big bag delle ceneri e dei PSR nell'area di deposito temporaneo o sui camion adibiti al conferimento a impianto finale. Le operazioni sono svolte su due turni: dalle 07,00 alle 15,00 e dalle 15,00 alle 23,00

postazione di lavoro abituale è la Sala Controllo. L'attività è svolta su tre turni: 7-15, 15-23, 23-7.

- Sala gruista fossa. L'addetto, per la quasi totalità del turno e sotto la supervisione del Capo Turno, alimenta le diverse linee di combustione coi rifiuti, attraverso una gru a polipo. Inoltre, secondo necessità, utilizza la gru rompi ponte nella fossa e le piccole gru manuali poste in alto sopra le tramogge delle linee (attività molto variabile come tempo ma non così saltuaria). L'attività prevede la piena copertura della giornata con i tre turni sopra indicati. Le esigue dimensioni del locale consentono di sovrapporre i rilevamenti ambientali con quelli personali.
- Sala controllo
- Area scorie
- Area sili
- Area avanfossa
- Uffici direzione

Per il monitoraggio del mercurio in fase vapore, i campionatori ambientali sono stati posti nei seguenti locali:

- Sala controllo
 - Area scorie
 - Area sili
 - Uffici direzione
- 

4 Risultati

4.1 Risultati del biomonitoraggio dopo 3 anni (T2)

Sono qui descritti e commentati i principali risultati riguardanti lo stato di salute generale e le concentrazioni di metalli dei lavoratori nella terza fase del biomonitoraggio (T2). I risultati presentati in questo paragrafo riguardano 35 lavoratori dipendenti di TRM (vedi paragrafo 3.2), di cui 9 non esposti (NE) con mansioni amministrative e dirigenziali e 26 potenzialmente esposti (PE), tecnici e operai addetti alle linee di incenerimento. Tutti e 35 erano già stati precedentemente monitorati sia al baseline (T0) sia dopo un anno di attività dell'impianto (T1).

Cinque lavoratori abitano nella zona di esposizione in base ai modelli previsionali. Due lavoratori coinvolti hanno precedentemente lavorato in un impianto di incenerimento di rifiuti.

I 26 soggetti PE sono tutti maschi ed hanno un'età media di 40,5, inferiore anche se non in maniera statisticamente significativa a quella dei colleghi NE (45,8).

Per quel che riguarda l'abitudine al fumo (tabella 4.1), il 69% circa dei soggetti risultano fumatori.

Tab 4.1. Distribuzione dei soggetti per concentrazione di cotinina ad inizio turno

<i>Cotina</i>	<i>NE</i>		<i>PE</i>	
	<i>Num</i>	<i>%</i>	<i>Num</i>	<i>%</i>
<i>> 50 ng/mL (forte fumatore)</i>	3	33.3%	12	46.2%
<i>1-50 ng/mL (esposto a fumo)</i>	0	0%	9	34.6%
<i>< 1 ng/mL (non fumatore)</i>	6	66.7%	5	19.2%
<i>totale</i>	9	100%	26	100%

Come si evince da questionario, la distribuzione dei lavoratori in base al consumo di alcool è presentata nella tabella 4.2. Sono pochi i lavoratori che risultano bevitori, tuttavia la percentuale è maggiore nei PE.

Tab 4.2. Distribuzione soggetti per consumo di alcool

Alcool	NE		PE	
	Num	%	Alcool	Num
<i>Bevitore</i>	1	11.1%	7	27%
<i>Non bevitore</i>	8	88.9%	18	69.2%
<i>mancante</i>	-	-	1	3.8%
<i>totale</i>	9	100%	26	100%

4.1.1 *Stato di salute generale*

I 35 lavoratori coinvolti nello studio di biomonitoraggio al T2 hanno un buono stato di salute generale; in media nessuno tra i parametri ematochimici ed urinari misurati risulta fuori norma. Un totale di 25 lavoratori (71%) riferiscono nell'intervista di avere un buono stato di salute (punteggio maggiore di 7 su una scala da 1 a 10).

Rispetto alle patologie riferite:

- 9 soggetti dichiarano di aver sofferto di una o più patologie pregresse
- 4 soggetti dichiarano di avere avuto una diagnosi di colesterolo alto
- 1 soggetto dichiara di aver avuto una diagnosi di diabete
- 5 soggetti risultano ipertesi (con valori di pressione diastolica e/o sistolica superiori alla norma o con valori normali ma in trattamento farmacologico).

In tabella 4.3 sono riportati i principali risultati riguardanti i parametri ormonali, urinari e di funzionalità epatica. La media dei valori risulta sempre nella norma. Alle singole persone che mostravano valori al fuori dei range di normalità è stato consigliato di rivolgersi al proprio medico di medicina generale.

Per quanto riguarda i parametri ormonali, i lavoratori NE hanno valori di FT4 significativamente superiori ai lavoratori PE, mentre hanno valori di ACTH significativamente inferiori. Tra i parametri renali risultano significativamente superiori tra i lavoratori NE la creatininemia e la microalbuminuria. Tra i parametri epatici, invece, risultano significative le differenze nei valori di GPT (Alanina transaminasi) e GgT (Gammaglutamiltranspeptidasi), entrambi superiori tra i lavoratori PE.

In tabella 4.4 sono riportati i principali risultati riguardanti la funzionalità respiratoria, che è stata misurata tramite spirometria eseguita con uno spirometro portatile. In media la funzionalità respiratoria risulta nella norma. Confrontando i lavoratori PE e NE risulta una differenza statisticamente significativa per il FVC (%) e il PEF(l). In 1 soggetto PE la funzionalità respiratoria è risultata con alterazione ostruttiva lieve. Mediamente i soggetti fumatori hanno una funzionalità leggermente inferiore rispetto ai colleghi non fumatori (Tabella 21 - Appendice A). Nessun lavoratore riferisce enfisema, bronchite e BPCO all'anamnesi, mentre 3 soggetti PE dichiarano di aver avuto una diagnosi di asma.

Tab 4.3 Parametri ormonali, renali ed epatici, media (dev. std) e mediana; fase T2.

Parametro	PE		NE		Totale lavoratori	
	Media (dev. std)	Mediana	Media (dev. std)	Mediana	Media (dev. std)	Mediana
FT3	3.23 (0.31)	3.21	3.00 (0.46)	2.92	3.17 (0.36)	3.18
FT4^a	1.09 (0.19)	1.06	1.18 (0.11)	1.15	1.11 (0.17)	1.07
TSH	1.59 (0.80)	1.26	1.57 (0.65)	1.35	1.58 (0.76)	1.31
ACTH^a	19.77 (14.24)	16.70	12.12 (3.71)	13.70	17.75 (12.75)	14.90
Cortisolo	109.78 (40.38)	108.40	103.46 (22.24)	115.40	108.10 (36.24)	109.20
Creatininemia^a	0.04 (0.04)	0.03	0.37 (0.20)	0.30	0.13 (0.18)	0.04
Microalbuminuria^a	0.63 (0.90)	0.34	4.54 (2.82)	3.43	1.67 (2.36)	0.49
Fosforemia	1.10 (0.17)	1.10	1.15 (0.10)	1.11	1.12 (0.16)	1.11
Bilirubina totale	0.66 (0.38)	0.56	0.77 (0.32)	0.71	0.69 (0.36)	0.60
Bilirubina diretta	0.11 (0.04)	0.10	0.13 (0.06)	0.11	0.11 (0.05)	0.11
Bilirubina indiretta	0.55 (0.34)	0.46	0.64 (0.26)	0.60	0.58 (0.32)	0.50
GOT	24.88 (10.55)	22.00	22.56 (3.71)	23.00	24.26 (9.24)	22.00
GPT^a	29.52 (18.64)	25.00	16.00 (4.50)	16.00	25.94 (17.15)	22.00
Ggt^a	47.60 (82.80)	25.00	16.78 (6.22)	15.00	39.44 (72.02)	21.50

^a Differenza tra lavoratori PE e NE statisticamente significativa ($p \leq 0,05$)

Tab 4.4. Parametri di funzionalità respiratoria, media (dev. std) e mediana; fase T2.

Parametro		PE		NE		Totale lavoratori	
		Media (dev. std)	Mediana	Media (dev. std)	Mediana	Media (dev. std)	Mediana
FEV1	l	5.21 (0.90)	5.16	4.81 (1.16)	4.47	5.11 (0.98)	5.08
	%	111.44 (11.47)	111.00	124.78 (16.18)	124.00	114.97 (13.96)	117.00
FVC	l	4.17 (0.64)	4.10	3.81 (0.88)	3.66	4.07 (0.71)	4.10
	% ^a	108.40 (9.95)	109.00	117.33 (12.69)	114.00	110.76 (11.27)	110.00
FEV1%M	l	80.20 (5.50)	81.47	79.35 (7.37)	76.83	79.98 (5.94)	80.60
	%	100.48 (6.83)	101.00	99.44 (9.11)	97.00	100.21 (7.36)	100.00
PEF	l ^a	10.23 (1.78)	10.71	8.72 (1.73)	8.23	9.83 (1.87)	9.69
	%	111.84 (15.77)	114.00	114.00 (17.26)	114.00	112.41 (15.94)	114.00

^a Differenza tra lavoratori PE e NE statisticamente significativa ($p \leq 0,05$)

4.1.2 Metalli

La tabella 4.5 riporta la media, la deviazione standard e la mediana per tutti i metalli (corretti per il peso specifico dell'urina, senza esclusione dei valori estremi) determinati nei lavoratori PE e NE al T2. La tabella riporta anche i valori mediani riscontrati nei residenti totali e di sesso maschile al T2. La tabella 23 dell'appendice A riepiloga il numero di soggetti con valori statistici outlier e/o estremi. In 9 casi (pari a circa l'1% di tutte le determinazioni urinarie effettuate) i valori si presentano come valori statistici estremi rispetto alla distribuzione, influenzando molto il calcolo della media.

Per la maggior parte dei metalli, le concentrazioni urinarie al T2 risultano comparabili nei lavoratori PE e nei lavoratori NE. Risultano significativamente più alti nei lavoratori PE i livelli urinari di antimonio (mediana PE: 0,11 µg/L; mediana NE: 0,05 µg/L; $p = <0,001$), palladio (mediana PE: 15,53 ng/L; mediana NE: 10,29 ng/L; $p = 0,040$), platino (mediana PE: 7,21 ng/L; mediana NE: 2,84 ng/L; $p = <0,001$), e tallio (mediana PE: 0,31 µg/L; mediana NE: 0,09 µg/L; $p = 0,043$). Se i valori dei lavoratori PE al T2 vengono confrontati con i valori riscontrati nella popolazione maschile generale SPoTT al T2, si trovano alcune differenze statisticamente significative. In particolare nei PE risultano superiori le concentrazioni di antimonio, cadmio, manganese e platino, mentre risultano inferiori le concentrazioni di berillio, anche se di poco, e zinco.

