



**D/EP/Lazio**

Dipartimento di Epidemiologia  
del Servizio Sanitario Regionale  
Regione Lazio



SISTEMA SANITARIO REGIONALE

**ASL  
ROMA E**



**REGIONE  
LAZIO**



Progetto "Ambiente e Biomonitoraggio nell'area di Civitavecchia"

## **Rapporto descrittivo del progetto ABC**

*Novembre 2015*

**A cura di:**

Carla Ancona, Chiara Antonucci, Lisa Bauleo, Simone Bucci, Fabio Cruciani, Morena Petrolati,  
Giovanna Piras, Chiara Reggiani, Chelo Salatino e Francesco Forastiere

**Dipartimento di Epidemiologia, SSR Lazio**

Augusto Pizzabiocca, Giovanni Biscotti, Sabrina Di Lorenzo, Silvia Rabbiosi e Paola Bueti

**Dipartimento di Prevenzione, ASL Roma F**

Roberto Sozzi, Andrea Bolignano

**ARPA Lazio**

Alessandro Alimonti, Beatrice Bocca, Stefano Caimi, Anna Pino, Flavia Ruggieri

**Dipartimento Salute e Ambiente, Istituto Superiore di Sanità**

Giovanna Tranfo, Enrico Paci, Daniela Pigni

**Dipartimento Medicina, Epidemiologia e Igiene del lavoro ed Ambientale, INAIL**

Nicola Murgia, Maura Ambrogi, Elisa Casavecchia, Renza Piccinini

**Sezione di Medicina del Lavoro, Malattie Respiratorie e Tossicologia, Università di  
Perugia-Azienda Ospedaliera di Perugia**

## **Premessa**

Lo studio ABC (Ambiente e Biomonitoraggio nell'area di Civitavecchia) è stato coordinato dal Dipartimento di Epidemiologia del SSR della regione Lazio, in collaborazione con il Dipartimento di Prevenzione della ASL Roma F e con il supporto dell'Autorità Portuale di Civitavecchia, Fiumicino e Gaeta.

L'indagine è stata condotta grazie alla collaborazione delle seguenti strutture:

- Dipartimento di Cardiologia dell'Ospedale San Paolo di Civitavecchia;
- Laboratorio di Analisi dell'Ospedale San Paolo di Civitavecchia;
- Dipartimento Salute Ambiente dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS);
- Dipartimento Medicina, Epidemiologia e Igiene del lavoro ed Ambientale dell'INAIL; Medicina del Lavoro e Tossicologia della Azienda Ospedaliera di Perugia;
- Fondazione Bioteca di Sarroch (Ca)

Questo rapporto presenta i principali risultati della indagine a cui seguiranno ulteriori approfondimenti per quanto riguarda le singole fonti inquinanti e gli effetti sulla salute della popolazione.

## Riassunto generale

Lo studio **ABC, Ambiente e Biomonitoraggio nell'area di Civitavecchia**, è stato coordinato dal Dipartimento di Epidemiologia del SSR della regione Lazio, con il supporto dell'Autorità Portuale di Civitavecchia, Fiumicino e Gaeta. Hanno collaborato il Dipartimento di Prevenzione della ASL Roma F, il Dipartimento di Cardiologia e il Laboratorio di Analisi dell'Ospedale San Paolo di Civitavecchia, il Dipartimento Salute Ambiente dell'Istituto Superiore di Sanità, il Dipartimento Medicina, Epidemiologia e Igiene del lavoro ed Ambientale dell'INAIL, la Medicina del Lavoro e Tossicologia della Azienda Ospedaliera di Perugia e la Fondazione Bioteca di Sarroch (Ca).

Nel territorio del comprensorio di Civitavecchia insistono oggi diverse fonti di pressione ambientale, due centrali termoelettriche (Torrevaldaliga Nord e Torrevaldaliga Sud), il porto, il traffico veicolare ed il riscaldamento domestico con combustione di biomasse. In passato sono state in attività la centrale ad olii combustibili di Fiumaretta e un cementificio.

### Obiettivi dello studio ABC

- Valutare se, e in che misura, la popolazione residente nei comuni del comprensorio di Civitavecchia (Civitavecchia, Allumiere, Tolfa, Tarquinia e Santa Marinella) sia da ritenersi esposta per via inalatoria e/o alimentare a specifici xenobiotici, con particolare riferimento a metalli, benzene e idrocarburi policiclici aromatici (IPA) in misura superiore a quanto rilevabile in popolazioni di controllo per le quali si possa escludere l'influenza di analoghe fonti antropiche di esposizione.
- Costituire una banca per la conservazione del materiale biologico raccolto nel corso dello studio ABC per future analisi e determinazioni relativi ai meccanismi del danno biologico di natura ambientale.

Questo rapporto presenta i principali risultati della indagine. Seguiranno ulteriori approfondimenti per quanto riguarda le singole fonti inquinanti e gli effetti sulla salute della popolazione.

### I metodi

Lo studio ABC è uno studio epidemiologico trasversale in cui in un campione di popolazione generale viene definito un profilo dello stato di salute (misure antropometriche, prove di funzionalità respiratoria, analisi chimiche del sangue e delle urine, carta del rischio cardiovascolare) e un profilo tossicologico (determinazione della concentrazione di sostanze

tossiche nel sangue e nelle urine). In particolare, lo studio di biomonitoraggio umano ha previsto la valutazione di laboratorio dei metalli nelle urine e nel sangue; dei metaboliti degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) nelle urine; dei metaboliti del benzene e della nicotina nelle urine. Il campione è stato anche sottoposto ad una intervista per la raccolta di informazioni anamnestiche su comportamenti e storie di esposizione, quali consumo di prodotti alimentari vegetali ed animali provenienti dalla medesima area, storia occupazionale, abitudini di vita e storia clinica. Infine, campioni di sangue, urine, unghie e capelli dei partecipanti sono prelevati per essere conservati nella bioteca di Sarroch (Cagliari) per future determinazioni.

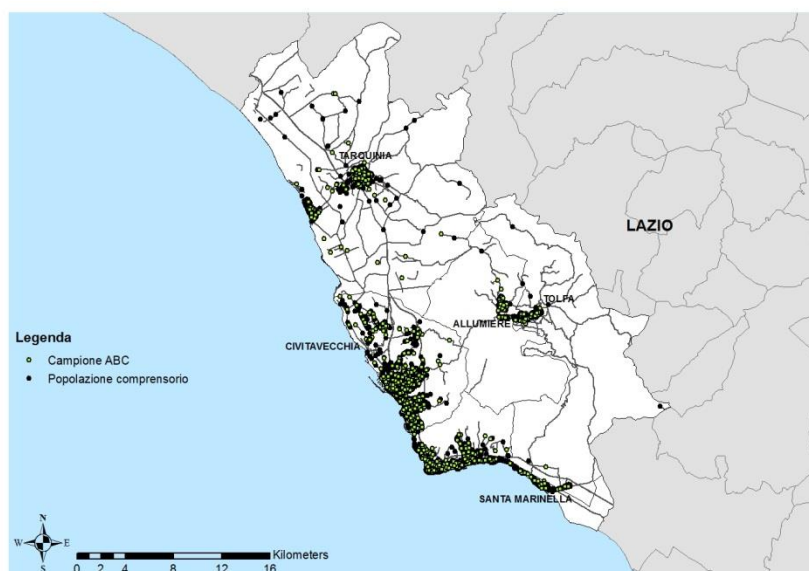
I soggetti sono campionati dalla popolazione generale residente nei comuni dell'area in studio che comprende i comuni di Civitavecchia, Allumiere, Tolfa, Tarquinia e Santa Marinella. Il protocollo dello studio ABC è stato approvato dal comitato etico della ASL RME.

L'esposizione è determinata dalla residenza in zone caratterizzate da diverse concentrazioni al suolo degli inquinanti emessi dagli impianti sviluppate in collaborazione con ARPA Lazio. In questo rapporto sono presentati i dati descrittivi relativi alla popolazione di Civitavecchia e dei comuni limitrofi.

## **Risultati**

Un quadro integrato delle pressioni ambientali delle principali sorgenti emissive (siti industriali, porto, traffico stradale, biomasse) è stato ricostruito mediante modelli di dispersione (SPRAY) elaborati in collaborazione con ARPA Lazio sulla base dei dati orografici, meteorologici ed emissivi. I risultati espressi in concentrazioni medie di PM e di NOx per le tre fonti - TVN, porto e traffico - sono riportati nel rapporto.

Lo studio ABC ha coinvolto, nel biennio 2013-14, un campione di 1177 residenti, di età compresa tra 35 e 70 anni, estratto dagli archivi anagrafici georeferenziati dei comuni del comprensorio.



- Popolazione residente nel comprensorio e campione ABC -

Il 58% del campione è di sesso femminile; circa il 60% ha un'età compresa tra i 45 e i 64 anni ed ha un titolo di studio di scuola media superiore o laurea; il 53% del campione è costituito da persone in attività lavorativa al momento dell'intervista. La prevalenza di fumatori nel campione ABC (25%) è superiore tra i residenti nel comune di Civitavecchia (26%) rispetto agli altri comuni (21%). Il consumo di alcool è stato stimato in termini di unità alcoliche assunte, sulla base delle quantità di vino, super alcolici e birra bevute. Il 25% del campione ABC ha dichiarato una abitudine al consumo di alcool di almeno 2 bicchieri al giorno. Il 42.4 % del campione ha un Indice di Massa Corporea (calcolato come il rapporto tra il peso in kg e il quadrato dell'altezza espressa in metri) superiore a 25 - valore definito dall'Organizzazione Mondiale della Sanità come *cut-off point* per il sovrappeso; il 17.4 % è obeso e il 3.3% è gravemente obeso. Il 25.8% del campione svolge un'occupazione definita a rischio (fonderie di prima fusione; fonderie di seconda fusione; cella galvanica; saldatura, brasatura, e taglio dei metalli; produzione di articoli in plastica; industria della gomma; produzione vernici; centrale termoelettrica; cementificio; porto; navi), questa proporzione è del 29% tra i residenti nel comune di Civitavecchia e del 16.6% tra coloro residenti negli altri comuni del comprensorio. Dalle interviste effettuate è emerso che circa il 90% del campione ABC consuma abitualmente cibi di produzione locale.

Lo stato di salute dei partecipanti al campione ABC è stato valutato sia utilizzando le informazioni raccolte durante l'intervista (dichiarazioni dirette dei partecipanti) sia usando i risultati degli esami di laboratorio di ematochimica generale, test di funzionalità respiratoria, misurazione della pressione arteriosa a cui sono stati sottoposti i partecipanti (misure

obiettive). Non sono emerse differenze rilevanti tra i residenti a Civitavecchia e i residenti in altri comuni del comprensorio per tutte le condizioni esaminate con la sola eccezione della patologia tiroidea. La prevalenza di diabete da esami da laboratorio è risultata del 4.8%, quella dell'ipercolesterolemia del 17.2%; il 28.3% dei partecipanti è iperteso e il 4.5% di è affetto da Bronco Penumopatia Cronico Ostruttiva. Le alterazioni della funzionalità tiroidea sono state valutate analizzando i valori degli ormoni tiroidei TSH e FT4. Il 18.2% del campione ABC ha mostrato alterazioni della funzionalità tiroidea con una prevalenza maggiore (specie tra le donne) a Civitavecchia rispetto agli altri comuni.

Le prevalenze dichiarate di ipertensione, ipercolesterolemia e di diabete dei partecipanti allo studio ABC sono in linea con quanto riportato dall' Osservatorio Epidemiologico Cardiovascolare italiano mentre la prevalenza di BPCO non si discosta sostanzialmente dalla prevalenza di questa patologia stimata nella regione Lazio.

In generale i livelli di tutti i metalli oggetto di studio risultano negli intervalli di riferimento riportati in altre campagne di biomonitoraggio condotte in Italia e all'estero prese come confronto. Tuttavia, per Arsenico, Mercurio, Piombo, Tungsteno sono stati osservati leggeri scostamenti dai suddetti intervalli di riferimento.

L'Arsenico (As) totale urinario presenta una media geometrica della concentrazione pari a 19.36 µg/gr creatinina (IC 95% 17.98-20.83), che arriva a 20.30 µg/gr creatinina (IC 95% 18.54-22.22) per i residenti nel comune di Civitavecchia. L'esposizione ad As avviene attraverso l'aria, l'acqua potabile e il cibo. Alcune forme organiche dell'As, non di rilevanza tossicologica, possono essere alte quando si consumano pesce e frutti di mare. Processi industriali che implicano estrazione, fusione di metalli non ferrosi e combustione di combustibili fossili sono le principali fonti antropiche di contaminazione ambientale per tale metallo.

Anche per il Mercurio (Hg) la media geometrica (1.17 µg/gr creatinina) nella popolazione ABC è risultata più elevata rispetto ai dati presenti in letteratura e maggiore a Civitavecchia rispetto ai comuni vicini. Studi condotti in USA e UK hanno mostrato valori inferiori del campione ABC mentre in Italia il recente studio di biomonitoraggio torinese SPoTT ha riportato un valore mediano urinario di 1.46 µg/gr creatinina. L'esposizione a mercurio avviene principalmente attraverso il consumo di pesce e frutti di mare contaminati. Il metallo è presente in depositi di minerali e viene rilasciato in aria dalla combustione di carbone, rifiuti e impianti di riscaldamento residenziali.

Il livello di piombemia (Piombo nel sangue) è risultato pari a 20.19  $\mu\text{g/l}$  (IC 95% 19.62-20.78), il valore è più elevato nei residenti degli altri comuni del comprensorio (21.49) rispetto a quanto misurato in media nei residenti a Civitavecchia (19.67).

Il Tungsteno (W) presenta una concentrazione pari a 0,14 ng/gr creatinina (IC 0.13-0.15) che supera i valori riscontrati nello studio NHANES (0.086  $\mu\text{g/gr}$  creatinina) e in altri studi italiani (0.055  $\mu\text{g/l}$ ). La concentrazione media è leggermente più elevata nei comuni limitrofi rispetto a Civitavecchia. Questo metallo viene rilasciato nell'ambiente attraverso la trasformazione e i meccanismi di trasporto dei minerali che lo contengono; anche l'ingestione di acqua potabile (contenente i Sali solubili di W) è una via di esposizione nella popolazione generale.

Il metabolita del benzene oggetto di indagine è l'acido S-fenilmercapturico. I valori più alti di questo metabolita si sono osservati, come atteso, tra i fumatori (1.14 ng/ml) rispetto ai non fumatori e agli ex-fumatori (0.07). Le concentrazioni non sono risultate diverse confrontando i residenti nel comune di Civitavecchia con i residenti negli altri comuni del comprensorio.

Non sono emerse particolari differenze nelle medie geometriche degli Idrocarburi Policiclici Aromatici dei residenti nel comune di Civitavecchia (per l'idrossipirene 55.1 ng/g creatinina) confrontate con quelle dei residenti negli altri comuni del comprensorio (58.8 ng/g creatinina). Come atteso i valori più alti di IPA si osservano tra i fumatori senza differenze per zona.

## Conclusioni

Lo studio ABC ha evidenziato parametri relativi ai fattori di rischio, alle condizioni di salute, e alla concentrazione di biomarcatori compatibili con quanto evidenziato in altre indagini a livello nazionale ed internazionale. Non vi sono differenze importanti tra Civitavecchia e gli altri comuni con poche eccezioni. Sono state evidenziate infatti differenze, tra il comune di Civitavecchia rispetto agli altri comuni, relativamente alla prevalenza di fumatori, alla prevalenza di lavoratori a rischio, e alla frequenza di patologia tiroidea, tutte condizioni più elevate a Civitavecchia rispetto agli altri comuni. Le concentrazioni urinarie di Arsenico e Mercurio sono risultate leggermente più elevate a Civitavecchia mentre piombemia e concentrazione urinaria di Tungsteno sono risultate debolmente più elevate negli altri comuni rispetto a Civitavecchia. Lo studio ABC ha posto le basi per ulteriori analisi dei dati e approfondimenti e un futuro follow-up longitudinale per valutare le condizioni di salute di questo campione di popolazione nel corso del tempo.