Le analisi relative al cadmio, i cui livelli urinari sono molto influenzati dall'abitudine al fumo, sono state stratificate in base ai livelli di cotinina (Tabella 24 - Appendice A): i forti fumatori (cotinina urinaria > 50 ng/mL) presentano valori di cadmio superiori rispetto agli altri soggetti ma le differenze non sono statisticamente significative ($p\text{-value}=0.309$). Tuttavia la diversa distribuzione per abitudine al fumo tra PE ed NE non spiega le differenze rilevate per il cadmio tra i due gruppi.

Per alcuni dei metalli determinati, sono disponibili valori di riferimento occupazionali definiti dallo SCOEL^{g,8} o dall'ACGIH^{h,9}. In entrambi i casi si è preso in considerazione l'indice biologico di esposizione (IBE); gli IBE rappresentano un indice dell'introduzione della sostanza

^g SCOEL: Il *Scientific Committee on Occupational Exposure Limits* è il Comitato istituito in seno alla Comunità Europea nel 1995 con lo scopo di formulare proposte ed indicazioni sui valori limite di esposizione professionale alle sostanze chimiche.

^h ACGIH: *L'American conference of Governmental Industrial Hygienists* è la conferenza governativa statunitense incaricata di elaborare e revisionare annualmente i valori limite di esposizione lavorativa alle sostanze chimiche.

nell'organismo di lavoratori professionalmente esposti a livelli di concentrazione della stessa sostanza in aria dell'ordine di grandezza dei TLV-TWAⁱ.

Gli IBE hanno la funzione di aumentare quantità e qualità della sorveglianza sanitaria nell'ambiente lavorativo, anche se non rappresentano, però, una linea di demarcazione netta fra esposizione pericolosa o non pericolosa da un punto di vista tossicologico.

Gli IBE SCOEL disponibili ad oggi per i metalli, quasi tutti relativi a concentrazioni urinarie, sono i seguenti:

- cadmio: 2 µg/g creatinina
- mercurio: 30 µg/g creatinina
- nichel: 3 µg/L
- piombo (nel sangue): 30 µg/100 mL

Gli IBE ACGIH, quasi tutti relativi a concentrazioni urinarie, disponibili sono:

- arsenico: 35 µg/L;
- cadmio: 5 µg/g creatinina;
- cobalto: 15 µg/L;
- cromo (fine turno): 25 µg/L
- mercurio (fine turno): 20 µg/g creatinina
- piombo (nel sangue): 30 µg/100 mL.

Rispetto agli IBE sopraindicati, i valori mediani dei metalli in entrambi i gruppi di lavoratori dopo tre anni di attività dell'inceneritore sono al di sotto dei valori di riferimento occupazionali.

I valori IBE sono stati anche confrontati con le concentrazioni determinate su ogni singolo lavoratore, corrette per l'incertezza legata al metodo (per approfondimenti sulla correzione si rimanda al *Protocollo di presa in carico dei soggetti con valori estremi di metalli*). Un numero limitato di soggetti ha mostrato un'escrezione urinaria di singoli metalli (arsenico, cadmio e nichel) più elevata degli IBE. Per quanto concerne l'arsenico, 7 lavoratori presentano valori superiori a 35 µg/L, di cui 5 superiori a 70 µg/L. A tal proposito, va comunque ricordato che l'IBE per l'arsenico fa riferimento al solo arsenico inorganico e metaboliti, mentre nel presente studio i valori dell'arsenico si riferiscono all'arsenico totale comprendente anche le specie

ⁱ TLV-TWA: esprime la concentrazione limite, calcolata su 8 ore/giorno e 40 ore settimanali, alla quale tutti i lavoratori possono essere esposti, giorno dopo giorno senza effetti avversi per la salute per tutta la vita lavorativa.

organiche, principalmente provenienti dalla dieta e non rilevanti da un punto di vista tossicologico.


Per il cadmio un solo lavoratore presentava valori superiori a 2 µg/g creatinina.

Per quanto riguarda il nichel, 2 lavoratori riportavano concentrazioni urinarie di poco superiori a 3 µg/L.

Per il cobalto, il cromo, il mercurio e il piombo nessun lavoratore supera gli IBE sopra riportati.

Per i lavoratori con valori superiori agli IBE, è stato fatto un più approfondito esame del questionario al fine di individuare variabili (dieta, abitudini, stili di vita) che possono aver contribuito al superamento degli IBE. Relativamente all'arsenico, dei 7 soggetti con valori alti, 3 risultano fumatori, 2 dichiarano di aver mangiato pesce il giorno prima, 1 dichiara di aver mangiato pesce nella settimana precedente, mentre di 4 non si hanno informazioni sull'alimentazione dei giorni precedenti. Il soggetto con valore elevato di cadmio risulta un forte fumatore.

I valori corretti per l'incertezza legata al metodo sono anche stati confrontati con i Valori Limite (VL) calcolati sulla distribuzione dei valori della popolazione residente SPoTT monitorata al T0 (per approfondimenti si rimanda al *Protocollo di presa in carico dei soggetti con valori estremi di metalli*). Dei 17 soggetti che presentavano al baseline valori di uno o più metalli maggiori del VL, 15 hanno partecipato alla fase T1 e 12 alla fase T2. Tra questi solo 1 soggetto, fumatore, conferma un valore di tallio superiore al VL in tutte e tre le fasi (Tabella 37 - Appendice A). L'analisi del questionario compilato dal soggetto suggerisce che l'abitudine al fumo e la storia professionale pregressa potrebbero aver contribuito a aumentare l'esposizione a tale metallo.



Tab 4.5. Metalli nelle urine e piombo ematico, media (dev. std) e mediana; valori sotto il limite di rilevabilità posti uguali alla metà del limite e valori estremi inclusi; fase T2. nPE=26 (per il piombo=25), nNE=9, nRes=343, nResMaschi=174.

Parametro		PE		NE		Totale lavoratori		Residenti	
		<i>Media (dev. std)</i>	<i>Mediana</i>	<i>Media (dev. std)</i>	<i>Mediana</i>	<i>Media (dev. std)</i>	<i>Mediana</i>	<i>Mediana maschi</i>	<i>Mediana totale</i>
Antimonio^{a,b}	µg/L	0.29 (0.65)	0.11	0.04 (0.02)	0.05	0.23 (0.57)	0.09	0.06	0.05
Arsenico	µg/L	27.02 (32.75)	12.69	25.53 (39.18)	15.81	26.64 (33.91)	12.77	12.00	10.65
Berillio^b	µg/L	0.08 (0.03)	0.09	0.08 (0.03)	0.08	0.08 (0.03)	0.09	0.10	0.10
Cadmio^b	µg/L	0.84 (0.49)	0.68	0.60 (0.59)	0.30	0.78 (0.52)	0.63	0.53	0.47
Cobalto	µg/L	0.16 (0.08)	0.14	0.17 (0.15)	0.14	0.16 (0.10)	0.14	0.15	0.15
Cromo	µg/L	0.17 (0.12)	0.14	0.17 (0.23)	0.09	0.17 (0.15)	0.12	0.14	0.14
Iridio	ng/L	1.14 (0.47)	1.08	0.97 (0.39)	0.86	1.10 (0.45)	0.93	1.02	1.01
Manganese^b	µg/L	0.18 (0.10)	0.16	0.13 (0.13)	0.06	0.16 (0.11)	0.15	0.08	0.08
Mercurio	µg/L	0.98 (0.46)	0.76	1.17 (0.37)	1.05	1.03 (0.44)	0.94	0.99	0.92
Nichel	µg/L	0.86 (0.74)	0.78	1.05 (0.93)	0.81	0.91 (0.78)	0.81	0.75	0.72
Palladio^a	ng/L	17.38 (6.69)	15.53	11.52 (4.37)	10.29	15.87 (6.65)	14.60	15.41	15.18
Platino^{a,b}	ng/L	7.88 (3.85)	7.21	3.07 (1.33)	2.84	6.64 (3.98)	5.72	4.22	3.89
Rame	µg/L	10.17 (7.07)	9.46	8.15 (6.05)	6.93	9.65 (6.80)	9.03	9.27	8.18
Rodio	ng/L	18.20 (10.75)	13.73	17.67 (11.58)	13.75	18.06 (10.80)	13.75	17.35	15.83
Stagno	µg/L	0.33 (0.24)	0.31	0.30 (0.38)	0.19	0.32 (0.28)	0.27	0.30	0.28
Tallio^a	µg/L	0.45 (0.71)	0.31	0.17 (0.16)	0.09	0.38 (0.62)	0.25	0.20	0.18
Vanadio	µg/L	0.04 (0.02)	0.03	0.03 (0.04)	0.02	0.04 (0.03)	0.03	0.03	0.02
Zinco^b	µg/L	394.83 (362.91)	330.76	293.71 (244.17)	213.72	368.83 (335.97)	287.98	426.96	335.85
Piombo	µg/L	18.81 (8.43)	17.00	17.81 (12.23)	11.21	18.54 (9.39)	16.88	19.48	16.61

^a Differenza tra lavoratori PE e NE statisticamente significativa (p≤0,05);

^b Differenza tra PE e residenti maschi statisticamente significativa (p≤0,05);

4.2 Confronti dei risultati dei metalli al T2 con il baseline (T0) e con il primo controllo (T1)

Di seguito si riportano i confronti temporali effettuati sui metalli. I risultati sono riferiti ad un totale di 35 lavoratori per i quali sono disponibili le determinazioni al baseline, al primo e al secondo follow-up. Il piombo è disponibile per 33 lavoratori per il confronto T0-T2 e 34 lavoratori per il confronto T1-T2. In generale la maggior parte dei metalli indagati presenta, dopo tre anni di attività dell'impianto, concentrazioni significativamente ($p \leq 0,05$) più basse di quelle precedentemente osservate.

In tabella 4.6 è riportata la distribuzione media e mediana dei metalli al baseline, al primo e al secondo follow-up e il valore p del test per il trend sulle medie. Per la maggior parte dei metalli si osserva una diminuzione della concentrazione media e mediana nel tempo, e in diversi casi il trend discendente è statisticamente significativo (berillio, rame, mercurio, iridio, nichel, palladio, stagno, zinco). Alla diminuzione generalizzata dei metalli fanno eccezione il manganese, che ha un trend in crescita significativo, il platino e l'antimonio per cui i valori al T2 sono più alti dei valori al T0 e al T1. Per quanto riguarda il cadmio osserviamo dei valori al T2 inferiori al T0, ma superiori al T1. Per il platino la differenza tra i due follow-up T2-T1 è statisticamente significativa (Tabella 31 - Appendice A).

Tab 4.6. Confronto metalli T2-T1-T0 corretti per peso specifico dell'urina; valori sotto il limite di rilevabilità posti uguali alla metà della soglia e valori estremi inclusi; media, mediana, p-value test per il trend sulla media; n=35, per il piombo n=33.

Parametro	Media T0	Mediana T0	Media T1	Mediana T1	Media T2	Mediana T2	p-value
<i>Antimonio µg/L</i>	0.09	0.08	0.08	0.06	0.23	0.09	0.081
<i>Arsenico µg/L</i>	47.10	20.27	33.43	13.83	26.64	12.77	0.097
<i>Berillio µg/L</i>	0.17	0.17	0.13	0.11	0.08	0.09	<0.001
<i>Cadmio µg/L</i>	0.80	0.75	0.61	0.56	0.78	0.63	0.825
<i>Cobalto µg/L</i>	0.32	0.25	0.37	0.21	0.16	0.14	0.086
<i>Cromo µg/L</i>	0.26	0.15	0.26	0.19	0.17	0.12	0.138
<i>Iridio ng/L</i>	1.82	1.71	1.25	1.00	1.10	0.93	<0.001
<i>Manganese µg/L</i>	0.11	0.11	0.11	0.11	0.16	0.15	0.005
<i>Mercurio µg/L</i>	2.01	1.70	1.87	1.44	1.03	0.94	<0.001
<i>Nichel µg/L</i>	1.41	1.30	1.50	1.17	0.91	0.81	0.026
<i>Palladio ng/L</i>	26.62	22.63	28.94	22.26	15.87	14.60	0.017
<i>Platino ng/L</i>	6.35	4.68	3.40	2.49	6.64	5.72	0.785

<i>Rame µg/L</i>	12.66	10.94	9.90	10.40	9.65	9.03	0.032
<i>Rodio ng/L</i>	23.43	21.03	23.30	17.29	18.06	13.75	0.126
<i>Stagno µg/L</i>	0.84	0.77	0.77	0.35	0.32	0.27	0.033
<i>Tallio µg/L</i>	0.91	0.44	0.59	0.28	0.38	0.25	0.053
<i>Vanadio µg/L</i>	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.625
<i>Zinco µg/L</i>	552.98	584.35	334.71	297.36	368.83	287.98	0.016
<i>Piombo µg/L</i>	22.98	19.78	22.80	19.09	18.62	16.9	0.099

Le distribuzioni di cadmio sono state stratificate per abitudine al fumo, calcolata in base ai livelli di cotinina. Nei forti fumatori il livello mediano di Cd misurato al T2 è leggermente superiore rispetto al baseline, ma la differenza non è statisticamente significativa (Tabella 28 – Appendice A). Il livello mediano di Cd misurato al T2 è invece inferiore rispetto a quello del T1, ma anche in questo caso la differenza non è statisticamente significativa (Tabella 32 – Appendice A).

Nella tabella 4.7 è riportata la distribuzione media e mediana dei metalli al baseline, al primo e al secondo follow-up stratificata per lavoratori NE (4.7a) e PE (4.7b).

Nei lavoratori NE si riscontrano trend in diminuzione significativa di mercurio, iridio, antimonio e tallio. Nei lavoratori PE si evidenziano diminuzioni significative di berillio, mercurio, iridio e nichel. Tra i lavoratori PE il manganese presenta invece un aumento significativo nel tempo; un trend in crescita è stato riscontrato anche per altri metalli (platino, antimonio), sebbene non a livello statisticamente significativo.

Tab 4.7. Confronto metalli T2-T1-T0 corretti per peso specifico dell'urina; valori sotto il limite di rilevabilità posti uguali alla metà della soglia e valori estremi inclusi; media, mediana, p-value test per il trend sulla; stratificazione per esposizione.

a) NE (n=9, per il piombo n=8)

Parametro	Media T0	Mediana T0	Media T1	Mediana T1	Media T2	Mediana T2	p-value
<i>Arsenico µg/L</i>	35.64	10.14	37.06	13.36	25.53	15.81	0.670
<i>Berillio µg/L</i>	0.14	0.10	0.21	0.23	0.08	0.08	0.231
<i>Cadmio µg/L</i>	1.06	1.03	0.47	0.46	0.60	0.30	0.093
<i>Cobalto µg/L</i>	0.44	0.25	0.31	0.21	0.17	0.14	0.165
<i>Cromo µg/L</i>	0.37	0.15	0.28	0.17	0.17	0.09	0.331
<i>Rame µg/L</i>	13.80	13.56	8.92	8.90	8.15	6.93	0.059
<i>Mercurio µg/L</i>	2.83	2.75	0.96	0.67	1.17	1.05	0.005
<i>Iridio ng/L</i>	2.51	2.15	1.02	1.00	0.97	0.86	0.001

<i>Manganese</i> µg/L	0.16	0.15	0.10	0.09	0.13	0.06	0.436
<i>Nichel</i> µg/L	1.42	1.19	1.03	0.66	1.05	0.81	0.441
<i>Palladio</i> ng/L	32.35	26.78	33.97	25.83	11.52	10.29	0.061
<i>Platino</i> ng/L	6.49	3.40	1.68	1.76	3.07	2.84	0.217
<i>Rodio</i> ng/L	21.76	23.21	19.84	12.55	17.67	13.75	0.474
<i>Antimonio</i> µg/L	0.09	0.08	0.09	0.09	0.04	0.05	0.047
<i>Stagno</i> µg/L	0.93	0.77	0.69	0.33	0.30	0.19	0.117
<i>Tallio</i> µg/L	0.32	0.32	0.32	0.32	0.17	0.09	0.047
<i>Vanadio</i> µg/L	0.03	0.03	0.03	0.02	0.03	0.02	0.701
<i>Zinco</i> µg/L	561.28	627.35	278.45	302.99	293.71	213.72	0.052
<i>Piombo</i> µg/L	22.47	18.09	23.66	21.54	18.05	10.38	0.494

b) PE (n=26, per il piombo n=25)

Parametro	Media T0	Mediana T0	Media T1	Mediana T1	Media T2	Mediana T2	p-value
<i>Arsenico</i> µg/L	51.07	22.71	32.18	14.13	27.02	12.69	0.100
<i>Berillio</i> µg/L	0.19	0.19	0.10	0.09	0.08	0.09	<0.001
<i>Cadmio</i> µg/L	0.72	0.71	0.66	0.60	0.84	0.68	0.312
<i>Cobalto</i> µg/L	0.28	0.24	0.40	0.22	0.16	0.14	0.260
<i>Cromo</i> µg/L	0.22	0.17	0.25	0.20	0.17	0.14	0.231
<i>Rame</i> µg/L	12.27	10.56	10.24	10.42	10.17	9.46	0.190
<i>Mercurio</i> µg/L	1.73	1.43	2.18	1.79	0.98	0.76	0.028
<i>Iridio</i> ng/L	1.59	1.39	1.33	1.13	1.14	1.08	0.015
<i>Manganese</i> µg/L	0.10	0.10	0.11	0.12	0.18	0.16	<0.001
<i>Nichel</i> µg/L	1.40	1.36	1.67	1.41	0.86	0.78	0.033
<i>Palladio</i> ng/L	24.64	22.18	27.21	22.00	17.38	15.53	0.123
<i>Platino</i> ng/L	6.30	5.39	3.99	3.10	7.88	7.21	0.139
<i>Rodio</i> ng/L	24.00	20.77	24.49	20.26	18.20	13.73	0.179
<i>Antimonio</i> µg/L	0.09	0.08	0.08	0.06	0.29	0.11	0.057
<i>Stagno</i> µg/L	0.81	0.75	0.80	0.43	0.33	0.31	0.108
<i>Tallio</i> µg/L	1.11	0.44	0.69	0.24	0.45	0.31	0.068
<i>Vanadio</i> µg/L	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.722
<i>Zinco</i> µg/L	550.11	573.05	354.18	273.86	394.83	330.76	0.090
<i>Piombo</i> µg/L	23.14	20.65	22.53	18.79	18.81	17.00	0.136

In tabella 4.8 sono riportate le mediane delle differenze dei valori tra l'ultimo controllo e il baseline (T2-T0) nei lavoratori PE e NE, con il valore p del test di Wilcoxon-Mann-Whitney.

Quasi tutti i metalli mostrano valori mediani delle differenze T2-T0 in abbassamento (negativi) in entrambi i gruppi di lavoratori. Il test statistico ha mostrato che la differenza tra i

due gruppi è statisticamente significativa solo per alcuni metalli: berillio (diminuito maggiormente nei lavoratori PE); iridio e palladio (diminuito maggiormente nei lavoratori NE); manganese e antimonio (diminuiti nei lavoratori NE e aumentati nei lavoratori PE). Infine il platino e il cadmio mostrano una variazione della mediana positiva nei lavoratori PE, anche se la differenza fra i due gruppi non risulta statisticamente significativa.

Tab 4.8. Confronto delle differenze dei metalli T2-T0 corretti per peso specifico dell'urina tra NE e PE; valori sotto il limite di rilevabilità posti uguali alla metà della soglia e valori estremi inclusi; p-value del test di Wilcoxon-Mann-Whitney; nNE=9, nPE=26, per il piombo nNE=8 e nPE=25.

<i>Parametro</i>	<i>Mediana diff. T2-T0 lavoratori NE</i>	<i>Mediana diff. T2-T0 lavoratori PE</i>	<i>p-value</i>
<i>Arsenico µg/L</i>	1.94	-4.62	0.692
<i>Berillio µg/L</i>	-0.02	-0.11	0.039
<i>Cadmio µg/L</i>	-0.55	0.03	0.073
<i>Cobalto µg/L</i>	-0.11	-0.08	0.985
<i>Cromo µg/L</i>	-0.04	-0.06	0.836
<i>Rame µg/L</i>	-8.09	-2.72	0.193
<i>Mercurio µg/L</i>	-1.38	-0.55	0.117
<i>Iridio ng/L</i>	-1.07	-0.33	0.008
<i>Manganese µg/L</i>	-0.08	0.09	0.006
<i>Nichel µg/L</i>	-0.35	-0.55	0.955
<i>Palladio ng/L</i>	-9.18	-3.55	0.039
<i>Platino ng/L</i>	-0.14	2.20	0.073
<i>Rodio ng/L</i>	-3.16	-3.53	0.895
<i>Antimonio µg/L</i>	-0.03	0.03	0.004
<i>Stagno µg/L</i>	-0.65	-0.31	0.664
<i>Tallio µg/L</i>	-0.19	-0.20	0.610
<i>Vanadio µg/L</i>	0.00	0.00	0.317
<i>Zinco µg/L</i>	-133.98	-203.56	0.610
<i>Piombo µg/L</i>	-2.16	-1.90	0.817

In tabella 4.9 sono riportate le medie e le mediane delle differenze dei valori tra i due tempi (T2-T0) nei lavoratori e nei residenti di sesso maschile con il valore p del test di Wilcoxon-Mann-Whitney.