## Introduzione

L'area di Civitavecchia è interessata da diversi decenni da un quadro ambientale complesso per la presenza del porto e di insediamenti energetici ed industriali. Per questo motivo l'area è oggetto di attenzione per le possibili ripercussioni sulla salute della popolazione delle emissioni derivanti da questi impianti. Il comprensorio di Civitavecchia si trova sul litorale romano a nord della provincia di Roma e comprende i comuni di Civitavecchia, Santa Marinella, Allumiere e Tolfa. Il comune di Civitavecchia è uno dei più popolosi della provincia romana e conta 52.911 residenti, Santa Marinella 18.680, mentre Allumiere e Tolfa hanno rispettivamente 4.105 e 5.220 abitanti (dato ISTAT 2014).

Nel territorio del comprensorio di Civitavecchia insistono oggi diverse fonti di pressione ambientale, due centrali termoelettriche (Torrevaldaliga Nord e Torrevaldaliga Sud), il porto, il traffico veicolare ed il riscaldamento attraverso la combustione di biomasse. In passato sono state in attività la centrale ad olii combustibili di Fiumaretta e un cementificio.



**Figura 1** – Area del comprensorio e fonti di pressione ambientale

## 1.1. Il Polo termoelettrico

Il polo termoelettrico di Torrevaldaliga, composto dagli impianti Torrevaldaliga Nord (TVN) e Torrevaldaliga Sud (TVS) e dai depositi costieri degli oli minerali costituisce un sito energetico di importanza nazionale. Il polo è ubicato in un'area, nel territorio del Comune di Civitavecchia, a circa 2 km a N-NW in linea d'aria dalla città, tra la costa tirrenica e la linea ferroviaria Roma-Pisa.

La centrale di Torrevaldaliga Nord è attualmente costituita da tre sezioni di combustione alimentate a carbone, tutte a regime dall'agosto 2010, ed ha una potenza termica di 4260 MW, una potenza elettrica di 1980 MW (660 MW a sez.) ed un rendimento complessivo del 44,7 %. Dal 2003, anno di avvio dei lavori di riconversione, è andata a sostituire il vecchio impianto che aveva una centrale termoelettrica ad olio combustibile da 4 gruppi con una capacità totale di 2640 MW. Ogni anno la centrale di TVN è autorizzata ad emettere 2100 t di SO<sub>2</sub>, 3450 t di NO<sub>x</sub>, 160 t di Polveri, 2000 t di CO e 195 t di ammoniaca (fonte Dec.Min.114 del 05.04.2013). A questi macro inquinanti vanno aggiunte diverse quantità di micro inquinanti, tra cui diversi metalli quali arsenico, mercurio, vanadio, nichel, cadmio, cromo, etc. I gas combusti vengono dispersi in atmosfera mediante tre canne metalliche con analoghe caratteristiche: temperatura di uscita dei fumi 110 °C, velocità di uscita dei fumi 16 m/s, diametro interno del camino 5,7 m. Le tre canne sono situate all'interno di una ciminiera alta 250 metri.

La centrale Torrevaldaliga Sud è costituita da due moduli a ciclo combinato a regime dall'ottobre 2005 e da una sezione a ciclo convenzionale a vapore dismessa nel maggio 2011. La potenza termica totale è pari a 3062 MW, mentre la potenza elettrica lorda è di 1460 MW. Il rendimento elettrico per TV5 è del 51,6 % per TV6 è del 50,6 % e per TV4 del 38 %.

Nel polo termoelettrico di Torrevaldaliga sono presenti inoltre depositi costieri dove vengono approvvigionati e stoccati carburanti (*jet fuel*, gasolio, benzina, *heavy fuel*) per la distribuzione ad infrastrutture (ad es. aeroporti), alla rete di distribuzione (stazioni di servizio stradali) o direttamente agli utenti (gasolio da riscaldamento). L'approvvigionamento ai depositi avviene dalla boa petrolifera mediante oleodotto nella misura di 1000000 t/anno.

Dal 1953 al 1990 è stata in attività la centrale "Fiumaretta" localizzata nel territorio del comune di Civitavecchia. Questa centrale, alimentata fino al 1957 a carbone e poi ad olio combustibile, provvedeva ad alimentare la rete elettrica nazionale arrivando ad una potenza di 240 MW. Il trasporto del carbone dal porto alla centrale avveniva a suo tempo mediante

camion. Il carbonile all'interno della centrale era a cielo aperto e aveva una capienza di 20000 tonnellate per un'autonomia di circa 7 giorni di produzione. Nel 1957 venne abbandonato come combustibile il carbone e nel 1958 entrò in funzione una nuova seconda unità di produzione con potenza di 140 MW e venne costruita una seconda ciminiera. Alla fine degli anni 60 si iniziò a costruire una terza unità di produzione con potenza di 240 MW. A metà anni '70 a causa della sua bassa produttività viene dismessa la prima unità. L' 8 settembre 1990, a seguito dell'esplosione della terza unità, l'impianto venne fermato. Nel giro di pochi mesi, dopo la riparazione, tornò a funzionare ma per poche settimane visto che si verificò un analogo inconveniente a seguito del quale si decise la definitiva chiusura dell'impianto.

## **1.2. Il porto**

Il porto di Civitavecchia, fondato dall'imperatore Traiano, come porto di Roma ha rappresentato per molti secoli il fulcro degli scambi e dei contatti tra i popoli del Mediterraneo. Il porto oggi può contare su 17 km di banchine, 26 moli operativi e 23 attracchi per yacht tra i 40 ed i 100 metri. Il nuovo Piano Regolatore Portuale ha ampliato il traffico commerciale raggiungendo due milioni di tonnellate di merci di massa. E' inoltre strategico per l'accesso alle più importanti zone turistiche italiane ed alle grandi rotte crocieristiche mediterranee. Le opere di potenziamento delle banchine e delle strutture di accoglienza dei passeggeri hanno permesso di registrare uno straordinario incremento di navi da crociera, passando dalle 50 navi del 1996 alle 500 unità del 2003 e ai circa 950 attracchi annui di navi da crociera attuali ai quali si aggiungono i 1500 traghetti che portano il traffico passeggeri annuo dello scalo a circa 4 milioni di unità. Le banchine merci fanno registrare poco meno di 500 accosti l'anno cui si aggiungono i 36 accosti alla boa petrolifera ed i 120 accosti alle banchine carbone e calcare/gesso dell'impianto di Torrevadalgia Nord. Il porto di Civitavecchia è sicuramente una fonte di pressione ambientale in quanto rappresenta una importante sorgente di emissioni convogliate (dai camini delle navi e i veicoli in transito) e diffuse (carbone, metalli, idrocarburi, etc).

## **1.3. Il cementificio**

Nell'area è stato attivo fino al 2004 un cementificio localizzato nel centro del comune di Civitavecchia non lontano dal porto. Nel 1896 vennero individuati nei pressi di Civitavecchia dei giacimenti di calcare adatti alla produzione di cemento Portland artificiale. I collegamenti con Roma e la possibilità di sfruttare la via marittima ne fecero il sito di elezione per la costruzione di un cementificio da parte della "Società Anonima Fabbrica Calce e Cementi". I lavori di

costruzione iniziarono nel 1896. Originariamente l'impianto era costituito da due forni Aalborg e da due mulini Krupp per la macinazione. Nel 1911 i forni erano già sedici e quelli vecchi vennero trasformati in Schneider. Sempre nel 1911 venne costruito anche un forno rotante lungo 46 metri. Nel 1918 la "Società Anonima Fabbrica Calce e Cementi" e la "Società Italiana dei Cementi e delle Calci Idrauliche" si fusero per formare quella che anni dopo sarà la "Italcementi". Negli anni vennero scoperte nuove cave ed utilizzate per rifornire il cementificio. L'unica pausa nella produzione si registra nel corso della seconda guerra mondiale a causa dei bombardamenti su Civitavecchia. Nel 1944 la produzione riprese. Tra il 1992 ed il 1995 gli altoforni vennero spenti e rimase attivo solamente il processo di macinazione fino al 2000. Nel 2004 venne completata la dismissione dell'impianto.

#### **1.4. Indagini epidemiologiche condotte nell'area**

Negli anni '80 e '90 sono stati condotti studi epidemiologici sui lavoratori dei diversi comparti industriali di Civitavecchia e sono stati evidenziati eccessi di mortalità per tumore del polmone e della pleura tra i lavoratori portuali (1), i marittimi (2) e gli addetti alle centrali ENEL del comprensorio (3). Per quanto riguarda la popolazione residente, le prime indagini sui possibili danni dell'inquinamento atmosferico nell'area di Civitavecchia risalgono al 1987 quando, su iniziativa regionale, fu condotta una indagine epidemiologica tra i bambini delle scuole elementari che evidenziò una maggiore frequenza di disturbi respiratori tra gli alunni dell'area di Civitavecchia rispetto a quelli della provincia di Viterbo (4,5). Uno studio caso controllo condotto sui residenti deceduti per tumore polmonare ha riscontrato rischi relativi significativamente elevati per alcune esposizioni lavorative, in particolare esposti ad amianto e impiegati come lavoratori marittimi, confermando dunque i dati degli studi occupazionali specifici. Nello stesso studio veniva registrata una mortalità per tumore polmonare più elevata nella zona a sud della città a pochi km dal centro (6). Lo studio condotto da Fano et al. (7) ha analizzato la mortalità e i ricoveri ospedalieri dei residenti nel comune di Civitavecchia nei periodi 1997-2004 evidenziando, in coerenza con i dati già disponibili, eccessi di tumore polmonare e pleurico e di asma bronchiale. Da marzo 2010 è attivo nella regione Lazio l'Osservatorio Ambientale Centrale Enel Torrealvaldiga Nord di Civitavecchia, a seguito della trasformazione a carbone della centrale termoelettrica ENEL di Civitavecchia (TVN), con il fine di esaminare e di valutare le ricadute ambientali e sulla salute pubblica dell'impianto rispetto al territorio interessato.

## **2. Valutazione dell'esposizione della popolazione residente**

### **2.1. I modelli di dispersione degli inquinanti**

La valutazione dell'esposizione della popolazione residente nei pressi di impianti industriali si basa solitamente sulla distanza tra l'impianto (un punto, nel caso di un camino, un perimetro nel caso di un porto, una linea nel caso di una strada) e la residenza del soggetto, nell'ipotesi che il rischio aumenti all'avvicinarsi alla fonte. Tale approccio non considera la complessità dei meccanismi che intervengono nella dispersione degli inquinanti in aria, dovuta principalmente alla meteorologia e all'orografia del territorio. I modelli di dispersione consentono di tenere conto di questi aspetti, restituendo mappe di concentrazione degli inquinanti che rappresentano l'impronta al suolo dell'impianto considerato. Nel progetto ABC, la misura dell'esposizione della popolazione residente nei pressi degli impianti è stata stimata considerando le impronte al suolo degli inquinanti scelti come traccianti degli impianti in studio (PM<sub>10</sub> per TVN e il porto, NO<sub>x</sub> per il traffico). Sono state oggetto di studio le fonti di pressione ambientale attualmente presenti nel comprensorio, in particolare la centrale di TVN, il porto e il traffico. È stato dunque definito un dominio di simulazione modellistica (50x50 Km) tale da includere tutti i comuni del comprensorio. I tassi di emissione degli inquinanti emessi dalle fonti di pressione ambientale sono stati stimati considerando le quantità autorizzate, la loro modulazione temporale, la tipologia di impianto (puntiforme o areale) e la modalità di emissione (altezza di rilascio, velocità dei fumi e relativa temperatura). Il modello di dispersione usato è il modello Lagrangiano a particelle non stazionario "SPRAY" che ha impiegato i campi meteorologici generati dal modello meteorologico RAMS. I risultati delle simulazioni modellistiche hanno consentito di ottenere per ciascuna fonte di pressione ambientale l'impronta al suolo dell'inquinante scelto come tracciante della fonte stessa. Qui di seguito vengono presentate le varie simulazioni modellistiche ottenute e per compararle tra loro è indispensabile considerare la scala cromatica con cui sono state realizzate.

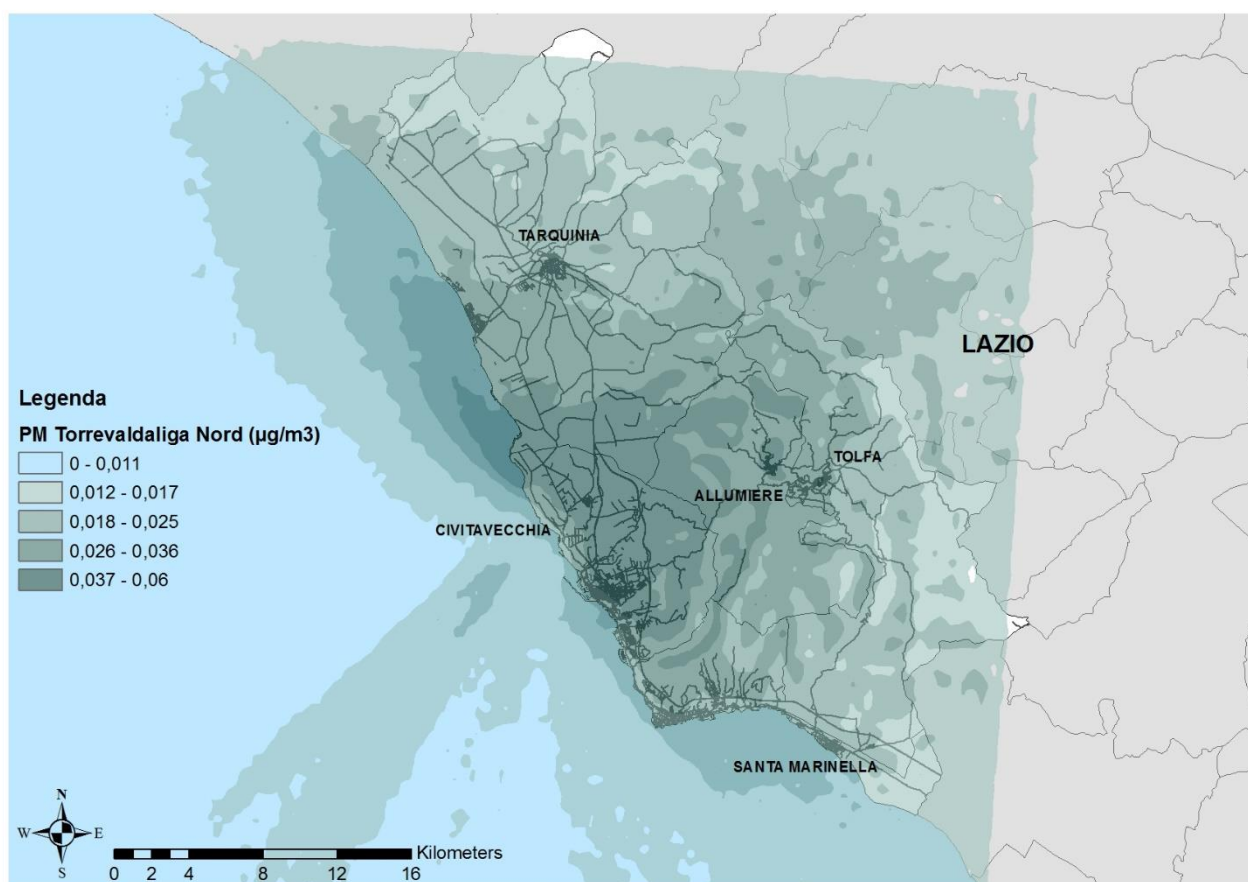
È importante sottolineare che i valori medi annuali ottenuti sono affetti da incertezza a causa delle assunzioni tipiche dell'approccio modellistico (ad. esempio la meteorologia o i fattori emissivi). Tuttavia i valori stimati pur non essendo precisi in valore assoluto permettono di valutare i gradienti relativi di esposizione tra un punto ed un altro del campo di ricaduta.

## 2.2. Torrevaldaliga Nord

La centrale termoelettrica a carbone di Torrevaldaliga Nord è la principale sorgente di tipo industriale nel dominio considerato. Per disperdere i fumi in atmosfera l'impianto utilizza 3 canne metalliche situate all'interno di un'unica ciminiera alta 250 metri, ed aventi caratteristiche analoghe: temperatura di uscita dei fumi 110 °C; velocità di uscita dei fumi 16 m/s; diametro interno del camino 5,7 m.