Quasi tutti i metalli mostrano valori mediani delle differenze T2-T0 in abbassamento (negativi). Il test statistico ha mostrato che la differenza è statisticamente significativa per alcuni metalli, in particolare per il manganese e l'antimonio che mostrano aumenti tra i lavoratori

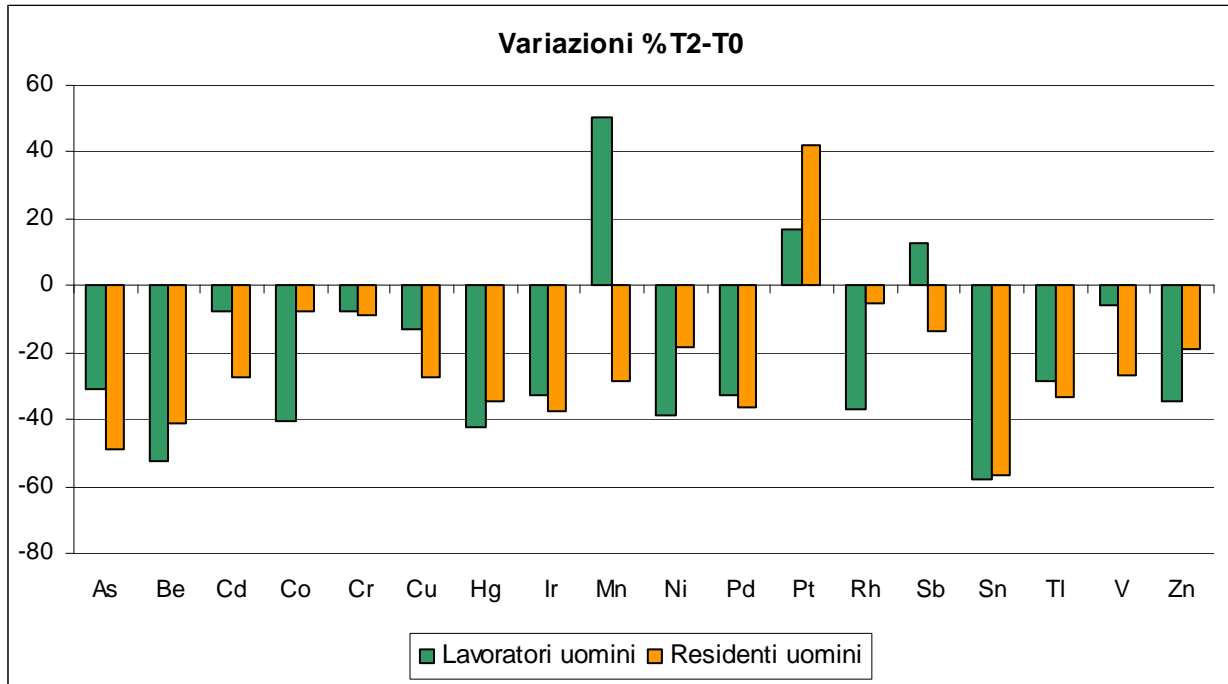
maschi mentre hanno una tendenza alla diminuzione nei residenti maschi. Il platino è l'unico metallo che presenta una tendenza all'aumento nella fase T2 in entrambi i gruppi (mediane delle differenze positive).

Tab 4.9. Confronto delle differenze dei metalli T2-T0 corretti per peso specifico dell'urina tra lavoratori e residenti maschi; valori sotto il limite di rilevabilità posti uguali alla metà della soglia e valori estremi inclusi; p-value del test di Wilcoxon-Mann-Whitney; nLav=30 e nRes=174, per il piomb nLav=29 e nRes=156.

<i>Parametro</i>	<i>Mediana diff. T2-T0 lavoratori maschi</i>	<i>Mediana diff. T2-T0 residenti maschi</i>	<i>p-value</i>
<i>Arsenico µg/L</i>	-0.18	-8.06	0.192
<i>Berillio µg/L</i>	-0.11	-0.07	0.084
<i>Cadmio µg/L</i>	0.00	-0.20	0.014
<i>Cobalto µg/L</i>	-0.07	0.00	0.011
<i>Cromo µg/L</i>	-0.05	-0.01	0.374
<i>Rame µg/L</i>	-3.20	-3.94	0.504
<i>Mercurio µg/L</i>	-0.64	-0.45	0.543
<i>Iridio ng/L</i>	-0.51	-0.62	0.481
<i>Manganese µg/L</i>	0.06	-0.03	<0.001
<i>Nichel µg/L</i>	-0.46	-0.17	0.160
<i>Palladio ng/L</i>	-4.99	-7.88	0.316
<i>Platino ng/L</i>	1.75	1.00	0.415
<i>Rodio ng/L</i>	-3.53	-0.80	0.185
<i>Antimonio µg/L</i>	0.01	-0.02	0.003
<i>Stagno µg/L</i>	-0.31	-0.30	0.466
<i>Tallio µg/L</i>	-0.18	-0.10	0.058
<i>Vanadio µg/L</i>	0.00	-0.01	0.026
<i>Zinco µg/L</i>	-187.42	-83.00	0.454
<i>Piombo µg/L</i>	-1.90	-1.47	0.438

Nel grafico 4.1 sono invece riportate le variazioni percentuali nelle mediane tra il T2 e il T0 nei lavoratori e nei residenti SPoTT di sesso maschile.

Grafico 4.1. Variazioni percentuali nelle mediane tra il T2 e il T0 tra lavoratori e residenti uomini.



4.3 Risultati della rilevazione trasversale (Tx)

Sono qui descritti e commentati i principali risultati riguardanti lo stato di salute generale e le concentrazioni di metalli dei lavoratori delle ditte in subappalto coinvolti nella rilevazione trasversale (Tx). I risultati presentati in questo paragrafo riguardano 30 lavoratori, di cui 16 svolgono mansioni che coinvolgono il carico/scarico e trasporto di Big Bag e quindi sono particolarmente esposti alle ceneri.

Tre lavoratori abitano nella zona di esposizione definita dai modelli previsionali. Tutti i soggetti coinvolti in questa fase sono maschi ed hanno un'età media di circa 40 anni.

Tab 4.10. Distribuzione soggetti per concentrazione di cotinina a inizio turno

Cotinina	Num	%
> 50 ng/mL (<i>forte fumatore</i>)	15	50%
1-50 ng/mL (<i>esposto a fumo</i>)	5	16.7%
< 1 ng/mL (<i>non fumatore</i>)	6	20%
<i>mancante</i>	4	13.3%
<i>totale</i>	30	100%

Per quel che riguarda l'abitudine al fumo (tabella 4.10), in totale, il 67% dei soggetti risultano fumatori.

Come si evince da questionario, la distribuzione dei lavoratori in base al consumo di alcool è presentata nella tabella 4.11. Solo 8 lavoratori sul totale risultano bevitori secondo la definizione, una percentuale molto simile a quella dei lavoratori PE.

Tab 4.11. Distribuzione soggetti per consumo di alcool

Alcool	Num	%
<i>Bevitore</i>	8	26.7%
<i>Non bevitore</i>	20	66.6%
<i>mancanti</i>	2	6.7%
<i>totale</i>	30	100%

4.3.1 *Stato di salute generale*

I 30 lavoratori coinvolti nello studio di biomonitoraggio al Tx hanno un buono stato di salute generale; in media nessuno tra i parametri ematochimici ed urinari misurati risulta fuori norma. Un totale di 27 lavoratori (90%) riferiscono nell'intervista di avere un buono stato di salute (punteggio maggiore di 7 su una scala da 1 a 10).

Rispetto alle patologie riferite:

- 9 soggetti dichiarano di aver sofferto di una o più patologie pregresse
- 2 soggetti dichiarano di avere avuto una diagnosi di colesterolo alto
- 9 soggetti risultano ipertesi (con valori di pressione diastolica e/o sistolica superiori alla norma o con valori normali ma in trattamento farmacologico).

In tabella 4.12 sono riportati i principali risultati riguardanti i parametri ormonali, urinari e di funzionalità epatica. La media dei valori risulta sempre nella norma. Alle singole persone che mostravano valori al fuori dei range di normalità è stato consigliato di rivolgersi al proprio medico di medicina generale.

Tab 4.12 Parametri ormonali, renali ed epatici, media (dev. std) e mediana; fase Tx.

Parametro	Media	Std Dev	Mediana	Minimo	Massimo	Range
FT3	3.64	0.44	3.58	2.77	4.55	1.78
FT4	1.10	0.13	1.09	0.92	1.57	0.65
TSH	1.49	0.93	1.16	0.59	4.72	4.13
Cortisolo	142.11	49.80	146.65	58.00	247.00	189.00
ACTH	29.00	16.49	24.60	6.50	70.00	63.50
Creatininemia	0.58	0.64	0.44	0.06	3.43	3.37
Microalbuminuria	9.31	7.88	6.61	0.85	30.58	29.73
Fosforemia	1.00	0.18	1.00	0.65	1.45	0.80
Bilirubina totale	0.60	0.24	0.57	0.00	1.41	1.41
Bilirubina diretta	0.10	0.05	0.10	0.00	0.21	0.21
Bilirubina indiretta	0.49	0.22	0.49	0.00	1.20	1.20
GOT	26.10	12.88	23.00	15.00	87.00	72.00
GPT	24.13	12.15	20.50	11.00	59.00	48.00
gGT	35.37	27.02	30.00	10.00	144.00	134.00

I principali risultati riguardanti la funzionalità respiratoria, riportati in tabella 4.13, risultano nella norma. In 2 soggetti la funzionalità respiratoria è risultata con alterazione ostruttiva lieve. Nessun lavoratore riferisce enfisema, bronchite e BPCO all'anamnesi, mentre 2 soggetti dichiarano di aver avuto una diagnosi di asma.

Tab 4.13. Parametri di funzionalità respiratoria, media (dev. std) e mediana; fase Tx.