Per la simulazione modellistica sono state utilizzate le emissioni riportate nella "Dichiarazione Ambientale 2011". Tali valori sono la somma delle emissioni autorizzate per i 3 camini. ([www.enel.it](http://www.enel.it)). E' stata considerata una modulazione costante per tutto l'anno.

Le mappe di concentrazione al suolo degli inquinanti (Figura 2) sono state realizzate con il modello di dispersione in atmosfera lagrangiano a particelle SPRAY. I dati meteorologici forniti al modello sono relativi all'anno 2012, che è stato assunto come anno meteorologicamente rappresentativo per la zona trattata. Il tracciante scelto per TVN è il PM<sub>10</sub>.



**Figura 2** - Concentrazioni medie annue al suolo di PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) nel territorio del comprensorio ottenute tramite modello di dispersione per la centrale termoelettrica di TVN.

L'impronta della centrale TVN presenta due caratteristiche rilevanti. In primo luogo, è immediato verificare come l'impronta si estenda praticamente sull'intero Comprensorio di Civitavecchia e ciò deriva:

- dal fatto che l'emissione dei fumi ha luogo ad una quota molto elevata (250 m) con un galleggiamento (meccanico e termico) tale da produrre un sovrainnalzamento del plume dell'ordine di 1 - 2 volte l'altezza fisica della ciminiera. Ciò è il presupposto essenziale per una dispersione efficace dei fumi in atmosfera;
- il fatto che TVN funzioni in maniera praticamente continua fa sì che il pennacchio di fumo emesso dalla ciminiera venga trasportato dal vento in quota (diverso normalmente da quello alla superficie) che durante la giornata tipicamente ruota secondo il classico regime di brezza un po' in tutte le direzioni con maggior probabilità nella direzione mare-terra.

L'ordine di grandezza del contributo alla concentrazione media annua al suolo di PM<sub>10</sub> attribuibile a TVN è di 0.05 µg/m<sup>3</sup> che è una frazione molto piccola di quella rilevata dal sistema di monitoraggio della qualità dell'aria attivo nel comprensorio che presenta un valore caratteristico dell'ordine di 20 µg/m<sup>3</sup> (2014).

### 2.3. Porto

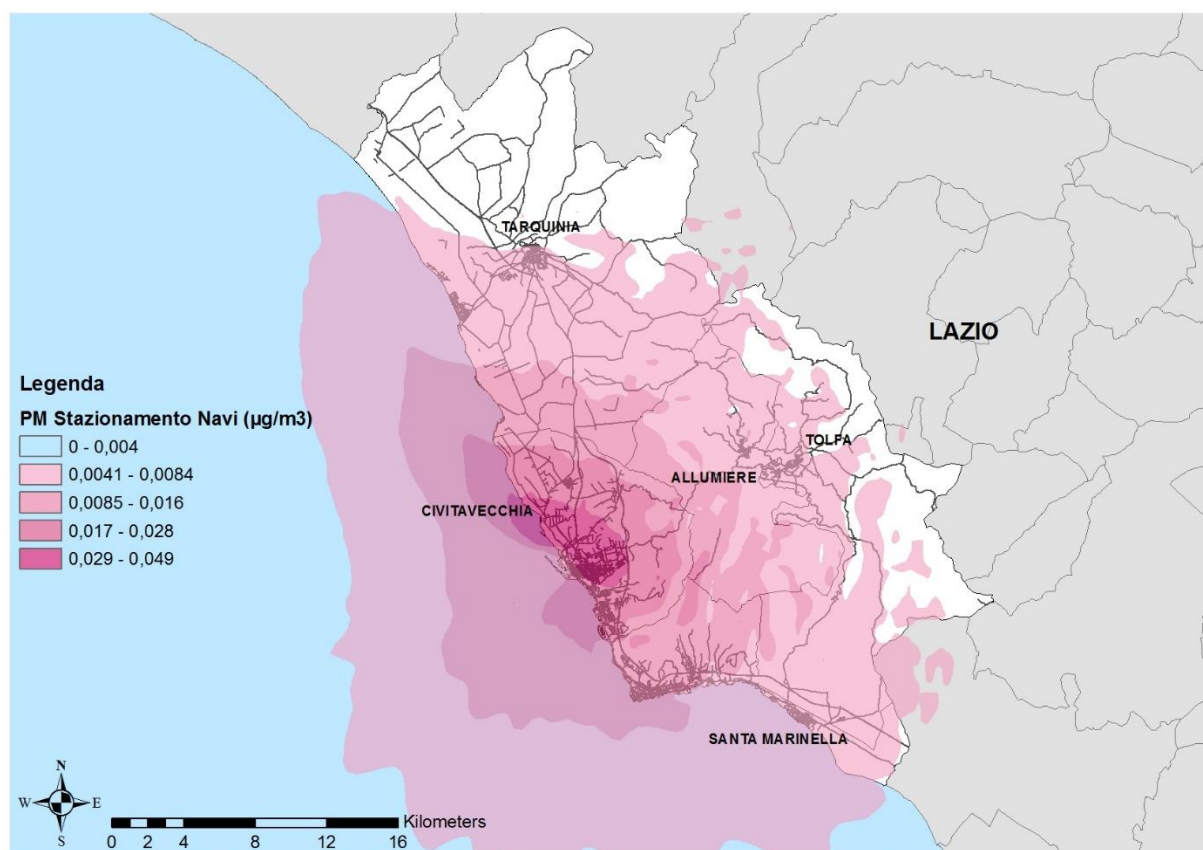
Il modello di dispersione del porto di Civitavecchia è stato costruito utilizzando le informazioni contenute nel database fornito dall'Autorità Portuale di Civitavecchia che dal 15 marzo 2012 al 31 dicembre 2012 ha registrato per ogni banchina del porto le ore di permanenza delle singole navi. Il database conteneva le seguenti informazioni: nome nave, data di arrivo, ora di arrivo, data di partenza, ora di partenza, nome della banchina, codice ormeggio, numero della banchina.

Le emissioni in atmosfera derivanti dal traffico navale sono state l'input di un modello di dispersione degli inquinanti in atmosfera di tipo Lagrangiano. Combinando queste informazioni con la meteorologia e l'orografia è stato possibile stimare le concentrazioni al suolo del PM<sub>10</sub> scelto come traccianti dell'inquinamento prodotto dalle navi (Figura 3).

La simulazione ha considerato per ciascun attracco la manovra di ingresso, lo stazionamento, e la manovra di uscita della nave. Le emissioni dovute alle manovre sono state simulate come originate da una sorgente areale la durata delle manovre in ingresso e in uscita dal porto è stata fissata pari ad un'ora.

Per ciascuna nave sono stati acquisiti il codice IMO, la tipologia, la stazza e, se disponibili, il numero e la potenza dei motori presenti (fonte: [www.equasis.org](http://www.equasis.org)).

Le banchine sono state georeferenziate per fornire al modello la posizione spaziale delle sorgenti emmissive simulate. Ciascuna nave in banchina è stata caratterizzata in termini di: quota della sorgente, diametro del camino, temperatura dei fumi, velocità di uscita dei fumi. Ciascuna fase (navigazione, manovra, stazionamento) delle navi nel porto è stata poi caratterizzata in termini di emissioni in kg per tonnellate di combustibile utilizzato partendo dalle informazioni sulla tipologia della nave e riproporzionando i consumi ottenendo un valore in tonnellate giornaliere per ciascuna fase. Il tracciante scelto per il porto è il PM<sub>10</sub>.



**Figura 3** - Concentrazioni medie annue al suolo di PM<sub>10</sub> (µg/m<sup>3</sup>) nel territorio del comprensorio, ottenute tramite modello di dispersione relativo alle emissioni dovute allo stazionamento delle navi nel porto di Civitavecchia.



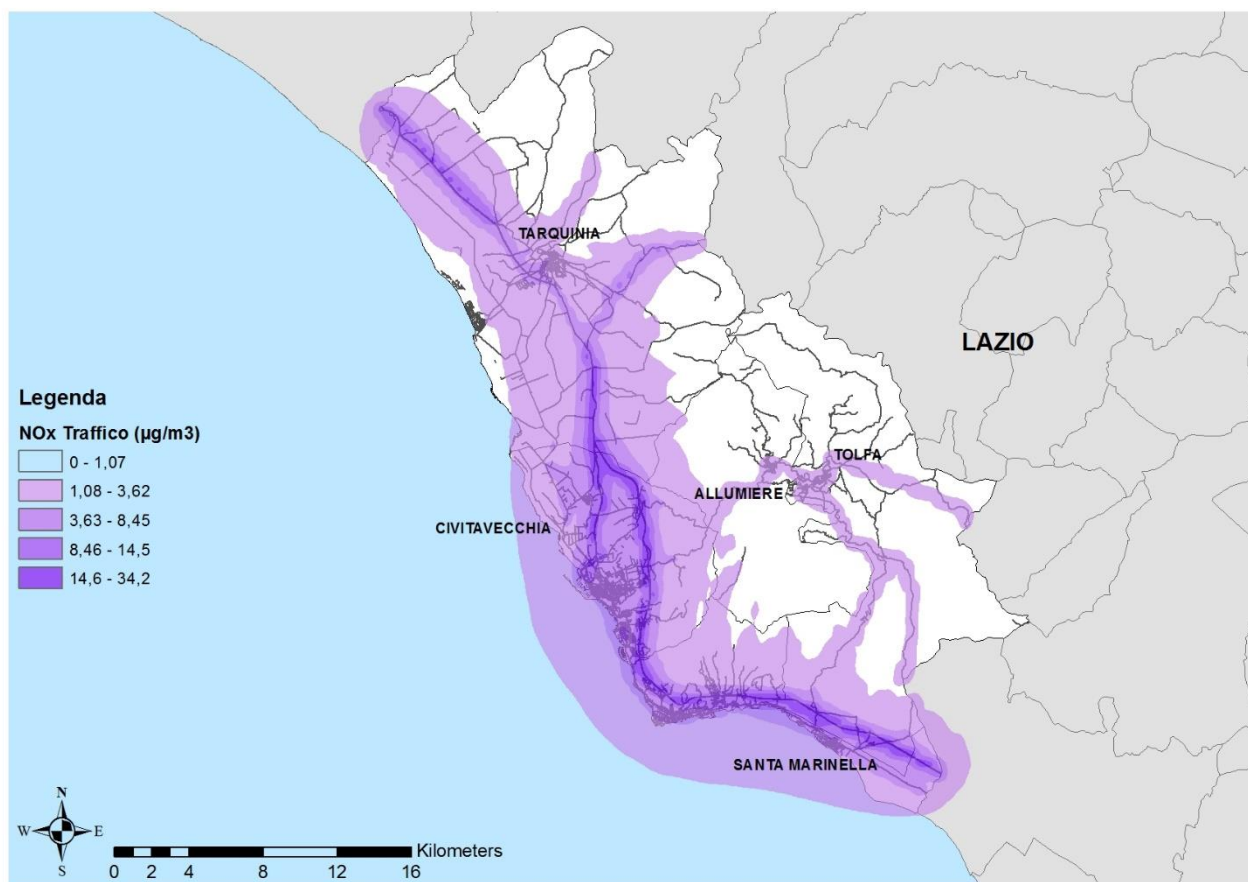
Come si può notare, l'impronta del porto presenta un'estensione spaziale differente rispetto all'analoga impronta derivante da TVN. Infatti l'influenza del porto e delle attività connesse si estende significativamente nella parte marina del comprensorio, mentre si riduce notevolmente sulla terraferma. Comunque, il contributo alla concentrazione media annua di PM10 attribuibile al porto ed alle attività associate è anche in questo caso dell'ordine di  $0.05 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

#### **2.4. Il traffico stradale**

Il traffico veicolare è, insieme alle emissioni degli impianti di riscaldamento, la principale sorgente di inquinamento atmosferico negli ambienti urbani. Nel corso del progetto ABC sono state realizzate due campagne di misurazione, una invernale (marzo 2014) ed una estiva (luglio 2013), del traffico stradale nei comuni del comprensorio. Sono state effettuate delle rilevazioni del flusso veicolare per le principali categorie di strade presenti nel territorio. La scelta della strade su cui effettuare la rilevazione ha considerato sia la classificazione dei tratti stradali, dando maggior risalto a quelli catalogati come più trafficati, sia della densità abitativa dell'isolato. In ogni campagna è stato misurato il numero di veicoli pesanti e quello di veicoli leggeri transitati in un intervallo di 15 minuti in ogni tratto stradale scelto. A partire da questi dati è stato ricostruito il flusso totale di autoveicoli (leggeri e pesanti) delle 24 ore per ciascun tratto e, tenendo conto delle due tipologie di rilevazioni (invernale e estiva), è stata ricostruita una modulazione mensile del traffico. Per il tratto autostradale presente nel territorio è stato utilizzato il flusso settimanale di traffico leggero e pesante relativo alla Roma-Fiumicino (dati ANAS 1995 aggiornati al 2005), che è stato moltiplicato per ottenere quello annuale, considerando il traffico a modulazione costante durante l'anno.

Le simulazioni modellistiche sono state effettuate suddividendo il territorio in: Comune di Civitavecchia, altri Comuni. A ciascun tratto stradale è stato associato il flusso annuo (veic/y) in base alla categoria. Questo numero è stato moltiplicato per la lunghezza della strada in questione (km) e per il fattore emissivo relativo (che dipende dall'inquinante e dalla tipologia di veicolo, espresso in  $\text{g}/(\text{veic} \cdot \text{km})$ ). In questo modo si è ottenuto un fattore emissivo in g/y che è stato trasformato in tonnellate annue. Il meteo scelto è quello del 2012.

I risultati delle simulazioni realizzate per il traffico leggero e quello pesante sono state poi sommate per ottenere una concentrazione complessiva (Figura 4). Il tracciante scelto per il traffico stradale è l' $\text{NO}_x$ .



**Figura 4** - Concentrazioni medie annue al suolo di NO<sub>x</sub> (µg/m<sup>3</sup>) nel territorio del comprensorio, ottenute tramite modello di dispersione per il traffico totale nel comprensorio di Civitavecchia.

L'impronta del traffico autoveicolare è completamente diversa da quella ottenuta per TVN e per il porto. Infatti essa risulta concentrata attorno alle fonti di emissioni, che sono localizzate al suolo, anche se si estende significativamente trasversalmente al grafo stradale. I valori di concentrazione media annua di NO<sub>x</sub> ottenuti dal modello non sono trascurabili e sono dell'ordine di 30 µg/m<sup>3</sup> per le zone urbanizzate. Per fare considerazioni operative è necessario ricordare che l'inquinante considerato dalla Norma vigente è il Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>) che è una frazione degli ossidi di azoto totali. Ipotizzando realisticamente che il rapporto NO<sub>2</sub>/NO<sub>x</sub> sia inferiore 0.5, i valori ottenuti dalla simulazione modellistica risultano confrontabili con quanto rilevato dal sistema di monitoraggio della qualità dell'aria operativo nel comprensorio (circa 15 µg/m<sup>3</sup> nel 2014) facendo del traffico autoveicolare una delle principali cause di inquinamento locale di NO<sub>2</sub>.

### **3. Lo studio di biomonitoraggio ABC – Ambiente e Biomonitoraggio a Civitavecchia**

Lo studio ABC (Ambiente e Biomonitoraggio nell'area di Civitavecchia), coordinato dal Dipartimento di Epidemiologia del SSR della regione Lazio, in collaborazione con il Dipartimento di Prevenzione della ASL Roma F e con il supporto dell'Autorità Portuale (di Civitavecchia, Fiumicino e Gaeta), è stato progettato con l'intento di studiare lo stato di salute della popolazione e di descrivere le caratteristiche importanti in termini di fattori di rischio individuali, di valutare gli indici di possibile contaminazione di rilevanza tossicologica, e studiare le possibili relazioni tra fattori di rischio ambientali, body burden, e patologie specifiche. L'indagine è stata condotta grazie alla collaborazione delle seguenti strutture:

- Dipartimento di Cardiologia dell'Ospedale San Paolo di Civitavecchia;
- Laboratorio di Analisi dell'Ospedale San Paolo di Civitavecchia;
- Dipartimento Salute e Ambiente dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS);
- Dipartimento di Medicina Epidemiologia e Igiene del Lavoro ed Ambientale dell'INAIL;
- Medicina del Lavoro e Tossicologia della Azienda Ospedaliera di Perugia;
- Fondazione Bioteca di Sarroch (Ca)

L'indagine sul campo è iniziata il 29 maggio 2013 e si è conclusa il 22 dicembre 2014 e ha coinvolto 1177 residenti nei comuni di Civitavecchia, Allumiere, Tolfa, Santa Marinella, Tarquinia.