Parametro		Media	Std Dev	Mediana	Minimo	Massimo	Range
FEV1	l	5.45	0.80	5.72	3.62	6.68	3.06
	%	115.60	14.33	117.00	89.00	143.00	54.00
FVC	l	4.31	0.75	4.50	2.80	5.53	2.73
	%	110.57	15.21	111.00	76.00	138.00	62.00
FEV1%M	l	78.88	6.75	77.82	66.97	96.68	29.71
	%	98.33	7.27	96.00	86.00	117.00	31.00
PEF	l	9.99	1.36	10.06	6.81	13.78	6.97
	%	108.63	14.26	108.00	73.00	151.00	78.00

4.3.2 Metalli

La tabella 4.14 riporta la media, la deviazione standard e la mediana per tutti i metalli (corretti per il peso specifico dell'urina, senza esclusione dei valori estremi) determinati nei lavoratori coinvolti nella fase Tx, suddivisi in esposti e non esposti a ceneri. La tabella riporta anche i valori mediani riscontrati nei lavoratori PE e nei residenti di sesso maschile al T2. La tabella 23 dell'appendice B riepiloga il numero di soggetti con valori statistici outlier e/o estremi. In 8 casi (pari a circa il 2% delle determinazioni urinarie effettuate) i valori si presentano come valori statistici estremi rispetto alla distribuzione, influenzando il calcolo della media.

Per tutti i metalli le concentrazioni mediane al Tx risultano comparabili nei lavoratori esposti e nei lavoratori non esposti a ceneri (non ci sono differenze statisticamente significative). Si nota tuttavia una differenza rilevante nella media di arsenico (media esposti: 7,80 µg/L; media non esposti: 17,07 µg/L; $p = <0,001$), che è influenzata dalla presenza di 3 valori estremi nei non esposti. Confrontando i valori di tutti i lavoratori al Tx con i lavoratori PE al T2 si trovano alcune differenze statisticamente significative. In particolare risultano superiori nei lavoratori al Tx le concentrazioni di berillio e piombo, mentre risultano inferiori le concentrazioni di arsenico, manganese e platino. Anche confrontando i valori di tutti i lavoratori al Tx con i residenti maschi al T2 si trovano alcune differenze statisticamente significative. In particolare risultano superiori nei lavoratori al Tx le concentrazioni di antimonio, cadmio, cobalto, manganese e piombo, mentre risulta inferiore la concentrazione di arsenico.

Le analisi relative al cadmio, i cui livelli urinari sono molto influenzati dall'abitudine al fumo, sono state stratificate in base ai livelli di cotinina (Tabella 24 - Appendice B): i forti fumatori (cotinina urinaria > 50 ng/mL) presentano valori mediani di cadmio superiori rispetto agli altri soggetti ma le differenze non sono statisticamente significative (p -value=0.378).

Rispetto agli IBE indicati nel paragrafo 4.1.2, i valori mediani dei metalli dei lavoratori in appalto sono al di sotto dei valori di riferimento occupazionali. I valori IBE sono stati anche confrontati con i valori di ciascun lavoratore dell'impianto dopo correzione per l'incertezza legata al metodo. Un numero molto limitato di soggetti ha mostrato un'escrezione urinaria di singoli metalli (arsenico e cadmio) più elevata degli IBE. Per quanto concerne l'arsenico, 3 lavoratori presentano valori superiori a 35 µg/L, ma inferiori a 70 µg/L. Anche in questo caso è necessario ricordare che l'IBE per l'arsenico fa riferimento al solo arsenico inorganico e metaboliti, mentre nel presente studio i valori dell'arsenico si riferiscono all'arsenico totale comprendente anche le specie organiche, principalmente provenienti dalla dieta e non rilevanti da un punto di vista

tossicologico. Per il cadmio un solo lavoratore presentava valori superiori a 2 µg/g creatinina. Per il cobalto, il cromo, il mercurio, il nichel e il piombo nessun lavoratore supera gli IBE.

Come per i lavoratori TRM, anche per i lavoratori delle aziende appaltatrici che presentano valori superiori agli IBE è stato fatto un più approfondito esame del questionario al fine di individuare variabili (dieta, abitudini, stili di vita) che possano aver contribuito al superamento degli IBE. I 3 soggetti con valori alti di arsenico risultano fumatori (2 forti), 2 dichiarano di aver mangiato pesce, mitili o molluschi il giorno prima, 1 nella settimana precedente. Il soggetto con valore elevato di cadmio risulta un forte fumatore.

I valori corretti per l'incertezza legata al metodo sono anche stati confrontati con i Valori Limite (VL) calcolati sulla distribuzione dei valori della popolazione SpoTT monitorata al T0. Un solo soggetto ha valori di due metalli, il manganese e il piombo, maggiori del VL. L'analisi del questionario compilato dal soggetto suggerisce che la storia professionale pregressa potrebbero aver contribuito ad aumentare l'esposizione a tali metalli.



Tab 4.14. Metalli nelle urine e piombo ematico, media (dev. std) e mediana; valori sotto il limite di rilevabilità posti uguali alla metà del limite e valori estremi inclusi; fase Tx. nEsposti=14 (per il piombo=16), nNonEsposti=15 (per il piombo=14), nPE=26 (per il piombo=25), nResMaschi=174.

Parametro		Esposti ceneri Ditte in appalto		Non esposti ceneri Ditte in appalto		Totale lavoratori ditte in appalto		Gruppi di confronto	
		Media (dev. std)	Mediana	Media (dev. std)	Mediana	Media (dev. std)	Mediana	Mediana PE (T2)	Mediana residenti maschi (T2)
Antimonio ^b	µg/L	0.14 (0.10)	0.14	0.13 (0.07)	0.11	0.14 (0.09)	0.11	0.11	0.06
Arsenico ^{a,b}	µg/L	7.80 (7.28)	6.54	17.07 (19.83)	6.58	12.08 (14.96)	6.58	12.69	12.00
Berillio ^a	µg/L	0.10 (0.02)	0.10	0.09 (0.03)	0.10	0.10 (0.02)	0.10	0.09	0.10
Cadmio ^b	µg/L	1.01 (0.64)	1.00	0.83 (0.35)	0.78	0.93 (0.53)	0.89	0.68	0.53
Cobalto ^b	µg/L	0.19 (0.09)	0.21	0.22 (0.07)	0.20	0.20 (0.08)	0.20	0.14	0.15
Cromo	µg/L	0.17 (0.14)	0.13	0.14 (0.12)	0.09	0.16 (0.13)	0.10	0.14	0.14
Iridio	ng/L	1.02 (0.33)	1.12	0.78 (0.33)	0.81	0.91 (0.34)	0.91	1.08	1.02
Manganese ^{a,b}	µg/L	0.19 (0.31)	0.10	0.13 (0.08)	0.09	0.16 (0.23)	0.10	0.16	0.08
Mercurio	µg/L	0.83 (0.21)	0.77	1.09 (0.59)	0.90	0.95 (0.44)	0.85	0.76	0.99
Nichel	µg/L	0.70 (0.38)	0.66	0.69 (0.34)	0.62	0.70 (0.36)	0.64	0.78	0.75
Palladio	ng/L	16.09 (5.54)	16.67	17.47 (6.60)	16.55	16.72 (5.51)	16.67	15.53	15.41
Platino ^a	ng/L	4.92 (2.58)	4.55	4.17 (1.55)	4.34	4.58 (2.16)	4.34	7.21	4.22
Rame	µg/L	9.54 (4.86)	10.13	10.91 (6.13)	8.57	10.17 (5.42)	9.76	9.46	9.27
Rodio	ng/L	16.89 (6.50)	15.64	18.53 (7.37)	20.67	17.64 (6.83)	16.47	13.73	17.35
Stagno	µg/L	0.41 (0.36)	0.30	0.40 (0.27)	0.39	0.41 (0.32)	0.35	0.31	0.30
Tallio	µg/L	0.24 (0.13)	0.23	0.34 (0.23)	0.27	0.29 (0.19)	0.25	0.31	0.20
Vanadio	µg/L	0.05 (0.05)	0.03	0.06 (0.04)	0.03	0.06 (0.04)	0.03	0.03	0.03
Zinco	µg/L	434.07 (228.42)	443.53	414.16 (255.18)	389.27	424.88 (236.40)	424.49	330.76	426.96
Piombo ^{a,b}	µg/L	37.81 (27.29)	28.00	37.25 (13.22)	39.17	37.55 (21.53)	31.95	17.00	19.48

^a Differenza tra Totale lavoratori e PE statisticamente significativa ($p \leq 0,05$);

^b Differenza tra Totale lavoratori e residenti maschi statisticamente significativa ($p \leq 0,05$)

4.4 Risultati dei monitoraggi ambientali

4.4.1 Risultati del campionamento 2016

In tabella 4.15 sono riportate le concentrazioni dei metalli monitorati in aria, espresse in microgrammi per metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tab 4.15. Concentrazioni dei metalli monitorati in diverse aree dell'impianto

	AREA AVANFOSSA- ADDETTO	AREA AVANFOSSA- PORTA 10	AREA SCORIE - ZONA VASCHE	NASTRO SCORIE TRA LINEA 1 E 2 - LIVELLO ZERO	AREA DEPOSITO BIG-BAG	AREA SILI- CENERI	AREA SILI- CENERI - ADDETTO
	Camp 1	Camp 2	Camp 3	Camp 4	Camp 5	Camp 6	Camp 7
	Personale	Ambientale	Ambientale	Ambientale	Ambientale	Ambientale	Personale
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$						
Arsenico	<0.21	<0.13	<0.13	<0.13	<0.16	<0.13	<0.30
Cadmio	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.03
Cobalto	<0.21	<0.13	<0.13	<0.13	<0.16	<0.13	<0.30
Cromo	<1.03	<0.66	<0.66	<0.67	<0.80	<0.65	<1.51
Nichel	<0.41	<0.27	<0.26	<0.27	<0.32	<0.26	<0.60
Piombo	<0.41	<0.27	<0.26	<0.27	<0.32	0.48	<0.60
Rame	<2.05	<1.33	<1.32	<1.34	<1.59	<1.30	<3.01
Selenio	<0.21	<0.13	<0.13	<0.13	<0.16	<0.13	<0.30
Vanadio	<0.21	<0.13	<0.13	<0.13	<0.16	<0.13	<0.30
Zinco	10.88	<1.33	<1.32	29.38	1.59	2.59	<3.01
Mercurio	<0.04	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.03	<0.06

L'arsenico, il cadmio, il cobalto, il cromo, il nichel, il rame, il selenio, il vanadio e il mercurio sono risultati, in tutte le postazioni, inferiori al limite di rilevabilità strumentale.