#### **3.1. Obiettivi**

Gli obiettivi dello studio erano:

- valutare se, e in che misura, la popolazione residente nei comuni del comprensorio di Civitavecchia (Civitavecchia, Allumiere, Tolfa, Tarquinia e Santa Marinella) sia da ritenersi esposta per via inalatoria e/o alimentare a specifici xenobiotici, con particolare riferimento a metalli pesanti, benzene e idrocarburi policiclici aromatici (IPA) in misura superiore a quanto rilevabile in popolazioni di controllo per le quali si possa escludere l'influenza di analoghe fonti antropiche di esposizione.
- costituire una banca per la conservazione del materiale biologico raccolto nel corso dello studio ABC per future analisi e determinazioni relativi ai meccanismi del danno biologico di natura ambientale.

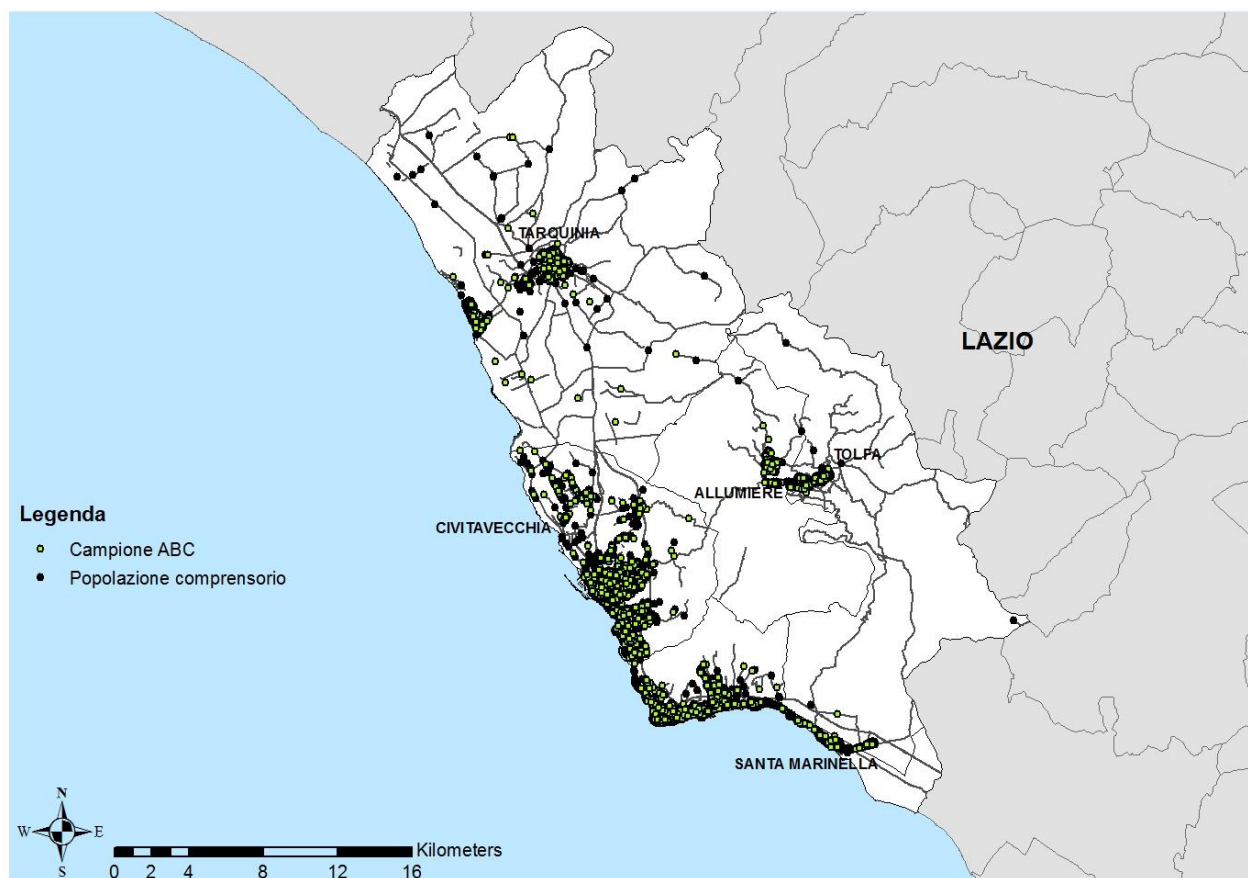
### **3.2. Modello dello studio ABC**

Lo studio ABC è uno studio epidemiologico di biomonitoraggio trasversale in cui in un campione di popolazione generale viene definito un profilo tossicologico (determinazione della concentrazione di sostanze tossiche nel sangue e nelle urine) e un profilo dello stato di salute (misure antropometriche, prove di funzionalità respiratoria, analisi chimiche del sangue e delle urine, carta del rischio cardiovascolare). In particolare, lo studio di biomonitoraggio umano prevede la valutazione di laboratorio dei metalli pesanti nelle urine e nel sangue; dei metaboliti degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) nelle urine; dei metaboliti del benzene e della nicotina nelle urine. Il campione è anche sottoposto ad una intervista strutturata per la raccolta di informazioni anamnestiche su comportamenti e storie di esposizione, quali consumo di prodotti alimentari vegetali ed animali provenienti dalla medesima area, storia occupazionale, abitudini di vita e storia clinica. Il modello di studio confronta i residenti esposti alle concentrazioni degli inquinanti emessi dagli impianti presenti nel comprensorio di Civitavecchia (centrali termoelettriche, area portuale, traffico veicolare e attività urbane in genere) e quelli non esposti a queste emissioni. L'esposizione è determinata dalla residenza in zone caratterizzate da diverse concentrazioni al suolo degli inquinanti emessi dagli impianti sviluppate in collaborazione con ARPA Lazio. I soggetti sono campionati dalla popolazione generale residente nei comuni dell'area in studio che comprende i comuni di Civitavecchia, Allumiere, Tolfa, Tarquinia e Santa Marinella. Il protocollo dello studio ABC è stato approvato dal comitato etico della ASL RME.

### **3.3. Campionamento e arruolamento**

I dati anagrafici di tutti gli abitanti delle zone in studio nel periodo 1996-2011 (e successivo aggiornamento fino al 2013) sono stati forniti dalle anagrafi comunali dei comuni del comprensorio. La popolazione dei comuni interessati è stata georeferenziata mediante l'utilizzo del programma ArcGis (Figura 5). Per georeferenziazione si intende l'attribuzione ad un indirizzo della informazione relativa alla sua dislocazione geografica. Tra tutti i 130.205 residenti nei comuni di Civitavecchia, Allumiere, Tolfa, Santa Marinella e Tarquinia è stato possibile georeferenziare gli indirizzi di 134.956 residenti (98.5% del totale). Tra questi è stato selezionato un campione casuale di 2000 residenti, di età compreso tra 35 e 69 anni, che sono stati invitati a partecipare all'indagine ABC. Il campione, bilanciato per sesso, è composto da

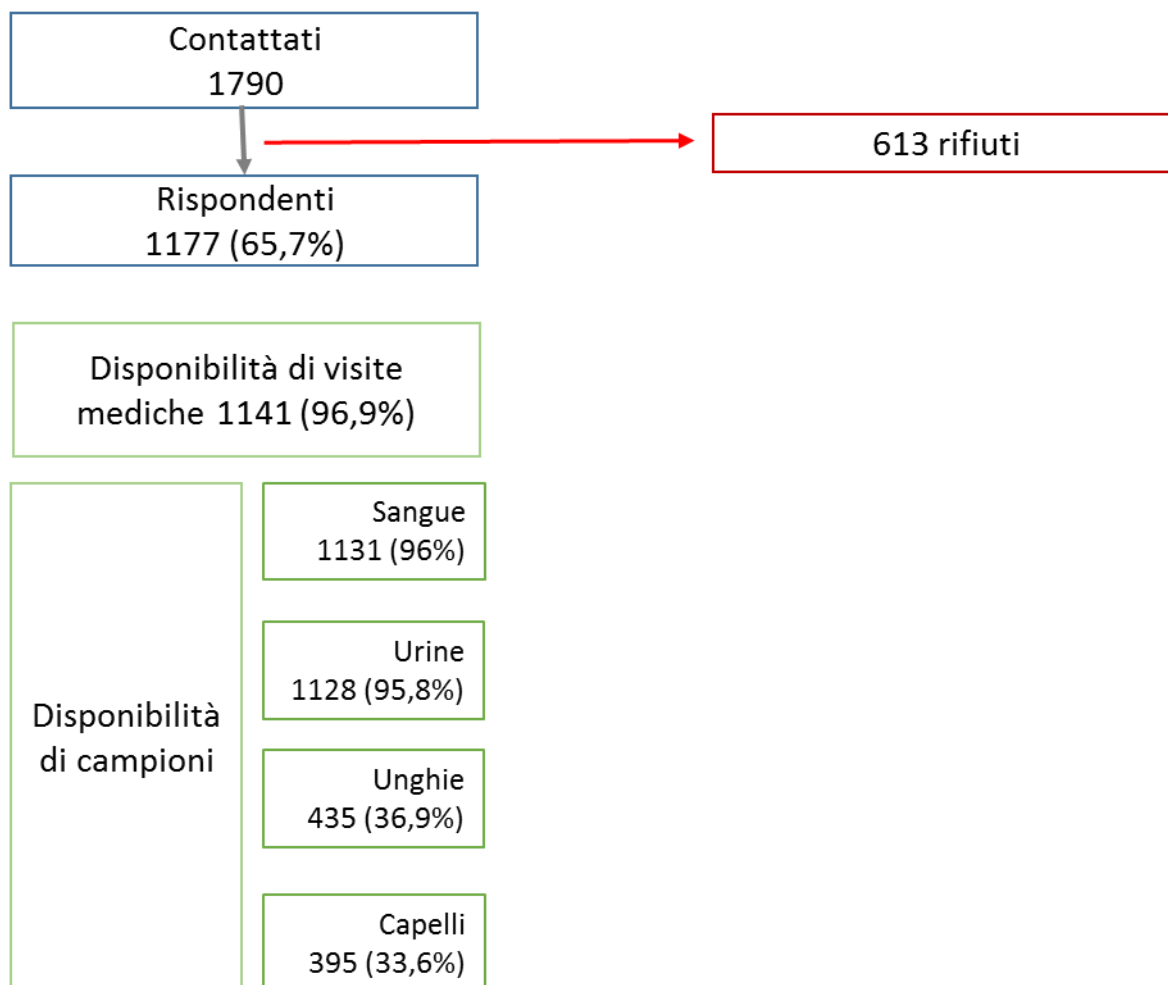
1200 residenti a Civitavecchia, 200 a Tarquinia, 300 a Santa Marinella, 140 a Allumiere e 160 a Tolfa.



**Figura 5** – Geocodifica dei residenti del comprensorio e del campione ABC

### 3.4. Organizzazione generale dello studio

Sono state contattate telefonicamente 1790 persone. Il 34% dei contattati ha tuttavia rifiutato di partecipare. 1177 persone (66% dei contattati telefonicamente) hanno accettato di partecipare ed hanno regolarmente concluso le visite mediche e le interviste previste dal protocollo di studio. La Figura 6 descrive le attività di arruolamento e la rispondenza del campione ABC.



**Figura 6** – Flow chart delle attività di arruolamento dello studio ABC

La partecipazione dei residenti allo studio ABC è risultata maggiore tra le donne, non vi sono differenze sostanziali per età e la rispondenza non è risultata diversa tra i diversi comuni del comprensorio di Civitavecchia (Tabella 1).

		RISPONDENTI		NON RISPONDENTI	
		1177		613	
		N	%	N	%
GENERE	Maschi	497	42.2	309	50.3
	Femmine	680	57.8	304	49.7
ETA' ALL'INIZIO DELLO STUDIO (01-06-2013)	35 - 44	290	24.7	174	28.4
	45 - 54	354	30.1	177	28.8
	55 - 64	353	29.9	148	24.2
	>=65	180	15.3	114	18.6
	CIVITAVECCHIA	828	70.3	406	66.2
	ALLUMIERE	83	7.0	44	7.2
	SANTA MARINELLA	154	13.1	101	16.5
	TOLFA	86	7.3	49	8.0
	TARQUINIA	26	2.3	13	2.1

**Tabella 1** – Distribuzione dei rispondenti e non rispondenti dello studio ABC per genere, età e comune di residenza

### 3.5. Visite Mediche ed Interviste

Le visite sono state effettuate presso un ambulatorio, allestito ad hoc, situato nei locali della ASL Roma F, in via Terme di Traiano 39 a Civitavecchia. Al momento della prima visita, il soggetto partecipante ha ricevuto dall'operatore incaricato la lettera informativa e la dichiarazione di consenso, in cui si specificavano gli obiettivi dello studio, le strutture organizzatrici e gli aspetti etici e di rispetto della privacy dell'indagine. Veniva successivamente effettuato un esame medico nel corso del quale venivano eseguite le seguenti misurazioni: spirometria, ossimetria, pressione arteriosa, peso e altezza. Veniva inoltre somministrato un questionario su stili di vita, storie di esposizione residenziale e lavorativa, consumi e abitudini alimentari e storia clinica. Alla fine della visita veniva consegnato un contenitore per la raccolta delle urine del mattino, un questionario per la valutazione delle esposizioni recenti, il diario degli spostamenti e una bustina per la raccolta delle unghie e dei capelli da consegnare al secondo appuntamento. Nel secondo appuntamento, nella settimana successiva (mattina dalle 7.30 alle 9.30), veniva effettuato il prelievo ematico, la raccolta delle urine, delle unghie e dei capelli.

### **3.6. Campioni biologici**

Il sangue prelevato e le urine raccolte nel corso del secondo appuntamento sono state in parte trasportate all'ambulatorio dell'ospedale di Civitavecchia dove venivano effettuati gli esami emato-chimici specifici (emocromo con formula, glicemia, emoglobina glicosilata, bilirubina, GOT, GPT, GammaGT, colesterolo totale, colesterolo HDL, trigliceridi, creatinina, acido urico, FT4, TSH). I restanti campioni venivano conservati in un freezer nell'ambulatorio di Civitavecchia a via delle Terme di Traino, 39 a -20° e periodicamente trasferiti al Reparto Bioelementi e Salute (Dipartimento di Salute e Ambiente) dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS), al Dipartimento Medicina, Epidemiologia e Igiene del lavoro ed Ambientale (INAIL) e alla Sezione di Medicina del Lavoro, malattie Respiratorie e Tossicologia Professionale e Ambientali dell'Università di Perugia, per l'effettuazione degli esami tossicologici previsti dal protocollo dello studio. Entro un mese dal prelievo alle persone che hanno aderito allo studio, sono stati inviati i referti (risultati esami sangue, risultati esami urine, punteggio del rischio cardiovascolare, risultato spirometria e misure antropometriche).

I campioni biologici di urina e sangue, insieme ad un campione di unghie (delle mani o dei piedi) e di capelli (una ciocca del diametro di circa 1 cm nella zona del vertice posteriore del capo), sono conservati per possibili successive determinazioni presso la Bioteca della Fondazione Sarroch (Ca).

#### **3.6.1. Biomarcatori**

La scelta dei biomarcatori di esposizione alle emissioni degli impianti industriali, al porto e al traffico veicolare è stata basata su: criteri di letteratura, valutazioni dati ambientali e opportunità di laboratorio. Il protocollo dello studio ABC prevedeva la raccolta di campioni biologici e la raccolta di informazioni su abitudini e caratteristiche individuali, nello specifico storia professionale, abitudini e stili di vita, abitudini al fumo, dieta e anamnesi. Il consumo di tabacco, l'esposizione ad emissioni da traffico, il consumo di alcuni cibi possono infatti influire sulle concentrazioni degli analiti indagati. Per favorire l'interpretazione dei risultati delle analisi sui campioni biologici queste informazioni sono state raccolte con un particolare approfondimento per i giorni precedenti il prelievo di sangue e la raccolta delle urine.



### 3.6.2. Metalli

La scelta dei metalli analizzati nel progetto ABC è stata guidata dalle fonti di inquinamento ambientale specifiche dell'area e da quanto indicato in studi di biomonitoraggio e di caratterizzazione ambientale disponibili in letteratura, in particolare lo studio National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) condotto su un campione di grandi dimensioni negli Stati Uniti (10) (tabella 2).

	<b>NHANES - USA</b>	<b>Revisione letteratura</b>
<b>Antimonio (Sb)</b>	centrale a carbone	dieta; acqua
<b>Arsenico (As)</b>		centrale a carbone; porto; dieta; acqua
<b>Berillio (Be)</b>	combustione olio e carbone; fumo	fumo; dieta; acqua; rifiuti pericolosi
<b>Cadmio (Cd)</b>	combustione carbone e petrolio; fumo	centrale a carbone; porto; fumo
<b>Cobalto (Co)</b>	combustione carbone e petrolio; traffico	dieta (integratori)
<b>Cromo (Cr)</b>		centrali a carbone; porto; traffico; industria galvanica; fumo; dieta
<b>Iridio (Ir)</b>		traffico
<b>Manganese (Mn)</b>		porto; combustione; dieta
<b>Mercurio (Hg)</b>	combustione carbone; dieta	centrale a carbone; dieta
<b>Molibdeno (Mo)</b>		centrale a carbone; acqua; dieta
<b>Nichel (Ni)</b>		combustione carbone; porto; traffico; combustione; fumo; dieta; bigiotteria; detergenti
<b>Palladio (Pd)</b>	traffico	traffico

<b>Piombo (Pb)</b>	centrale a carbone	porto; dieta; acqua; bottiglie in pet ad alte temperature
<b>Platino (Pt)</b>		traffico
<b>Rame (Cu)</b>		centrale a carbone; porto; traffico
<b>Rodio (Rh)</b>		Traffico
<b>Stagno (Sn)</b>		combustione carbone e petrolio; consumo di prodotti in scatola
<b>Tallio (Tl)</b>	combustione del carbone	combustione carbone
<b>Tungsteno (W)</b>		combustione; cementificio; acqua
<b>Vanadio (V)</b>		porto; carburanti di origine fossile; dieta
<b>Zinco (Zn)</b>		combustione; traffico; dieta

**Tabella 2** – Metalli in esame nello studio ABC e loro possibili fonti secondo dati di letteratura, in particolare lo studio National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) (10).

La scelta della matrice biologica su cui eseguire le analisi ha tenuto conto delle indicazioni riportate nei documenti pubblicati dall'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) nel 2006 e dal WHO nel 2012. Entrambi i documenti sono concordi nell'indicare il sangue come migliore matrice biologica per la determinazione del piombo, mentre gli altri metalli possono essere analizzati in urina. La tabella 3 riporta sinteticamente la lista dei metalli che sono stati analizzati e relativa matrice biologica.

<b>METALLI PESANTI</b>	<b>Matrice Biologica</b>
Antimonio (Sb)	urina
Arsenico (As)	urina
Berillio (Be)	urina
Cadmio (Cd)	urina
Cobalto (Co)	urina
Cromo (Cr)	urina
Iridio (Ir)	urina
Manganese (Mn)	urina
Mercurio (Hg)	urina
Molibdeno (Mo)	urina
Nichel (Ni)	urina
Palladio (Pd)	urina
Piombo (Pb)	sangue
Platino (Pt)	urina
Rame (Cu)	urina
Rodio (Rh)	urina
Stagno (Sn)	urina
Tallio (Tl)	urina
Tungsteno (W)	urina
Vanadio (V)	urina
Zinco (Zn)	urina

**Tabella 3** – Metalli in esame nello studio ABC e matrice biologica di riferimento

Per la facilità di campionamento l'urina è la matrice biologica più ampiamente usata per la popolazione generale, in particolare per le sostanze con breve emivita biologica, non persistenti e rapidamente metabolizzate. L'esame dell'urina è anche facilitata dalle più alte concentrazioni di xenobiotici rispetto al sangue quando si tratta di composti a metabolismo ad escrezione rapida. Il principale svantaggio consiste nella variabilità del volume giornaliero e della densità delle urine stesse. La determinazione dei metalli è stata effettuata in un campione di urine del primo mattino che sono più concentrate e migliorano la capacità di rilevazione, rispetto alle urine spot, che risentono di maggiore variabilità nei livelli di diluizione; i risultati sono stati normalizzati per la creatinina urinaria. La raccolta è stata effettuata mediante un apposito contenitore da 100 ml (Kartell, in polietilene) preventivamente decontaminato, mediante lavaggio con soluzione al 10% di HNO<sub>3</sub> di grado ultrapuro, per evitare possibili contaminazioni da metalli. Il piombo invece è stato determinato nel sangue, previa raccolta in provette Vacutainer *metal free*, specifiche per l'analisi di elementi in traccia I contenitori contenenti le urine e le provette con il sangue campionato sono stati trasferiti a temperatura

controllata ai laboratori del Reparto Bioelementi e Salute (Dipartimento Salute e Ambiente) dell'Istituto Superiore di Sanità per le determinazioni dei metalli.

I metalli sono stati determinati tramite spettrometria di massa a settore magnetico con sorgente a plasma accoppiato induttivamente (SF-ICP-MS). Lo strumento è stato usato in bassa, media e alta risoluzione al fine di rimuovere le interferenze spettrali sul segnale analiti. 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. Nei casi in cui i valori dei parametri erano al di sotto del limite di rilevabilità dello strumento (LOD), questi sono stati sostituiti con un valore pari alla meta del LOD (LOD/2). Poiché i metalli determinati in urina sono soggetti ad una ulteriore variabilità legata alla diversa densità urinaria, per una corretta interpretazione dei risultati, le misure ottenute sono state corrette per la concentrazione di creatinina urinaria per tener conto delle diverse concentrazioni di elettroliti urinari.

### **3.6.3. Benzene e nicotina**

Il benzene presente nell'ambiente deriva sia da processi naturali che da attività umane. Le fonti naturali forniscono un contributo relativamente esiguo rispetto a quelle antropogeniche e sono dovute essenzialmente alle emissioni vulcaniche ed agli incendi boschivi. La maggior parte del benzene presente nell'aria è invece un sottoprodotto delle attività umane. Le principali cause di esposizione al benzene sono il fumo di tabacco, le combustioni incomplete del carbone e del petrolio (dei quali è un costituente naturale), i gas esausti dei veicoli a motore e le emissioni industriali (gli usi industriali del benzene, inclusi la produzione di plastiche e resine sintetiche, causano spesso il rilascio di vapori contenenti questo inquinante, benchè il suo utilizzo come solvente sia vietato in Italia dal 1963). La concentrazione di benzene ammessa nelle benzine non deve superare l'1% in volume, mentre il valore limite per l'aria urbana è di 5 microgrammi/metro cubo come media annuale. Nonostante ciò attività antropiche come il fumo di tabacco e combustioni in ambienti indoor possono provocare esposizioni elevate.

L'abitudine al fumo di tabacco espone i soggetti a migliaia di sostanze chimiche, fra le quali anche benzene ed IPA, 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 misurata la cotinina urinaria, specifico metabolita della nicotina. La cotinina si utilizza come biomarcatore per la quantificazione dell'esposizione al fumo attivo e passivo di tabacco. Permane a lungo nell'organismo ed è possibile dosarla, oltre che nel sangue, anche nella saliva e nell'urina. L'utilizzo della cotinina urinaria fornisce un'informazione molto più dettagliata e veritiera della dichiarazione soggettiva (fumatore/non fumatore, numero di sigarette fumate); inoltre c'è una grande differenza fra la concentrazione di cotinina urinaria di un fumatore e quella di un non fumatore, ed è perfino possibile evidenziare l'esposizione a fumo passivo.

Il metabolita del benzene oggetto dell'indagine è l'acido S-fenilmercapturico (SPMA) urinario, indicato dall'ACGIH come marcatore specifico di esposizione al benzene in ambito occupazionale. Lo studio statunitense NHANES prende in considerazione un altro metabolita del benzene, l'acido trans trans muconico, che tuttavia è anche il metabolita dell'acido sorbico, un conservante alimentare ampiamente utilizzate, e per questo motivo non è stato analizzato in questo studio. Analogamente ai metalli, la concentrazione trovata è stata normalizzata in funzione della creatinina urinaria per tenere conto della diversa diluizione dei campioni di urina. Inoltre, poiché grazie alla stringente normativa i livelli di esposizione ambientali a benzene sono molto bassi, il contributo dell'abitudine al fumo è elevato, ed è indispensabile valutare i livelli di SPMA dei fumatori separatamente dai non fumatori.

I campioni di urina per la determinazione di acido S-fenilmercapturico (SPMA) e cotinina sono stati trasportati presso il Centro Ricerche INAIL di Monte Porzio Catone dove sono stati analizzati dal Laboratorio Rischio Agenti Chimici utilizzando un metodo originale messo a punto dal Laboratorio, pubblicato sull'Italian Journal of Occupational and Environmental Hygiene (11). In sintesi 3 ml di urina sono acidificati a pH 2 e sono aggiunti gli standard interni deuterati SPMA-D2 e Cotinina-D3. Segue una estrazione in fase solida su cartucce Sepak, condizionate con 3 ml di alcol metilico ed a seguire 3 ml di acido acetico all'1% v/v in acqua: i 6 ml di eluato sono portati a pH 8 e conservati. L'SPMA viene quindi eluito con 1.5 ml di alcol metilico. La cartuccia viene quindi lavata con 3 ml di ulteriore metanolo, 3 ml di acqua e viene caricato il campione di 6 ml; la cartuccia viene lavata con 3 ml di acqua; viene infine eluita con 1.5 ml di metanolo, dando l'eluato contenente la cotinina. I due eluati sono infine uniti a dare 3 ml di campione per l'analisi.

L'analisi HPLC utilizza un gradiente di acetonitrile ed acido acetico all'1% v/v in acqua, e una colonna Synergy Fusion C18 RP 80A, 150 x 4.6 mm. Il rivelatore è uno spettrometro di massa a triplo quadrupolo dell'API-4000 utilizzato in modalità MRM, in ioni negativi per l'acido e positivi per la cotinina: gli ioni padre e figlio sono riportati in forma tabulare.

Precursor ion → Product ion		
SPMA	m/z	-240.1 → -109.1
SPMA <sub>d2</sub>	m/z	-238.1 → -109.1
Cotinina	m/z	+177.3 → +80.10
Cotinina-d <sub>3</sub>	m/z	+180.3 → +80.10

### 3.6.4. Idrocarburi policiclici aromatici

Gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) sono contaminanti organici presenti diffusamente nell'ambiente. Le molecole degli IPA sono costituite da tre o più anelli benzenici. Alcune di queste molecole sono costituite solo da idrogeno e carbonio, altre contengono anche atomi di altra natura come azoto e zolfo. Gli IPA si ritrovano nell'atmosfera come residui di combustioni incomplete delle centrali termoelettriche a combustibile fossile, degli impianti industriali, incluse le cementerie, degli impianti di riscaldamento, inclusi quelli a biomasse, e delle emissioni degli autoveicoli, in particolare dei motori a ciclo diesel. Oltre alla via respiratoria, gli IPA possono essere assorbiti dall'uomo anche per via digestiva, in particolare negli alimenti cotti alla griglia e per via cutanea. Il fumo di sigaretta rappresenta una rilevante fonte di esposizione a IPA. Una volta entrati nell'organismo gli IPA vengono in larga parte metabolizzati a livello epatico a composti idrossilati e escreti tramite le urine e le feci. Allo stato attuale delle conoscenze le sostanze più tossiche per l'uomo sono le molecole che hanno da quattro a sette anelli benzenici.

La scelta dei metaboliti degli idrocarburi policiclici aromatici (IPA) da ricercare si è orientata sulla base delle precedenti esperienze presenti nella letteratura scientifica più aggiornata e sulla tipologia di esposizione obiettivo dell'indagine. Infatti, dovendo valutare in particolare inquinanti aerodispersi, si è preferito privilegiare l'analisi dei metaboliti dei composti più volatili e a più basso numero di anelli benzenici. I composti presi in considerazione sono stati pirene, naftalene, fenantrene e fluorene. Tali composti, pur non essendo considerati dalla IARC cancerogeni certi per l'uomo e dall'Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) tra le sostanze meno tossiche tra gli IPA, rappresentano gli idrocarburi policiclici aromatici

maggiormente presenti in atmosfera e riflettono la reale esposizione da IPA per via aerea. In particolare il fenantrene e il pirene sono correlati alle emissioni di gas di scarico provenienti da autoveicoli; fenantrene e fluorantrene sono correlate alle emissioni dagli impianti di riscaldamento domestici a legna o altri combustibili (olio combustibile). Il naftalene si trova in elevate concentrazioni nel fumo di sigaretta. Gli IPA presi in considerazione possono essere fototrasformati in atmosfera dall'irraggiamento solare e, come gli IPA a più alto numero di anelli benzenici, possono essere adsorbiti sul particolato, che funge da veicolo.

Attraverso la Cromatografia Liquida e Spettrofotometria di Massa (LC-MS/MS), previa idrolisi enzimatica ed estrazione su fase solida, è stata misurata la concentrazione urinaria dell'1-idrossipirene, metabolita del pirene, dell'1-idrossinaftalene, 2-idrossinaftalene, metaboliti del naftalene, del 1+9-idrossifenantrene, 2-idrossifenantrene, 3-idrossifenantrene, 4-idrossifenantrene, metaboliti del fenantrene e 2-idrossifluorene, metabolita del fluorene. La scelta di utilizzare un pannello di metaboliti urinari degli IPA in luogo di un singolo biomarcatore riassuntivo (ad esempio l'1-idrossipirene) è da ricercare nella maggiore informatività di tale analisi. Tutti questi indicatori biologici, in particolare l'1-idrossipirene, sono correlati, non solo al composto di cui sono metaboliti, ma anche all'esposizione ad idrocarburi policiclici aromatici con un numero maggiore di anelli benzenici. Il 2-idrossinaftolo è fortemente influenzato dall'abitudine al fumo. Il 2-idrossifenantrene, oltre a riflettere come gli altri composti idrossilati del fenantrene, del pirene e del naftolo l'inquinamento urbano da traffico veicolare, è strettamente correlato all'esposizione a fumi provenienti dalla combustione del legno.

## 4. RISULTATI

### 4.1. Caratteristiche della popolazione ABC

La tabella 4 mostra le principali caratteristiche del campione ABC (1.177 partecipanti) suddiviso tra i residenti nel comune di Civitavecchia (80%) e residenti negli altri comuni del comprensorio (20%). Il 58% del campione è di sesso femminile; circa il 60% ha un'età compresa tra i 45 e i 64 anni ed ha un titolo di studio di scuola media superiore o laurea; il 53% del campione è costituito da persone in attività lavorativa al momento dell'intervista. Per queste caratteristiche non si osservano particolari differenze tra i residenti nel comune di Civitavecchia e quelli degli altri comuni del comprensorio.

La prevalenza di fumatori nel campione ABC (25%) è superiore tra i residenti nel comune di Civitavecchia (26%) rispetto agli altri comuni (21%), non si osservano invece differenze sulla prevalenza di cessazione al fumo (ex-fumatori 36% nel campione totale).

Il consumo di alcool è stato stimato in termini di unità alcoliche assunte, sulla base delle quantità di vino, super alcolici e birra bevute. Il 25% del campione ABC ha dichiarato una abitudine al consumo di alcool di almeno 2 bicchieri al giorno e questa proporzione raggiunge il 27% tra i residenti negli altri comuni del comprensorio.