Si sono rilevate tracce di alcuni altri metalli; in particolare il piombo nell'area sili-ceneri; lo zinco nella zona del nastro scorie, del deposito big-bag, dell'area sili-ceneri e nel campionamento personale effettuato sull'addetto avanfossa.

4.4.2 Risultati analitici 2017

In tabella 4.16 sono riportate le concentrazioni dei metalli monitorati in aria, espresse in microgrammi per metro cubo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Tab 4.16. Concentrazioni dei metalli monitorati in diverse aree dell'impianto

	PALAZZINA UFFICIO DIREZIONE	SALA CONTROLLO	SALA GRUISTA FOSSA	OPERATORE DI GIRO "A"	OPERATORE DI GIRO "B"	AREA AVANFOSSA- PORTA 10	AREA SCORIE - ZONA VASCHE	AREA SILI- CENERI
	Camp 57	Camp 58	Camp 59	Camp 60	Camp 61	Camp 62	Camp 63	Camp 64
	Ambientale	Ambientale	Ambientale	Personale	Personale	Ambientale	Ambientale	Ambientale
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$							
Arsenico	<0.11	<0.13	<0.13	<0.22	<0.21	<0.13	<0.13	<0.13
Cadmio	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01
Cobalto	<0.11	<0.13	<0.13	<0.22	<0.21	<0.13	<0.13	<0.13
Cromo	<1.11	<1.26	<1.34	<2.15	<2.09	<1.31	<1.33	<1.35
Nichel	<0.22	<0.25	<0.27	2.37	1.46	<0.26	<0.27	<0.27
Piombo	<0.22	<0.25	<0.27	0.43	0.42	<0.26	<0.27	<0.27
Rame	<0.22	<0.25	<0.27	6.24	0.63	<0.26	<0.27	<0.27
Selenio	<1.11	<1.26	<1.34	3.66	<2.09	<1.31	<1.33	<1.35
Vanadio	<0.11	<0.13	<0.13	<0.22	<0.21	<0.13	<0.13	<0.13
Zinco	<0.11	<0.13	<0.13	<0.22	<0.21	<0.13	<0.13	<0.13
Mercurio	<1.11	<0.26	<1.34	17.2	7.32	<1.31	<1.33	<1.35
Ferro	<11.14	<12.61	<13.37	49.47	62.76	<13.11	<13.34	<13.46

Tutti i prelievi evidenziano concentrazioni di metalli inferiori al limite di rilevanza strumentale ad eccezione dei due prelievi personali degli "operatori di giro". Soltanto nichel, piombo, rame, selenio e ferro presentano concentrazioni rilevabili a livello strumentale

I risultati del mercurio in fase vapore si riportano in tabella 5.17:

Tab 5.17. Concentrazioni dei metalli monitorati in diverse aree dell'impianto

	PALAZZINA UFFICIO DIREZIONE	SALA CONTROLLO	SALA GRUISTA FOSSA	OPERATORE DI GIRO "A"
	Camp 52	Camp 53	Camp 54	Camp 55
	Ambientale			
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$			
Mercurio (fase vapore)	< 0.20	< 0.24	< 0.24	< 0.25

Tutti i prelievi sono risultati inferiori al limite di rilevabilità strumentale (1/100 del TLV).

4.4.3 Confronti fra le diverse campagne

Per un confronto tra le concentrazioni rilevate negli anni 2013 con il 2016 e 2017, sono stati utilizzati i dati relativi alle sole postazione ripetute nelle diverse campagne di monitoraggio. Le basse concentrazioni dei metalli sono confermate nella campagna del 2017.

Le lievi variazioni possono dipendere dalle variabilità dei metalli stessi presenti nei rifiuti.

	AREA AVANFOSSA					SALA CONTROLLO/ SALA GRUISTA		SALA GRUISTA	SALA CONTROLLO	SALA GRUISTA	SALA CONTROLLO	AREA SILI			AREA SCORIE		
	Apr 13	Giu 13	Apr 15	Apr 16	Apr 17	Apr 13	Giu 13	Apr 15	Apr 16	Apr 17	Apr 17	Apr 15	Apr 16	Apr 17	Apr 15	Apr 16	Apr 17
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$																
Arsenico	<0.12	<0.25	<0.10	<0.13	<0.13	<0.08	<0.25	<0.11	<0.11	<0.13	<0.13	<0.09	<0.13	<0.13	<0.11	<0.13	<0.13
Cadmio	<0.01	<0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.02	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cobalto	<0.12	<0.25	<0.1	<0.13	<0.13	<0.08	<0.25	<0.11	<0.11	<0.13	<0.13	<0.09	<0.13	<0.13	<0.11	<0.13	<0.13
Cromo	0.24	<1.3	<0.49	<0.66	<1.31	<0.08	<1.2	<0.53	<0.54	<1.34	<1.26	<0.45	<0.65	<1.35	<0.55	<0.66	<1.33
Nichel	0.24	<0.25	0.49	<0.27	<0.26	<0.08	<0.25	0.14	0.54	<0.27	<0.25	<0.11	<0.26	<0.27	<0.11	<0.26	<0.27
Piombo	<0.12	<0.25	<0.10	<0.27	<0.26	<0.08	<0.25	0.11	0.14	<0.27	<0.25	0.11	0.48	<0.27	0.36	<0.26	<0.27
Rame	0.97	<1.3	0.57	<1.33	<0.26	<0.1	<1.2	0.61	0.59	<0.27	<0.25	0.57	<1.3	<0.27	0.81	<1.32	<0.27
Selenio	<0.12	<0.25	<0.10	<0.13	<1.31	<0.08	<0.25	<0.11	<0.11	<1.34	<1.26	<0.09	<0.13	<1.35	<0.11	<0.13	<1.33
Vanadio	<0.12	<0.25	<0.10	<0.13	<0.13	<0.08	<0.25	<0.11	<0.11	<0.13	<0.13	<0.09	<0.13	<0.13	<0.11	<0.13	<0.13
Zinco	0.48	<2.5	<0.10	<1.33	<0.13	<0.2	<2.5	0.17	0.12	<0.13	<0.13	0.96	2.59	<0.13	0.55	<1.32	<0.13
Mercurio	<0.02	<0.05	<0.02	<0.03	<0.03	<0.02	<0.25	<0.02	<0.02	<0.03	<0.13	<0.02	<0.03	<0.03	<0.02	<0.03	1.35

5 Discussione

La dose interna della maggior parte dei metalli analizzati nei 35 lavoratori TRM per i quali sono disponibili le determinazioni al baseline (2013-2014) e al secondo controllo (2016-2017) confermano un trend in diminuzione, come già rilevato nel primo controllo (2014-2015). Nello specifico le concentrazioni urinarie di arsenico, berillio, cadmio, cobalto, cromo, mercurio, iridio, nichel, palladio, rodio, stagno, tallio e zinco e del piombo ematico sono risultate essere inferiori dopo tre anni di attività dell'impianto rispetto al baseline. I livelli di rame e vanadio sono invece rimasti costanti nel tempo. I risultati osservati sono coerenti con altri studi longitudinali condotti su lavoratori in impianti di incenerimento di rifiuti. Uno studio effettuato in Spagna riporta che la concentrazione di manganese, mercurio e nichel nei lavoratori di un impianto di incenerimento di rifiuti pericolosi, non è cambiata dopo 8 anni di follow-up¹⁰. Un altro studio spagnolo, condotto su lavoratori di un impianto di incenerimento di rifiuti solidi urbani, ha evidenziato una diminuzione dei livelli urinari di cromo ed ematici del cadmio misurati dopo due anni di attività, mentre non sono state osservate differenze per i livelli urinari di mercurio ed ematici del piombo¹¹. In entrambi gli studi gli autori concludono che non ci sono evidenze di esposizione occupazionale a metalli.

Il confronto tra i lavoratori addetti alle linee (lavoratori PE) e gli impiegati (lavoratori NE) ha mostrato una differenza solo per i livelli di manganese e antimonio che risultano avere una tendenza all'aumento nei lavoratori PE all'opposto di quanto accade negli NE (tabella 4.8). Come evidenziato nel grafico 4.1, anche nel confronto con i residenti maschi della popolazione SpoTT, manganese e antimonio mostrano un trend in aumento tra i lavoratori PE rispetto ai residenti uomini. Il platino è l'unico metallo che presenta una tendenza all'aumento tra T0 e T2 sia nei lavoratori PE sia nei residenti.

La tendenza all'aumento evidenziata nelle concentrazioni urinarie di manganese, antimonio e platino tra il secondo follow-up e il baseline (T2-T0) dei lavoratori TRM è da attribuirsi a componenti complesse di esposizione. Le misurazioni ambientali effettuate suggeriscono un'esposizione specifica molto bassa e comunque non tale da attribuire tali aumenti all'aria dell'ambiente di lavoro. L'impianto di incenerimento del Gerbido e la città di Torino si trovano tuttavia in un'area in cui le esposizioni ambientali possono essere dovute ad una concomitanza di diverse attività industriali, urbane e antropiche. A questi vanno aggiunti anche fattori di variabilità individuali come la suscettibilità, il metabolismo, i differenti stili di vita tra cui la dieta che rappresenta, ad esempio, la prima via di assunzione per il manganese. In

definitiva si ritiene che l'effettivo carico corporeo dei metalli nei lavoratori TRM sia da associare ad una combinazione di differenti fonti di esposizione.

Ad esempio, nel caso del platino, è ampiamente riportato in letteratura scientifica che i convertitori catalitici dei veicoli rilascino nell'ambiente, a causa della loro naturale degradazione, rifiuti sotto forma di polvere ricca di questo metallo¹². Tale metallo risulta quindi essere associato al traffico piuttosto che ad emissioni industriali. E' ben noto che l'area metropolitana di Torino è caratterizzata da un volume molto elevato di traffico veicolare, che rappresenta una fonte di emissione puntuale rilevante per tutta la popolazione SpoTT (lavoratori e residenti)¹³.

Un recente studio condotto nel Regno Unito ha confrontato i fanghi di depurazione delle acque fognarie provenienti da 9 città con le ceneri prodotte dalla loro combustione in impianti di incenerimento. I risultati sul contenuto di platino suggerito suggeriscono che l'abbondanza di tale metallo è in relazione al numero di veicoli circolanti piuttosto che all'emissione da impianti industriali¹⁴.

Inoltre i livelli di platino urinari riscontrati nei lavoratori TRM al T2 (mediana lavoratori 5,72 ng/L; tabella 4.5) sono comparabili con quelli riscontrati in uno studio di biomonitoraggio di vigili dell'area urbana di Roma¹⁵ (4,56 ng/L) e fino a 4 volte più bassi di quelli riscontrati in un recente studio condotto nell'Italia centrale sia in soggetti potenzialmente esposti ad un impianto che ricicla e raffina metalli preziosi (14,0 ng/L) sia in quelli che vivevano in un'area di riferimento¹⁶ (19,0 ng/L). Nello stesso studio, anche i soggetti che vivevano in un'altra area urbana presentavano una concentrazione di platino urinario (18,0 ng/L), più elevata di quella del gruppo dei potenzialmente esposti contribuendo a definire l'inquinamento da traffico urbano come una delle principali fonti di esposizione a questo metallo. Infine i livelli urinari di platino dei lavoratori TRM sono comparabili con gli intervalli (5-95° percentile) di studi di biomonitoraggio per la popolazione generale condotti in differenti nazioni: Francia¹⁷ (2-36 ng/L), Germania¹⁸ (9-120 ng/L), Inghilterra¹⁹ (5-10 ng/L), Italia²⁰ (0.49-8.13 ng/L).

Le principali fonti di esposizione per il manganese sono il cibo e l'acqua²¹, tuttavia non è trascurabile il contributo dovuto a inalazione, dato l'ampio utilizzo di questo metallo nelle attività industriali (industria chimica, produzione di acciai, fabbricazione di batterie a secco, come additivo per benzina - metilciclopentadienil-tricarbonil-manganese, MMT - come sostituto del piombo). I livelli di manganese riscontrati nei lavoratori TRM al T2 (mediana 0,15 µg/L; tabella 4.5) risultano 5 volte inferiori a quelli riscontrati nei lavoratori di un impianto di incenerimento di rifiuti urbani in Austria²² (0,63 µg/L) e 8 volte più bassi dei valori urinari riscontrati in uno studio francese²³ (0,87 µg/g creatinina). Uno studio longitudinale condotto tra il 1999 e il 2007 in

Spagna ha riscontrato un aumento di manganese nel sangue di lavoratori in un impianto di incenerimento di rifiuti pericolosi, ma senza evidenziare segni evidenti di esposizione professionale¹⁰. Inoltre i livelli di manganese urinari nei lavoratori TRM al T2 sono paragonabili a quelli riscontrati nella popolazione residente intorno a un impianto di incenerimento di rifiuti solidi urbani a Modena²⁴ (0.18 µg/L). In ogni caso i livelli di manganese sono comparabili con gli intervalli della popolazione generale non esposta evidenziati in studi di biomonitoraggio condotti in differenti nazioni: Francia¹⁷ (0,11-1,32 µg/L), Germania¹⁸ (0,073-0,71 µg/L), Inghilterra¹⁹ (0,092-0,46 µg/L).

L'esposizione professionale all'antimonio si verifica principalmente in lavoratori coinvolti in industrie che producono antimonio e triossido di antimonio, estrazione di metalli, fusione e raffinazione. Dato il suo utilizzo nella produzione della plastica, piccole quantità di antimonio vengono rilasciate nell'ambiente dagli inceneritori che la smaltiscono²⁵. Le principali vie di esposizione ambientale ad antimonio sono cibo e acqua, inalazione di aria e contatto con la pelle, in particolare nelle vicinanze di fabbriche di lavorazione di antimonio²⁵. I livelli riscontrati nei lavoratori TRM al T2 (mediana 0,09 µg/L; tabella 4.5) risultano molto inferiori di quelli dei lavoratori esposti professionalmente ai composti dell'antimonio. Ad esempio, uno studio di biomonitoraggio condotto su lavoratori di un'industria tessile italiana esposti a basse concentrazioni di triossido di antimonio presenta valori urinari all'inizio del turno (0,31 µg/L) e alla fine (0,35 µg/L) decisamente più alti²⁶. Un altro studio²⁷ su 103 lavoratori di un'industria elettronica ha rilevato un valore mediano di antimonio urinario di 0,74 µg/L, mentre i livelli urinari di lavoratori coinvolti nella produzione di batterie al piombo erano compresi tra 2.8 e 5.6 µg/g creatinina²⁸. I livelli di antimonio riscontrati in questo studio sono in linea con quelli della popolazione generale in Francia²⁹ (0,072 µg/L), Germania¹⁸ (0,069 µg/L) e Inghilterra¹⁹ (0,092 µg/L).

In generale, i valori mediani dei metalli analizzati nelle urine dei lavoratori TRM al secondo follow-up, per i quali esiste un riferimento SCOEL o ACGIH (arsenico, cadmio, cobalto, cromo, mercurio, nichel, piombo nel sangue), sono inferiori ai valori guida di esposizione occupazionale. Anche per tale motivo, il risultato del biomonitoraggio al T2 non evidenzia un'esposizione lavorativa rilevante e tale da dover aumentare le misure di sicurezza già adottate per gli addetti all'impianto.

Nei locali che presentano un maggior rischio di esposizione a sostanze pericolose (ad esempio avana fossa, area scorie, area sili o locale caldaia) operano prevalentemente lavoratori di imprese

appaltatrici. Un gruppo di tali lavoratori è stato invitato a partecipare al biomonitoraggio nei mesi di aprile-maggio 2016; data la natura temporanea dei contratti di subappalto si è scelto di effettuare uno studio trasversale.

I risultati dei prelievi e i confronti con altri gruppi sono riportati in tabella 4.14.

Le concentrazioni urinarie di tutti i metalli analizzati risultano comparabili tra i lavoratori esposti e quelli non esposti a ceneri suggerendo che la mansione svolta non influisca sui livelli urinari. Invece, confrontando i valori di tutti i lavoratori in subappalto con i PE al T2 si trovano delle differenze statisticamente significative. In particolare risultano superiori nei lavoratori delle imprese in subappalto le concentrazioni di berillio e piombo, mentre risultano inferiori le concentrazioni di arsenico, manganese e platino. Le più basse concentrazioni di manganese e platino riscontrate nei lavoratori che presentano un maggior rischio di esposizione professionale confermano che tali metalli non sono da attribuirsi all'ambiente di lavoro, ma come spiegato precedentemente, ad una combinazione di differenti fonti di esposizione (emissioni ambientali di altre attività industriali e urbane, stili di vita, dieta ecc.). Di seguito, quindi verranno riportate alcune discussioni solo sui metalli (berillio e piombo) che hanno presentato concentrazioni maggiori nei lavoratori delle ditte in subappalto.

I livelli di berillio nei lavoratori delle aziende appaltatrici sono comparabili con i residenti maschi della popolazione SpoTT (0,10 µg/L; tabella 4.14) indicando che non è l'esposizione interna all'impianto ad essere fonte di questo metallo. La popolazione generale può essere esposta al berillio per inalazione e attraverso il consumo di acqua e cibo³⁰. I livelli urinari di berillio riscontrati sono inferiori a quelli trovati in lavoratori metallurgici esposti a livelli molto bassi del metallo: fino a 0,54 µg/L a seconda del tipo di lavoro svolto³¹. Un altro studio di biomonitoraggio ha invece evidenziato valori mediani di 1,58 µg/L in un gruppo di lavoratori siderurgici e di 0,83 µg/L in un gruppo di controllo³². Mentre uno studio più recente ha evidenziato livelli fino a 0,178 µg/L in lavoratori di acciaierie elettriche e fonderie in lega di rame e livelli di 0,044 µg/L nel gruppo di controllo³³. Infine uno studio longitudinale condotto tra il 1999 e il 2002 in Spagna su lavoratori in un impianto di incenerimento di rifiuti pericolosi non ha evidenziato nessuna associazione tra il Berillio analizzato nel sangue e l'esposizione professionale³⁴.

I livelli di piombo riscontrati nei lavoratori in subappalto (31,95 µg/L; tabella 4.14) risultano inferiori ai livelli evidenziati in differenti studi di biomonitoraggio su lavoratori di impianti di incenerimento di rifiuti. Ad esempio, in Italia uno studio condotto sui lavoratori di un impianto di rifiuti solidi urbani ha mostrato un valore medio di Piombo nel sangue di 350 µg/L³⁵. In Spagna uno studio longitudinale condotto tra il 1995 e il 1997 non ha evidenziato un trend in crescita; i

valori della media geometrica sono risultati essere pari a 94,8 e 99,9 $\mu\text{g/L}$, rispettivamente¹¹. Uno studio condotto in Francia su 3 impianti di incenerimento di rifiuti ha evidenziato che in lavoratori altamente esposti al piombo i livelli ematici medi erano di 91,1 $\mu\text{g/L}$, in quelli mediamente esposti di 75,9 $\mu\text{g/L}$ e in quelli debolmente esposti di 74,7 $\mu\text{g/L}$ ³⁶. Se confrontiamo i valori del Pb ematico nei lavoratori Tx con i valori di riferimento riportati per la popolazione italiana³⁷ (7.38-51.7 $\mu\text{g/L}$), possiamo ulteriormente escludere che vi possa essere stata un'influenza rilevante dell'inceneritore sulla dose interna del Pb nei lavoratori

Come nel caso dei lavoratori TRM, i valori mediani dei metalli per i quali esiste un riferimento SCOEL o ACGIH, per entrambi i gruppi di lavoratori studiati al Tx, sono al di sotto dei valori soglia occupazionali, pertanto neanche per questi lavoratori è richiesto un aumento delle misure di sicurezza.



6 Conclusioni

I risultati mostrano che le concentrazioni della maggior parte dei metalli sono diminuite nel tempo, con poche eccezioni (manganese, platino e antimonio). Si ritiene che tali variazioni non siano da attribuirsi in modo specifico all'attività dall'inceneritore.

Le rilevazioni ambientali al 2017 confermano concentrazioni di metalli in aria inferiori al limite di rilevabilità strumentale nella maggior parte delle aree dell'impianto e quindi non evidenziano la presenza di un'esposizione professionale a metalli.

Inoltre i valori medi dei metalli analizzati nelle urine per i quali esistono valore guida di esposizione occupazionale (SCOEL o ACGIH) risultano inferiori a tali valori in tutte le fasi di biomonitoraggio effettuate, perciò non evidenziano la necessità intraprendere nuove misure di prevenzione.

Per quanto riguarda il leggero incremento di alcuni metalli (manganese, platino e antimonio) nel tempo i valori trovati sono comunque comparabili o inferiori a quelli riportati in letteratura in lavoratori di altri impianti di incenerimento o in soggetti potenzialmente esposti ad impianti industriali o nella popolazione generale non esposta.