Il 42.4 % del campione ha un Indice di Massa Corporea (IMC, calcolato come il rapporto tra il peso in kg e il quadrato dell'altezza espressa in metri) superiore a 25 - valore definito dall'Organizzazione Mondiale della Sanità come *cut-off point* per il sovrappeso - nei residenti degli altri comuni del comprensorio si raggiunge il 45%; il 17.4 % dei soggetti è obeso (tra i residenti nel comune di Civitavecchia questa proporzione raggiunge il 19%) e il 3.3% è gravemente obeso (4.6 tra i residenti negli altri comuni).

Il 25.8% del campione svolge un'occupazione definita a rischio (fonderie di prima fusione; fonderie di seconda fusione; cella galvanica; saldatura, brasatura, e taglio dei metalli; produzione di articoli in plastica; industria della gomma; produzione vernici; centrale termoelettrica; cementificio; porto; navi), questa proporzione è del 29% tra i residenti nel comune di Civitavecchia e del 16.6% tra coloro residenti negli altri comuni del comprensorio.

Nella tabella sono inoltre elencati altri fattori potenzialmente legati ai biomarcatori in studio quali avere protesi e otturazioni dentarie metalliche, usare abitualmente bigiotteria, avere tatuaggi, avere l'abitudine di bruciare incenso per profumare la casa. Ai partecipanti è stato anche chiesto se fossero portatori di protesi metalliche, chiodi, fili, clip metalliche a seguito di interventi chirurgici, frammenti metallici o dispositivi metallici intrauterini. Aver incluso la



---

spirale intrauterina spiega la relativa elevata prevalenza di questa caratteristica nel campione in studio. Occorre tuttavia specificare che mentre nel passato le spirali intrauterine erano tutte in rame, quelle di più recente generazione sono costituite da un supporto in plastica che rilascia ormoni.

Dalle interviste effettuate è emerso che, circa il 90% del campione ABC consuma abitualmente cibi prodotti localmente.

		CIVITAVECCHIA		ALTRI COMUNI		TOTALE	
		828		349		1177	
		n	%	n	%	n	%
Genere	Maschi	345	41.7	153	43.8	498	42.3
	Femmine	483	58.3	196	56.2	679	57.7
Età in classi	35 - 44	212	25.6	79	22.6	291	24.7
	45 - 54	241	29.1	113	32.4	354	30.1
	55 - 64	245	29.6	107	30.7	352	29.9
	>=65	129	15.6	51	14.6	180	15.3
Istruzione	Nessuno/Elementare	71	8.6	37	10.6	108	9.2
	Media inferiore	245	29.6	117	33.5	362	30.8
	Media superiore	434	52.4	160	45.8	594	50.5
	Laurea/Titolo superiore	77	9.3	36	10.3	113	9.6
Occupazione	Lavoratore	437	52.8	190	54.4	627	53.3
	Disoccupato	43	5.2	17	4.9	60	5.1
	Casalinga	166	20.0	83	23.8	249	21.2
	Pensionato/Invalido	181	21.9	60	17.2	241	20.5
Fumo	si	217	26.2	74	21.2	291	24.7
	no	311	37.6	152	43.6	463	39.3
	ex	299	36.1	124	35.5	423	35.9
	mai	233	28.1	102	29.2	335	28.5
Alcol	meno di un unità a settimana	157	19.0	53	15.2	210	17.8
	1-2 unità a settimana	166	20.0	66	18.9	232	19.7
	pù di 2 unità a settimana	72	8.7	31	8.9	103	8.8
	1-2 unità al giorno	176	21.3	82	23.5	258	21.9
IMC	più di 2 unità al giorno	23	2.8	16	4.6	39	3.3
	Sottopeso (<18.49)	8	1.0	2	0.6	10	0.8
	Normopeso (18.5-24.99)	264	31.9	115	33.0	379	32.2
	Sovrappeso (25-29.99)	339	40.9	160	45.8	499	42.4
Occupazione a rischio*	Obeso (30-34.99)	156	18.8	49	14.0	205	17.4
	Gravemente obeso (>34)	60	7.2	24	6.9	84	7.1
otturazioni dentarie	Amalgama	162	19.6	78	22.3	240	20.4
	Tutti i metalli	211	25.5	96	27.5	307	26.1
Protesi dentarie in metallo frammenti metallici nell'organismo**		89	10.7	51	14.6	140	11.9
		291	35.1	140	40.1	431	36.6
Uso regolare di bigiotteria		413	49.9	160	45.8	573	48.7
Uso di piercing		25	3.0	4	1.1	29	2.5
Tatuaggi sul corpo		116	14.0	33	9.5	149	12.7
Uso di incensi per profumare la casa		31	3.7	12	3.4	43	3.7
Consumo di cibi locali		716	86.5	325	93.1	1041	88.4

\* fonderie di prima fusione; fonderie di seconda fusione; cella galvanica; saldatura, brasatura, e taglio dei metalli; produzione di articoli in plastica; industria della gomma; produzione vernici; centrale termoelettrica; cementificio; porto; navi.

\*\* portatore di schegge o frammenti metallici, clips ferromagnetiche, dispositivi metallici intrauterini (spirale), protesi metalliche, chiodi, viti, filo, etc.

**Tabella 4** – Distribuzione delle caratteristiche e dei fattori di rischio del campione ABC

La determinazione di cotinina urinaria effettuata su 1057 partecipanti al campione ABC (tabella 5) e' leggermente più elevata a Civitavecchia rispetto agli altri comuni. Tale determinazione ha consentito di discriminare i fumatori correnti, dai non fumatori e dagli ex fumatori (tabella 6). I risultati confermano l'abitudine al fumo dichiarata dai partecipanti durante l'intervista.

CIVITAVECCHIA	ALTRI COMUNI	POPOLAZIONE ABC totale
<b>733</b>	<b>324</b>	<b>1057</b>
30.0	22.0	27.3
24.6-36.4	16.6-29.1	23.2-31.9

**Tabella 5** – Medie geometriche delle concentrazioni di cotinina (corrette per creatinina urinaria) nel campione ABC – ng/g creatinina

FUMATORI			NON FUMATORI			EX FUMATORI		
CIVITAVECCHIA	ALTRI COMUNI	TOT	CIVITAVECCHIA	ALTRI COMUNI	TOT	CIVITAVECCHIA	ALTRI COMUNI	TOT
<b>190</b>	<b>67</b>	<b>257</b>	<b>275</b>	<b>135</b>	<b>410</b>	<b>268</b>	<b>122</b>	<b>390</b>
1467.9	1714.7	1528.6	4.9	4.7	4.8	9.4	9.1	9.3
1224.1-1760.3	1277.3-2301.7	1310.5-1782.9	4.4-5.4	3.8-5.6	4.3-5.3	7.7-11.4	7.1-11.6	7.9-10.9

**Tabella 6** – Medie geometriche delle concentrazioni di cotinina (corrette per creatinina urinaria) per abitudine al fumo nel campione ABC – ng/g creatinina.

## 4.2. Stato di salute del campione ABC

Lo stato di salute dei partecipanti al campione ABC è stato valutato sia utilizzando le informazioni raccolte durante l'intervista (dichiarazioni dirette dei partecipanti) sia usando i risultati degli esami di laboratorio di ematochimica generale, test di funzionalità respiratoria, misurazione della pressione arteriosa a cui sono stati sottoposti i partecipanti (misure obiettive). Nella tabella 7 sono riportati i risultati relativi alle 1141 visite effettuate (70.3% relative a residenti nel comune di Civitavecchia) durante le quali veniva chiesto ai partecipanti se avessero mai avuto una diagnosi di alcune patologie. La patologia più frequente è l'ipertensione di cui dichiara di essere affetto il 39.2% del campione (38.3% Civitavecchia, 41.3% altri comuni), seguita dall'ipercolesterolemia che viene dichiarata da circa il 36% del

campione. Dichiara di aver avuto una diagnosi di diabete il 6% del campione senza differenze nei gruppi a confronto.

Circa il 9% del campione dichiara di essere affetto da asma e il 6% ha avuto una diagnosi di una patologia cronica dell'apparato respiratorio (Bronco Pnenumopatia Cronico Ostruttiva – BPCO) proporzione leggermente superiore negli altri comuni (7.4%) se confrontata con i residenti a Civitavecchia (5.6%).

Dall'anamnesi dei sintomi respiratori, che affliggono circa il 20% del campione, non emergono differenze per aree geografiche.

	Civitavecchia		Altri Comuni		Totale	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
<b>Totale residenti</b>	<b>802</b>		<b>339</b>		<b>1141</b>	
<b>Malattie cardio metaboliche</b>						
Iperensione	307	38.3	140	41.3	447	39.2
Ipercolesterolemia	289	36.0	118	34.8	407	35.7
Diabete	45	5.6	22	6.5	67	5.9
Aritmia cardiaca	84	10.5	34	10.0	118	10.3
Infarto miocardico	5	0.62	9	2.65	14	1.23
Angina pectoris	6	0.75	2	0.59	8	0.70
ICTUS	5	1	0	0.00	5	0.44
Malattie Renali	36	4	1	0.29	37	3.24
<b>Malattie respiratorie</b>						
ASMA	72	9.0	26	7.7	98	8.6
Enfisema - Bronchite cronica - Bronco Pneumopatia Cronica Ostruttiva	45	5.6	25	7.4	70	6.1
<b>Sintomi respiratori</b>						
sibili/fischi	31	3.9	16	4.7	47	4.1
Difficoltà di respiro	165	20.6	69	20.4	234	20.5
Tosse cronica	142	17.7	53	15.6	195	17.1
Espettorato cronico	192	23.9	78	23.0	270	23.7
Allergia nasale/febbre da fieno	166	20.7	66	19.5	232	20.3
Eczema o altra dermatite allergica	267	33.3	105	31.0	372	32.6

**Tabella 7** – Stato di salute della popolazione ABC da questionario: prevalenza di patologia

Lo stato di salute valutato dagli esami di laboratorio (tabella 8) conferma in gran parte quanto dichiarato dai partecipanti durante l'intervista. La prevalenza di diabete come determinato

dagli esami da laboratorio (emoglobina glicosilata) è del 4.8% e l'ipercolesterolemia è del 17.2%. Gli esami hanno consentito di identificare anche situazioni subcliniche di queste patologie ed anche in questo caso, non si sono osservate particolari differenze tra i due gruppi a confronto.

Le misurazioni della pressione arteriosa effettuate durante la visita medica hanno evidenziato valori di pressione diastolica  $>90$  ovvero pressione sistolica  $\geq 140$  mm Hg - che l'Organizzazione Mondiale della Sanità identifica come *cut off* per l'ipertensione - nel 28.3% dei partecipanti e valori pressori normali in pazienti in terapia anti ipertensiva nel 15.5% del campione. Non ci sono differenze sostanziali tra Civitavecchia e i comuni limitrofi.

Per quanto riguarda le patologie dell'apparato respiratorio sono stati considerati affetti da BPCO quelle persone per le quali l'esame spirometrico ha evidenziato un rapporto FEV1/FVC, dopo somministrazione di broncodilatatore, inferiore al 70%. I risultati indicano che il 4.5% di residenti del comprensorio è affetta da BPCO con una differenza solo marginale tra i comuni. (4.9% tra i residenti di Civitavecchia e 3.5% tra i residenti degli altri comuni).

Le alterazioni della funzionalità tiroidea sono state valutate analizzando i valori degli ormoni tiroidei TSH e FT4. Sono stati considerati anomali gli esami i cui risultati eccedevano uno o entrambi gli estremi del range di normalità il TSH (0.4 - 4.0 mUI/mL) o del FT4 (0.89 - 1.76 ng/dL). Il 18.2% del campione ABC ha mostrato alterazioni della funzionalità tiroidea (19.7% a Civitavecchia e 14.7% negli altri comuni). Le alterazioni della funzionalità tiroidea sono principalmente a carico delle donne (la proporzione di donne con alterata funzionalità tiroidea è del 22.9%, proporzione che arriva al 24.1% tra le donne residenti nel comune di Civitavecchia).

Le prevalenze dichiarate di ipertensione, ipercolesterolemia e di diabete dei partecipanti allo studio ABC sono in linea con quanto riportato dall'Osservatorio Epidemiologico Cardiovascolare (frutto della collaborazione fra Istituto Superiore di Sanità (Iss) e Associazione Nazionale Medici Cardiologi Ospedalieri - ANMCO) che periodicamente valuta la distribuzione dei fattori di rischio, la prevalenza delle condizioni a rischio e delle malattie cardiovascolari nella popolazione adulta italiana (8).

La prevalenza di Bronco Penumopatia Cronico Ostruttiva dichiarata dal campione ABC non si discosta sostanzialmente dalla prevalenza di questa patologia stimata nella regione Lazio (9).

Rispetto alla popolazione italiana gli esami di laboratorio del campione ABC hanno evidenziato prevalenze più basse di ipercolesterolemia totale o in trattamento (25.3% rispetto al 34.3% negli uomini e 36.6% nelle donne stimato dal progetto cuore per la popolazione italiana) e di

ipertrigliceridemia (19.5% di persone con trigliceridi >150 mg/dl nel campione ABC rispetto al 30.3% negli uomini e al 15.5% nelle donne in Italia).

La proporzione di soggetti ipertesi nel campione ABC non si discosta sostanzialmente da quella della popolazione italiana (43.8% rispetto a 51% negli uomini e 37.2% nelle donne in Italia) ([www.cuore.iss.it/fattori/progetto.asp](http://www.cuore.iss.it/fattori/progetto.asp)).

	Civitavecchia		Altri Comuni		Totale	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
<b>Totale residenti</b>	<b>802</b>		<b>339</b>		<b>1141</b>	
<b>Diabete</b>						
pazienti in trattamento farmacologico con valori nella norma	7	0.87	0	0.0	7	0.61
emoglobina glicosilata 5.7 -6.5%	171	21.3	75	22.1	246	21.6
emoglobina glicosilata > 6.5%	40	5.0	15	4.4	55	4.8
<b>Colesterolo totale</b>						
pazienti in trattamento farmacologico con valori nella norma	69	8.6	24	7.1	93	8.2
colesterolo totale 200-240 mg/dL	299	37.3	145	42.8	444	38.9
colesterolo totale >240 mg/dL	141	17.6	55	16.2	196	17.2
<b>Colesterolo HDL</b>						
HDL 40-60 (uomini), 50-60 (donne)	320	39.9	121	35.7	441	38.7
HDL < di 40 mg/dL (uomini) , < di 50 mg/dL (donne)	331	41.3	155	45.7	486	42.6
<b>Trigliceridi</b>						
trigliceridi 150-200 mg/dL	86	10.7	45	13.3	131	11.5
trigliceridi > 200 mg/dL	68	8.5	24	7.1	92	8.1
<b>Alterazioni dei valori pressori</b>						
pazienti in trattamento farmacologico con valori nella norma	117	14.6	60	17.7	177	15.5
diastolica >=90 or sistolica >=140	224	27.9	99	29.2	323	28.3
<b>Bronco Pneumopatia Cronica Ostruttiva</b>						
	39	4.9	12	3.5	51	4.5
<b>Alterazioni della funzione tiroidea</b>						
	158	19.7	50	14.7	208	18.2

**Tabella 8** – Stato di salute della popolazione ABC come rilevato da esami di laboratorio: prevalenza di patologia

### 4.3. Biomarcatori

In appendice è riportata la matrice di correlazione tra i biomarcatori oggetto dell'indagine ABC. La matrice indica una sostanziale indipendenza delle concentrazioni dei metalli con il benzene e gli IPA. Tra i metalli si osserva una modesta correlazione tra molibdeno, tungsteno, cadmio e rame, mentre gli IPA risultano più fortemente correlati tra di loro.

---

#### **4.4. Concentrazioni urinarie dei metalli**

La tabella 9 mostra le medie geometriche delle concentrazioni di metalli (corrette per creatinina urinaria) tra i residenti nelle due zone del comprensorio (comune di Civitavecchia e altri comuni) mettendole a confronto con quanto emerge dai risultati di altri importanti studi di biomonitoraggio umano nazionali e internazionali.