Confrontando inoltre i valori dei lavoratori TRM al T2 con quelli dei lavoratori dipendenti di imprese in subappalto al Tx, impegnati nelle aree a maggior esposizione potenziale ad inquinanti, si evince che questi ultimi presentano concentrazioni di manganese e platino più basse. Anche questo conferma che tali metalli non sono da attribuirsi all'ambiente di lavoro.

I dati di biomonitoraggio ottenuti indicano pertanto che le differenze misurate nelle concentrazioni urinarie di metalli siano da attribuirsi a componenti complesse di esposizione relative sia all'ambiente (vicinanza ad attività industriali, traffico veicolare, e altre fonti urbane e antropiche) sia allo stile di vita (ad esempio la dieta, che rappresenta una delle principali vie di assunzione per diversi metalli). A queste vanno aggiunti anche altri fattori individuali quali la suscettibilità e il metabolismo.

In base ai risultati presentati in questo rapporto, si ritiene che in futuro, e fino al termine dell'attività dell'impianto, sarà necessario mantenere un'attività di monitoraggio dell'aria in ambiente di lavoro come strumento di controllo delle esposizioni lavorative. Sarà anche utile proseguire le attività di ricostruzione della coorte di lavoratori impiegati presso l'impianto, come dipendenti sia dell'impresa conduttrice sia delle imprese in subappalto che operano continuativamente presso le aree a maggior rischio potenziale, acquisendo anche informazioni

sulla salute e sugli stili di vita. La ricostruzione precisa della coorte permetterà di poter ottenere in futuro ulteriori informazioni sullo stato di salute dei lavoratori tramite interrogazione dei sistemi informativi correnti (farmaci, SDO, prestazioni ambulatoriali).

Al contrario, non si ritiene necessario effettuare ulteriori controlli su campioni biologici, che potrebbero essere riprogrammati nel caso in cui i dati ambientali rilevati dovessero segnalare un significativo aumento dell'esposizione o si fosse in presenza di incidenti critici.



7 Bibliografia

1. Bena A, Chiusolo M, Oreglia M, Cadum E, Farina E, Musmeci L, Procopio E, Salamina G e il gruppo di lavoro SPoTT. *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. Pino A, Amato A, Alimonti A, Mattei D, Bocca B. *Human biomonitoring for metals in Italian urban adolescents: data from Latium Region*. Int j of hyg environl health 2012;215(2):185-190
3. Bocca B, Mattei D, Pino A, Alimonti A. *Uncertainty evaluation in the analysis of biological samples by sector field inductively coupled plasma mass spectrometry. Part B: measurements of As, Co, Cr, Mn, Mo, Ni, Sn and V in human serum*. Rapid comm mass spectr 2011;25(3):453-458;
4. Bocca B, Mattei D, Pino A, Alimonti A. *Uncertainty evaluation in the analysis of biological samples by sector field inductively coupled plasma mass spectrometry. Part A: measurements of Be, Cd, Hg, Ir, Pb, Pd, Pt, Rh, Sb, U, Tl and W in human serum*. Rapid comm mass spectr 2010;24(16):2363-2369;
5. Bocca B, Mattei D, Pino A, Alimonti A. *Monitoring of environmental metals in human blood: the need for data validation*. Curr anal chem 2011;7(4):269-276.
6. ISTISAN 15/30 Pag, iii, 47; <http://www.iss.it/publ/?lang=1&id=2903&tipo=5>
7. Menichini E, Viviano G. *Trattamento dei dati inferiori al limite di rilevabilità nel calcolo dei risultati analitici. Metodiche per il rilevamento delle emissioni in atmosfera da impianti industriali*. Istituto Superiore di Sanità (ISS). Rapporti ISTISAN 04/15
8. European Commission Employment, Social Affairs & Inclusion Health and Safety at work, The Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (SCOEL). Recommendations SCOEL, may 2013.
9. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices. Cincinnati, OH 2017.

10. Mari M, Schuhmacher M, Domingo JL. *Levels of metals and organic substances in workers at a hazardous waste incinerator: a follow-up study*. Int Arch Occup Environ Health. 2009 Mar;82(4):519-28. doi: 10.1007/s00420-008-0350-0. Epub 2008 Aug 20.
11. Gonzales C.A, Kogevinas M, Gadea E, Huici A, Bosch A, Bleda M.J, Papke O. *Biomonitoring study of people living near or working at a municipal solid- waste incinerator before and after two years of operation*. Arch Environ Health 2000;55:259-267.
12. Violante N, Petrucci F, Senofonte O, Cristaudo A, Di Gregorio M, Forte G, Alimonti A. *Assessment of workers' exposure to palladium in a catalyst production plant*. J Environ Monit 2005;7:463-8.
13. Piano regionale della qualità dell'aria
<http://www.regione.piemonte.it/ambiente/aria/dwd/PRQA.pdf>
14. Jackson M.T., H.M. Prichard, J. Sampson. *Platinum-group elements in sewage sludge and incinerator ash in the United Kingdom: Assessment of PGE sources and mobility in cities*. Science of the Total Environment 408 (2010) 1276–1285
15. Iavicoli I, Bocca B, Petrucci F, Senofonte O, Carelli G, Alimonti A, Caroli S. *Biomonitoring of traffic police officers exposed to airborne platinum*. Occup Environ Med 2004;61:636–639.
16. Chellini E, Maurello MT, Cortini B, Aprea C. *Human bio-monitoring study around a plant that recycles and refines precious metals in Central Italy*. Sci Total Environ. 2017 Apr 15;584-585:348-354. doi: 10.1016/j.scitotenv.2016.12.178. Epub 2017 Feb 6.
17. Goullé JP, Mahieu L, Castermant J, Neveu N, Bonneau L, Lainé G, Bouige D, Lacroix C. *Metal and metalloid multi-elementary ICP-MS validation in whole blood, plasma, urine and hair*. Reference values. Forensic Sci Int. 2005 Oct 4;153(1):39-44.
18. Heitland P, Helmut D.Köster. *Biomonitoring of 30 trace elements in urine of children and adults by ICP-MS*. Clinica Chimica Acta Volume 365, Issues 1–2, March 2006, Pages 310-318
19. Morton J, Tan E, Leese E, Cocker J. *Determination of 61 elements in urine samples collected from a non-occupationally exposed UK adult population*. Toxicology Letters 231 (2014) 179–193

20. Bocca B., Alimonti A., Cristaudo A, Cristallini E, Petrucci F. Caroli S. *Monitoring of the exposure to platinum-group elements for two Italian population groups through urine analysis.* Analytica Chimica Acta 512 (2004) 19–25
21. ATSDR Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *Toxicological profile for manganese.* Atlanta, Georgia, USA: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, 2012.
22. Wultsch, G., Misik, M., Nersesyan, A., Knasmueller, S., 2011. *Genotoxic effects of occupational exposure measured in lymphocytes of waste-incinerator workers.* Mutat. Res. Genet. Toxicol. Environ. Mutagen. 720, 3–7.
23. Maître, A., Collot-Fertey, D., Anzivino, L., Marques, M., Hours, M., Stoklov, M., 2003. *Municipal waste incinerators: air and biological monitoring of workers for exposure to particles, metals, and organic compounds.* Occup. Environ. Med. 60 (8), 563–569.
24. Ranzi A, Fustinoni S, Erspamer L, Campo L, Gatti MG, Bechtold P, Bonassi S, Trenti T, Goldoni CA, Bertazzi PA, Lauriola P. *Biomonitoring of the general population living near a modern solid waste incinerator: a pilot study in Modena, Italy.* Environ Int. 2013;61:88-97. doi: 10.1016/j.envint.2013.09.008
25. ATSDR Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *Toxicological profile for antimony and compounds.* Atlanta, Georgia, USA: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, 2017.
26. Iavicoli I, Caroli S, Alimonti A, Petrucci F, Carelli G. *Biomonitoring of a worker population exposed to low antimony trioxide levels.* J. Trace Elem. Med. Biol. 2002; 16; 33-39.
27. Liao Y -H., Yu H -S., Ho C -K, Wu M -T, Yang C -Y., Chen J-R., Chang C -C. *Biological Monitoring of Exposures to Aluminium, Gallium, Indium, Arsenic, and Antimony in Optoelectronic Industry Workers.* J Occup Environ Med. 2004;46:931–936.
28. Kentner M., Leinemann M., Schaller K-H., Weltle D., Lehnert G. *External and internal antimony exposure in starter battery production.* Int. Arch Occup Environ Health (1995) 67: 119. <https://doi.org/10.1007/BF00572235>
29. Fréry N, Saoudi A, Garnier R, Zeghnoun A, Falq G, Guldner L. 2010 *Exposure of the French population to environmental pollutants –Environmental components of the. French National*

Survey on the French population to environmental pollutants – Environmental components of the French National Survey on Nutrition and Health (ENNS) – Initial results. French Institute for Public Health Surveillance, Saint-Maurice, France.

30. ATSDR Agency for Toxic Substances and Disease Registry. *Toxicological profile for beryllium.* Atlanta, Georgia, USA: US Department of Health and Human Services, Public Health Service, 2002.
31. Apostoli P, Schaller KH. *Urinary beryllium—a suitable tool for assessing occupational and environmental beryllium exposure?* International Archives of Occupational & Environmental Health. 2001;74:162-166.
32. Horng CJ, Horng PH, Lin SC, Tsai JL, Lin SR, Tzeng CC (2002) *Determination of urinary beryllium, arsenic and selenium in steel production workers.* Biol Trace Elem Res 88:235–246
33. Morton J., Leese E., Cotton R., Warren N., Cocker J. *Beryllium in urine by ICP-MS: a comparison of low level exposed workers and unexposed.* Int Arch Occup Environ Health (2011) 84:697–704.
34. Agramunt M.C., Domingo A, Domingo JL, Corbella J. *Monitoring internal exposure to metals and organic substances in workers at a hazardous waste incinerator after 3 years of operation.* Toxicol Lett. 2003, 146(1):83-91.
35. Lello, R., Nieri, A., 1998. *Urine mutagenicity and hematic lead evaluation of municipal waste incinerator plant workers.* Ig. Mod. 109 (3), 313–339.
36. Hours, M., Anzivino-Viricel, L., Maitre, A., Perdrix, A., Perrodin, Y., Charbotel, B., Bergeret, A., 2003. *Morbidity among municipal waste incinerator workers: a cross-sectional study.* Int. Arch. Occup. Environ. Health 76 (6), 467–472.
37. Alimonti A, Bocca B, Mattei D, Pino A. *Programma per il biomonitoraggio dell'esposizione della popolazione italiana (PROBE): dose interna dei metalli.* Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2011. (Rapporti ISTISAN 11/09 IT).