	CIVITAVECCHIA	ALTRI COMUNI	POPOLAZIONE ABC totale	Torino <sup>a</sup>	Italia <sup>b</sup>	USA <sup>c</sup>	UK <sup>d</sup>
<b>Antimonio (Sb) µg/g</b>	0.06 0.05-0.06	0.06 0.05-0.07	0.06 0.05-0.06	0.06	0.052 [2005]	0.06 [2015]	0.092
<b>Arsenico (As) µg/g</b>	20.30 18.54-22.22	17.34 15.34-19.60	19.36 17.98-20.83	16.86	16.7 [1990]	9.90 [2015]	10.48
<b>Berillio (Be) µg/g</b>	0.12 0.11-0.16	0.13 0.11-0.17	0.13 0.11-0.19	0.15	0.4 [1990]	<0.072 [2015]	5.2
<b>Cadmio (Cd) µg/g</b>	0.42 0.39-0.43	0.43 0.40-0.45	0.42 0.40-0.44	0.66	0.81 [2009]	0.19 [2015]	0.13
<b>Cobalto (Co) µg/g</b>	0.23 0.21-0.24	0.23 0.21-0.25	0.23 0.21-0.24	0.16	0.24 [2009]	0.39 [2015]	0.22
<b>Cromo (Cr) µg/g</b>	0.13 0.12-0.14	0.13 0.12-0.14	0.13 0.12-0.14	0.15	0.21 [2009]	1.0 [2000]	0.35
<b>Iridio (Ir) ng/g</b>	0.87 0.83-0.95	0.89 0.83-0.91	0.88 0.85-0.91	1.66	2 [1990]		<7
<b>Mercurio (Hg) µg/g</b>	1.23 1.17-1.29	1.05 0.98-1.12	1.17 1.13-1.22	1.46	1.92 [2009]	0.46 [2015]	0.43
<b>Manganese (Mn) µg/g</b>	0.11 0.09-0.11	0.12 0.10-0.13	0.11 0.10-0.11	0.12	0.22 [2009]	0.14 [2015]	0.092
<b>Molibdeno (Mo) µg/g</b>	38.23 36.24-40.33	38.59 35.58-41.86	38.34 36.67-40.09		36.9 [2009]	45.5 [2015]	
<b>Nichel (Ni) µg/g</b>	0.79 0.75-0.84	0.84 0.77-0.91	0.81 0.77-0.85	0.88	0.87 [2009]	2.4 [2000]	1.99
<b>Palladio (Pd) ng/g</b>	15.99 15.1-16.8	16.10 14.8-17.4	16.02 15.3-16.7	23.01	5.51 [2004]		<588



<b>Piombo nel sangue (Pb) µg/l</b>	19.67 19.02-20.34	21.49 20.35-22.69	20.19 19.62-20.78	18.27	26.4 [2009]	11.2 [2015]	
<b>Platino (Pt) ng/g</b>	2.65 2.49-2.81	2.40 2.20-2.59	2.57 2.44-2.69	3.1	1.77 [2004]	<0.009 [2015]	<5
<b>Rame (Cu) µg/g</b>	6.95 6.75-7.16	7.29 6.96-7.63	7.05 6.88-7.23	10.07	12.9 [2009]	14 [2000]	8.75
<b>Rodio (Rh) ng/g</b>	17.03 16.13-17.97	15.81 14.54-17.18	16.65 15.91-17.42	18.37	12.4 [2004]		4
<b>Stagno (Sn) µg/g</b>	0.32 0.30-0.34	0.31 0.28-0.33	0.32 0.30-0.33	0.55	0.9 [2009]	0.62 [2015]	0.33
<b>Tallio (Tl) µg/g</b>	0.35 0.33-0.37	0.56 0.50-0.63	0.40 0.38-0.42	0.26	0.42 [1990]	0.15 [2015]	0.17
<b>Tungsteno (W) µg/g</b>	0.13 0.12-0.14	0.15 0.13-0.17	0.14 0.13-0.15		0.055 [2005]	0.086 [2012]	
<b>Vanadio (V) µg/g</b>	0.04 0.03-0.04	0.04 0.03-0.04	0.04 0.04-0.04	0.03	0.14 [2009]		1.58
<b>Zinco (Zn) µg/g</b>	286.58 274.73-298.94	275.62 258.10-294.34	283.22 273.35-293.46	362.81	356 [2009]	231 [2000]	180

<sup>a</sup> relazione programma SPoTT (13); <sup>b</sup> Minoia et al., 1990 (14): media aritmetica, µg/l; Bocca et al., 2004: media geometrica, ng/l; Alimonti et al., 2005: media geometrica, µg/l; Alimonti et al., 2009: media aritmetica, µg/l; riferimenti in Alimonti et al., 2010 (15); <sup>c</sup>Komaromy-Hiller et al. Clin Chim Acta 2000;296: 71–90: mediana, µg/l; CDC, NHANES 2015: media geometrica, µg/g creatinina (10); <sup>d</sup> Morton et al., 2014: mediana, µg/l o ng/l (12).

**Tabella 9** – Medie geometriche delle concentrazioni di metalli (corrette per grammo di creatinina urinaria) nel campione ABC e confronti con altri studi

In generale i livelli di tutti i metalli oggetto di studio risultano sovrapponibili ai valori di riferimento riportati nelle altre campagne di biomonitoraggio prese come confronto e non vi sono grandi differenze tra il campione studiato a Civitavecchia e quello studiato in altri comuni. Di seguito vengono discussi solo quegli elementi chimici (Arsenico, Mercurio, Piombo, Tungsteno) per i quali sono stati osservate differenze tra le due aree geografiche e leggeri scostamenti dai suddetti valori di riferimento. E' comunque da tenere presente che le differenze osservate tra il presente studio e i dati di letteratura possono essere ascrivibili a differenze tra le popolazioni in esame dovute a diversa dieta, stili di vita (es. consumo di alcol, fumo, uso di bigiotteria e piercing, tatuaggi, attività fisica, integratori ormonali e minerali, e farmaci), ed esposizione occupazionale, quindi, a diversa esposizione non unicamente legata a fattori strettamente ambientali.

L'Arsenico (As) totale urinario presenta una media geometrica della concentrazione pari a 19.36  $\mu\text{g}/\text{gr creat}$  (IC 95% 17.98-20.83), che arriva a 20.30  $\mu\text{g}/\text{gr creat}$  (IC 95% 18.54-22.22) per i residenti nel comune di Civitavecchia (valore statisticamente diverso dagli altri comuni), livello superiore ad alcuni dati di letteratura disponibili. In particolare, il National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES) (10) riporta un valore di 9,15  $\mu\text{g}/\text{gr creat}$ . Studi su piccola scala hanno riportato per l'As urinario un valore mediano di 10.48  $\mu\text{g}/\text{l}$  nei cittadini del Regno Unito (12). Il dato dell'As nella popolazione di ABC risulta invece più simile ai 16.86  $\mu\text{g}/\text{gr creat}$  riscontrati in Italia a seguito di un recente studio di biomonitoraggio condotto su 470 soggetti residenti nell'area di Torino (13) e in linea anche con quanto riportato in precedenti studi italiani di biomonitoraggio (15).

L'esposizione ad As avviene attraverso l'aria, l'acqua potabile e il cibo. Alcune forme organiche dell'As (arsenobetaina, arsenocolina, ossido di trimetilarsina e arseno-zuccheri), non di rilevanza tossicologica, possono essere alte quando si consumano pesce e frutti di mare. Processi industriali che implicano estrazione, fusione di metalli non ferrosi e combustione di combustibili fossili sono le principali fonti antropiche di contaminazione ambientale per tale metallo.

Anche per il Mercurio (Hg) sono stati riscontrati valori leggermente più alti a Civitavecchia rispetto agli altri comuni. La media geometrica (1.17  $\mu\text{g}/\text{gr creat}$ ) nella popolazione ABC viene confrontata con i dati di riferimento presenti in letteratura. Il NHANES (10) e lo studio inglese (12) riportano valori di 0.46  $\mu\text{g}/\text{gr creat}$  e 0.43  $\mu\text{g}/\text{l}$ , inferiori quindi al dato italiano. Mentre in Italia, lo studio torinese SPoTT (13) riporta un valore mediano urinario di 1.46  $\mu\text{g}/\text{gr creat}$ , e in precedenti studi si riscontra una media aritmetica di 1.92  $\mu\text{g}/\text{l}$ , dati comparabili a quanto ottenuto nella popolazione di ABC (15). L'esposizione al Hg avviene principalmente attraverso

il consumo di pesce e frutti di mare contaminati. Il metallo è presente in depositi di minerali e viene rilasciato in aria dalla combustione di carbone, rifiuti e impianti di riscaldamento residenziali.

Il livello di piombemia (Piombo nel sangue) è risultato pari a 20.19  $\mu\text{g/l}$  (IC 95% 19.62-20.78), il valore è più elevato nei residenti degli altri comuni del comprensorio (21.49 ) rispetto a quanto misurato in media nei residenti a Civitavecchia (19.67  $\mu\text{g/l}$ ). Questo livello è paragonabile a quanto misurato nello studio torinese (18.27  $\mu\text{g/l}$ ) (13) e inferiore a quanto misurato negli studi italiani (26.4  $\mu\text{g/l}$ ) (15), tuttavia la piombemia media del campione ABC è circa il doppio di quanto riportato nel NHANES (11.2  $\mu\text{g/gr creat}$ ) (10). L'esposizione a Piombo è diminuita molto nella popolazione Italiana a seguito della abolizione del Piombo dalle benzine. L'esposizione residua oggi può ancora essere dovuta a terreni contaminati dal Piombo nel passato, a vecchie vernici al Piombo, al fumo di sigaretta e altre combustioni, ad alimenti e alcolici contaminati.

Il Tungsteno (W) presenta una concentrazione pari a 0.14 ng/gr creat (IC 0.13-0.15) che supera i valori riscontrati nello studio NHANES (0.086  $\mu\text{g/gr creat}$ ) (10) e negli studi italiani (0.055  $\mu\text{g/l}$ ) (15). La concentrazione media è leggermente più elevata nei comuni limitrofi rispetto a Civitavecchia. Questo metallo viene rilasciato nell'ambiente attraverso la trasformazione e i meccanismi di trasporto dei minerali che lo contengono; anche l'ingestione di acqua potabile (contenente i sali solubili di W) è una via di esposizione della popolazione generale.

E' da sottolineare come la presenza di metalli nel corpo umano non sia necessariamente legata allo sviluppo di un effetto avverso sulla salute. A tal fine, fondamentale per interpretare i dati ottenuti, è la disponibilità di valori guida per la concentrazione di un metallo in un fluido biologico associati ad un aumento di probabilità di rischio di effetti avversi sulla salute o volti a indicare casi che necessitano particolari approfondimenti. Esempi di valori guida sono quelli prodotti dalla Commissione Tedesca per il biomonitoraggio umano (16) che ha definito due diversi tipi di valori guida: il valore di Human Biomonitoring - HBM I (o livello di attenzione) e il valore di HBM II (o livello di azione). Per una concentrazione di metallo in un campione biologico al di sotto del valore di HBM I non sono previsti effetti negativi sulla salute; per una concentrazione di metallo al di sopra del valore di HBM II vi è un aumento di probabilità di rischio di effetti negativi sulla salute. Un altro valore guida, recentemente sviluppato dall'EPA (Environmental Protection Agency) è il valore di BE (Biological Equivalent); una concentrazione di metallo in un fluido biologico al di sopra del BE indica una maggiore esposizione dell'individuo o gruppo di individui al contaminante e la necessità di approfondire le vie e le

variabili che possono avere influenzato tale esposizione (17). In tabella 10 sono riportati i valori di HBM I, HBM II e BE disponibili ad oggi per alcuni metalli urinari.

Parametro (Bibliografia)	Popolazione	HBM I	HBM II	BE*
<b>Cadmio µg/L</b> (16, 17)	Adulti	1 µg/l	4 µg/l	1,5 µg/l
<b>Mercurio µg/L</b> (16)	Adulti e bambini	7 µg/l 5 µg/g creatinina	25 µg/l 20 µg/g creatinina	-
<b>Tallio µg/L</b> (16)	Popolazione generale	5 µg/l	-	-

\*Calcolato dall'EPA usando la *Reference Dose* (RfD)

**Tabella 10** – Valori di HBM I (o livello di attenzione) e il valore di HBM II (o livello di azione) per alcuni metalli urinari

La valutazione della percentuale di soggetti con livelli dei metalli superiori ai valori guida HBM I, HBM II e BE aiuta a stabilire l'esistenza di un rischio potenziale per la salute e la necessità di effettuare ulteriori attività di follow-up di monitoraggio e sorveglianza della popolazione. In base a questo criterio si evidenzia che tutti i soggetti del campione ABC hanno mostrato concentrazioni urinarie di Cd, Hg e Tl inferiori ai valori di HBM I, HBMI e BE. Di conseguenza, nessun soggetto denota un'esposizione al metallo legata alla manifestazione di possibili rischi per la salute.

#### 4.5. Concentrazioni di acido S-fenilmercapturico (SPMA) e cotinina

La tabella 11 riporta le medie geometriche (corrette per creatinina urinaria) dell'acido S-fenilmercapturico, il metabolita del benzene oggetto di indagine per residenza e la tabella 12 riporta le medie per abitudine al fumo e residenza. Come atteso i valori più alti si osservano tra i fumatori (1.14 ng/ml verso lo 0.07 che si osserva nei non fumatori e negli ex fumatori) ma le medie non sono diverse quando si confrontano i residenti nel comune di Civitavecchia con i residenti negli altri comuni del comprensorio.

Per poter valutare questi dati non si dispone di valori considerati "normali" in quanto l'esposizione al benzene è principalmente frutto di attività antropiche, né di valori limite, che esistono solo per esposizioni lavorative (25 µg/g di creatinina nelle urine di fine turno per l'ACGIH).

---

Possiamo confrontare i risultati ottenuti con dati pubblicati in letteratura (mediane corrette per la creatinina) se ottenuti acidificando l'urina a pH2 (il pH del campione condiziona la quantità di analita disponibile per l'analisi) e con la stessa metodica analitica (HPLC-MS/MS),

Non fumatori 0, fumo passivo 0,14, fumatori 1,30 (18); non fumatori <0,10 µg/g di creatinina (19). Un lavoro del 2012 effettuato sulla popolazione UK analizzando sia Fumatori che non fumatori con metodo immunochimico, che comporta una possibile sovrastima, riporta 7 µg/g di creatinina (20).

CIVITAVECCHIA	ALTRI COMUNI	POPOLAZIONE ABC totale
<b>733</b>	<b>324</b>	<b>1057</b>
0.14	0.14	0.14
0.12-0.16	0.11-0.17	0.12-0.16

**Tabella 11** – Medie geometriche della concentrazione di acido S-fenilmercapturico, metabolita del di benzene, (corrette per creat urinaria) nel campione ABC – µg /gr creatinina.

FUMATORI			NON FUMATORI			EX FUMATORI		
CIVITAVECCHIA	ALTRI COMUNI	POPOLAZIONE ABC totale	CIVITAVECCHIA	ALTRI COMUNI	POPOLAZIONE ABC totale	CIVITAVECCHIA	ALTRI COMUNI	POPOLAZIONE ABC totale
<b>190</b>	<b>67</b>	<b>257</b>	<b>275</b>	<b>135</b>	<b>410</b>	<b>268</b>	<b>122</b>	<b>390</b>
1.12	1.20	1.14	0.07	0.08	0.07	0.07	0.08	0.07
0.91-1.37	0.90-1.61	0.96-1.35	0.05-0.08	0.06-0.1	0.06-0.08	0.05-0.08	0.06-0.11	0.06-0.08

**Tabella 12** – Medie geometriche della concentrazione di acido S-fenilmercapturico, metabolita del di benzene, (corrette per creat urinaria) per abitudine al fumo nel campione ABC – µg /gr creatinina.

#### 4.6. Concentrazioni di Idrocarburi Policiclici Aromatici

La tabella 13 riporta le medie geometriche (corrette per creatinina urinaria) del 1-idrossinaftalene, 2-idrossinaftalene, del 1+9-idrossifenantrene, 2-idrossifenantrene, 3-idrossifenantrene, 4-idrossifenantrene, 2-idrossifluorene e dell'1-idrossipirene, indicatore generico di esposizione ad IPA. Non emergono particolari differenze degli Idrocarburi Policiclici Aromatici dei residenti nel comune di Civitavecchia confrontate con quelle dei residenti negli altri comuni del comprensorio. Come atteso, i valori più alti di IPA si osservano tra i fumatori senza differenze per zona (tabella 14)

	CIVITAVECCHIA	ALTRI COMUNI	POPOLAZIONE ABC totale	NHANES§
	658	283	941	
<b>1-idrossipirene</b>	68.3 64-72.8	69.9 63.4-76.9	68.7 65.1-72.5	122 114-131
<b>1-idrossinaftalene</b>	709.3 639.4-787	708.5 619-810.9	709.1 652.6-770.5	2140 1930-2360
<b>2-idrossinaftalene</b>	3802.9 3542.3-4082.5	3452.2 3128.7-3809.1	3693.8 3486.5-3913.4	4840 4480-5220
<b>1+9-idrossifenantrene</b>	207.5 639.4-787	221.3 619-810.9	211.5 652.6-770.5	148# 138-159
<b>2-idrossifenantrene</b>	57.2 54.5-60.2	57.8 53.6-62.5	57.4 55.1-59.9	73.3 69.2-77.7
<b>3-idrossifenantrene</b>	63.1 59.6-66.8	66.5 60.8-72.7	64.1 61.1-67.3	71.0 66.9-75.4
<b>4-idrossifenantrene</b>	21.2 19.6-22.9	24.5 21.7-27.7	22.1 20.7-23.6	23.8 22.6-25.0
<b>2-idrossifluorene</b>	164.9 151.1-179.9	157.8 140.2-177.5	162.7 151.6-174.6	286 266-309

**Tabella 13** – Medie geometriche delle concentrazioni dei metaboliti di IPA (corrette per creatinina urinaria) nel campione ABC e confronti con altri studi - ng/g creatinina.

§ dati dello studio NANHES relativi al biennio 2011-2012 e alla popolazione adulta (> 20 anni) statunitense (disponibile come report del Febbraio 2015 sul sito web: [www.cdc.gov/exposurereport/](http://www.cdc.gov/exposurereport/)).

# i dati NANHES sono riferiti al solo 1 idrossifenantrene.

	FUMATORI			NON FUMATORI			EX FUMATORI		
	CIVITAVECCHIA	ALTRI COMUNI	POPOLAZIONE ABC totale	CIVITAVECCHIA	ALTRI COMUNI	POPOLAZIONE ABC totale	CIVITAVECCHIA	ALTRI COMUNI	POPOLAZIONE ABC totale
	169	59	228	246	119	365	243	105	348
<b>1-idrossipirene</b>	132.7 118.1-149.1	129.4 109.2-153.5	131.9 119.8-145.2	53.4 48.1-59.2	59.9 51.8-69.3	55.4 51-60.3	55.1 50.7-59.9	58.8 50.6-68.3	56.2 52.2-60.5
<b>1-idrossinaftalene</b>	3424.2 2926.1-4007	3000.8 2409.7-3736.9	3309.2 2908.7-3764.8	415.0 367.7-468.4	483.5 413.4-565.5	436.2 396.3-480.2	408.3 360.2-462.8	485.4 404.9-581.8	430.2 388.1-476.9
<b>2-idrossinaftalene</b>	8863.0 7922.3-9915.4	7526.2 6361.7-8903.7	8495.8 7736-9330.3	2910.7 2624.6-3227.9	2960.9 2552.8-3434.2	2927.0 2689.9-3184.9	2767.5 2510.9-3050.4	2651.2 2316.6-3034.3	2731.9 2524.7-2956.1
<b>1+9-idrossifenantrene</b>	338.9 304.5-377.1	332.8 276.4-400.7	337.3 307.6-369.8	173.7 157.9-191.1	215.2 182.4-253.8	186.3 171.2-202.6	176.6 159.5-195.6	181.6 155-212.6	178.1 163.5-193.9
<b>2-idrossifenantrene</b>	69.4 62.8-76.6	68.8 59.9-78.9	69.2 63.8-75.1	53.6 49.3-58.3	54.8 47.9-62.5	54.0 50.3-57.9	53.5 49.6-57.7	55.9 49.5-63	54.2 50.8-57.8
<b>3-idrossifenantrene</b>	112.4 101.3-124.8	111.3 93.2-132.9	112.1 102.6-122.6	49.9 45.7-54.4	56.3 48.7-65.1	51.9 48.1-55.9	53.7 49.6-58.1	60.2 53.2-68.1	55.5 52-59.4
<b>4-idrossifenantrene</b>	31.5 27.3-36.3	28.0 21.8-36	30.6 27-34.5	17.5 15.4-19.9	23.9 19.3-29.4	19.4 17.3-21.6	19.5 17.2-22.1	23.4 19.4-28.3	20.6 18.6-22.9
<b>2-idrossifluorene</b>	684.9 602.2-778.8	638.3 529.7-769.2	672.5 604.7-747.8	94.9 85.8-104.9	108.4 94.8-123.8	99.1 91.4-107.4	107.1 98.2-116.8	110.1 96.5-125.6	108.0 100.5-116.1

**Tabella 14** – Medie geometriche delle concentrazioni dei metaboliti di IPA (corrette per creatinina urinaria) per abitudine al fumo nel campione ABC – ng/g creatinina.



## Conclusioni

Lo studio ABC ha evidenziato parametri relativi ai fattori di rischio, alle condizioni di salute, e alla concentrazione di biomarcatori compatibili con quanto evidenziato in altre indagini a livello nazionale ed internazionale. Non vi sono differenze importanti tra Civitavecchia e gli altri comuni con poche eccezioni. Sono state evidenziate infatti differenze tra il Comune di Civitavecchia rispetto agli altri comuni relativamente alla prevalenza di fumatori, alla prevalenza di lavoratori a rischio, e alla frequenza di patologia tiroidea, tutte condizioni più elevate a Civitavecchia rispetto agli altri comuni. Le concentrazioni urinarie di Arsenico e Mercurio sono risultate leggermente più elevate a Civitavecchia mentre piombemia e concentrazione urinaria di Tungsteno sono risultate debolmente più elevate negli altri comuni rispetto a Civitavecchia. Lo studio ABC ha posto le basi per ulteriori analisi dei dati e approfondimenti e un futuro follow-up longitudinale per valutare le condizioni di salute nel corso del tempo.

## Bibliografia

1. Bonassi S, Ceppi M, Puntoni R, Valerio F, Vercelli M, Belli S, Biocca M, Comba P, Ticchiarelli L, Mariotti F, et al. Mortality studies of dockyard workers (longshoremen) in Italy. *Am J Ind Med* 1985;7(3):219-27.
2. Rapiti E, Turi E, Forastiere F, Borgia P, Comba P, Perucci CA, Axelson O. A mortality cohort study of seamen in Italy. *Am J Ind Med* 1992;21(6):863-72.
3. Forastiere F, Pupp N, Magliola E, Valesini S, Tidei F, Perucci CA. Respiratory cancer mortality among workers employed in thermoelectric power plants. *Scand J Work Environ Health* 1989;15(6):383-6.
4. Forastiere F, Corbo GM, Michelozzi P, Pistelli R, Agabiti N, Brancato G, Ciappi G, Perucci CA. Effects of environment and passive smoking on the respiratory health of children. *Int J Epidemiol.* 1992;21(1):66-73.
5. Forastiere F, Corbo GM, Pistelli R, Michelozzi P, Agabiti N, Brancato G, Ciappi G, Perucci CA. Bronchial responsiveness in children living in areas with different air pollution levels. *ArchEnvironHealth* 1994;49(2):111-8.
6. Fano V, Michelozzi P, Ancona C, Capon A, Forastiere F, Perucci CA. Occupational and environmental exposures and lung cancer in an industrialised area in Italy. *OccupEnvironMed.* 2004 Sep;61(9):757-63.

7. Fano V, Forastiere F, Papini P, Tancioni V, Di Napoli A, Perucci CA. Mortalità e ricoveri ospedalieri nell'area industriale di Civitavecchia, anni 1997-2004. *Epidemiologia e Prevenzione* 2006; 30(4-5): 221-26.
8. Progetto cuore - Epidemiologia e prevenzione delle malattie cerebro e cardiovascolari - [www.cuore.iss.it/fattori/progetto.asp](http://www.cuore.iss.it/fattori/progetto.asp)
9. Belleudi V, Agabiti N, Kirchmayer U, Cascini S, Bauleo L, Berardini L, Pinnarelli L, Stafoggia M, Fusco D, Arcà M, Davoli M, Perucci CA; Definizione e validazione di un modello predittivo per l'identificazione di pazienti affetti da broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO) a partire dai sistemi informativi sanitari; *Epidemiologia e Prevenzione*, maggio-agosto 2012.
10. Centers for Disease Control and Prevention (CDC). National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). [www.cdc.gov/nchs/nhanes.htm](http://www.cdc.gov/nchs/nhanes.htm)
11. Paci and Tranfo *Ital. J. Occup. Environ. Hyg.*, 2012, 3(2) | 99 – 102
12. J Morton, E Tan, E Leese, J Cocker. Determination of 61 elements in urine samples collected from a non-occupationally exposed UK adult population. *Toxicology Letters* 2014;231:179-193.
13. Programma SPoTT - Sorveglianza sulla salute della Popolazione nei pressi del Termovalorizzatore di Torino- [www.dors.it/spott](http://www.dors.it/spott)
14. Minoia et al., Trace element values in tissues from inhabitants of the european community. A study of 46 elements in urine, blood and serum of Italian subjects. *Sci. Total Environ*, 95,89, 1990
15. Alimonti A, Bocca B, Mattei D, Pino A. Biomonitoraggio della popolazione italiana per l'esposizione ai metalli: valori di riferimento 1990-2009, 2010, iii, 58 p. Rapporti ISTISAN 10/22.
16. Schulz C, Wilhelm M, Heudorf U, Kolossa-Gehring M. Update of the reference and HBM values derived by the German Human Biomonitoring Commission. 2011. *Int. J. Hyg. Environ. Health*. 215:26-35)
17. Hays SM, Nordberg M, Yager JW, Aylward LL. 2008. Biomonitoring Equivalents (BE) dossier for cadmium (Cd) (CAS No. 7440-43-9). *Regul. Toxicol. Pharmacol.* 51:S49-S56)
18. Schgetten et al, *Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology* (2012) 20, 427-433
19. Ranzi et al. *Environment International* (2013) 88-97
20. Bevan et al. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* (2012)

**APPENDICE:** Matrice di correlazione tra metalli pesanti, IPA e metabolita del benzene (coefficiente di Pearson)

	be	mo	cd	sn	sb	w	ir	pt	hg	tl	v	cr	mn	co	ni	cu	zn	rh	pd	as	pb	spma	2-OH naftale ne	1-OH naftale ne	2-OH fluore ne	2-OH fenantrene trene	3-OH fenantrene atrene	1+9-OH fenantrene ene	4-OH fenantrene atrene	1-OH pirene				
be	1																																	
mo	-0.04	1																																
cd	-0.06	0.46	1																															
sn	-0.01	0.03	0.15	1																														
sb	0.01	0.16	0.15	0.01	1																													
w	-0.04	0.46	0.20	0.00	0.10	1																												
ir	0.11	0.33	0.23	-0.01	0.18	0.19	1																											
pt	-0.01	-0.05	-0.01	-0.01	0.00	-0.01	-0.04	1																										
hg	0.01	0.16	0.13	0.02	0.10	0.09	0.13	-0.01	1																									
tl	-0.03	0.14	0.07	-0.01	0.16	0.06	0.14	-0.01	0.07	1																								
v	0.01	0.19	0.12	0.06	0.13	0.19	0.25	-0.02	0.19	0.03	1																							
cr	-0.01	0.16	0.10	0.03	0.03	0.07	0.05	-0.02	0.03	0.03	0.20	1																						
mn	0.01	0.01	0.02	-0.01	0.73	0.00	0.03	0.00	-0.01	0.09	0.05	0.06	1																					
co	-0.08	0.19	0.14	0.03	0.15	0.09	0.10	-0.02	0.05	0.11	0.02	0.07	0.08	1																				
ni	0.01	0.26	0.16	-0.01	0.26	0.08	0.18	-0.01	0.11	0.12	0.19	0.29	0.21	0.56	1																			
cu	0.07	0.49	0.33	0.03	0.28	0.21	0.38	-0.04	0.27	0.16	0.33	0.16	0.24	0.24	0.42	1																		
zn	0.03	0.32	0.21	-0.01	0.17	0.17	0.33	-0.05	0.21	0.08	0.34	0.14	0.01	0.10	0.25	0.47	1																	
rh	0.02	0.11	0.09	0.00	0.15	0.02	0.10	-0.01	0.08	0.03	0.05	-0.03	-0.02	0.03	0.01	0.07	0.04	1																
pd	0.00	0.11	0.51	-0.02	0.09	0.03	0.18	0.04	0.09	0.04	0.16	0.06	0.00	0.13	0.13	0.21	0.15	0.06	1															
as	-0.05	0.02	0.02	0.03	0.06	0.00	-0.03	-0.01	0.09	-0.01	0.06	0.00	0.00	-0.01	0.02	0.05	0.02	0.04	0.00	1														
pb	0.00	-0.05	0.01	-0.05	0.00	-0.02	-0.01	0.00	0.08	0.11	0.12	0.17	0.00	-0.11	-0.04	0.06	0.16	0.02	-0.02	0.03	1													
spma	0.00	0.05	0.13	-0.02	0.02	0.06	0.07	0.01	0.03	0.04	0.01	0.12	-0.03	0.03	0.04	0.12	0.09	0.01	0.12	0.04	0.06	1												
2-OH naftalene	0.03	0.23	0.20	0.05	0.06	0.07	0.10	0.01	0.02	0.07	0.08	0.09	-0.02	0.26	0.24	0.21	0.12	0.03	0.16	0.06	-0.01	0.52	1											
1-OH naftalene	0.00	0.08	0.11	0.00	0.05	0.02	0.09	0.04	-0.01	0.03	0.07	0.12	-0.04	0.05	0.13	0.13	0.11	0.00	0.10	0.12	0.06	0.69	0.67	1										
2-OH fluorene	0.02	0.09	0.13	0.00	0.08	0.03	0.09	-0.02	0.02	0.04	0.10	0.14	-0.03	0.05	0.18	0.18	0.15	-0.02	0.14	0.15	0.08	0.72	0.66	0.82	1									
2-OH fenantrene	0.14	0.08	0.07	0.00	0.11	0.06	0.20	-0.03	0.07	0.07	0.16	0.10	-0.01	0.06	0.22	0.20	0.16	-0.02	0.10	0.09	0.09	0.34	0.41	0.48	0.64	1								
3-OH fenantrene	0.03	0.09	0.09	0.00	0.08	0.05	0.17	-0.03	0.07	0.14	0.20	0.12	-0.03	0.06	0.17	0.23	0.20	-0.01	0.11	0.14	0.15	0.45	0.47	0.53	0.74	0.84	1							
1+9-OH fenantrene	-0.02	0.00	0.03	0.00	0.06	-0.01	0.14	0.00	0.11	0.27	0.09	0.03	-0.02	0.05	0.12	0.13	0.15	0.00	0.08	0.02	0.28	0.37	0.38	0.44	0.49	0.54	0.66	1						
4-OH fenantrene	-0.05	0.01	0.00	-0.01	0.05	0.00	0.03	-0.01	0.08	0.30	0.06	0.01	-0.02	0.04	0.13	0.09	0.11	0.00	0.08	0.06	0.23	0.19	0.24	0.29	0.34	0.42	0.53	0.87	1					
1-OH pirene	0.04	0.06	0.07	0.02	0.05	0.01	0.11	-0.02	0.11	0.06	0.11	0.11	-0.03	0.07	0.18	0.21	0.12	-0.02	0.10	0.04	0.06	0.53	0.47	0.52	0.74	0.75	0.85	0.56	0.43	1				