



SAPIENZA
UNIVERSITÀ DI ROMA

FACOLTA' DI
FARMACIA E MEDICINA

TESI
XXXIV PHD
MALATTIE INFETTIVE, MICROBIOLOGIA
E SANITA' PUBBLICA

POPULATION RISK ASSESSMENT TO THE
ATMOSPHERIC PARTICULATE IN TERNI AREA BY
HIGHT SPATIAL RESOLUTION MAPPING OF THE
SOURCES CONTRIBUTIONS

PhD student

Eva Pietrantonio

Matricola: 659001

TUTOR

Prof.ssa

Silvia Canepari

Anno accademico 2020/2021

Sommario

INTRODUZIONE	3
1. IL PARTICOLATO ATMOSFERICO	3
1.1 ORIGINE E FORMAZIONE DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO.....	5
1.1.1 INFLUENZA DELLE CONDIZIONI CLIMATICHE	10
1.2 COMPOSIZIONE CHIMICA DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO.....	11
1.2.1 GLI ELEMENTI IN TRACCIA NEL PARTICOLATO ATMOSFERICO.....	14
1.3 CLASSIFICAZIONE DIMENSIONALE DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO	16
1.4 EFFETTI SULLA SALUTE UMANA	17
1.4.1 EFFETTI SULLA SALUTE DEI METALLI PESANTI.....	20
1.4.2 RELAZIONE TRA MORTALITA' E PARTICOLATO ATMOSFERICO	22
1.5 DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO	25
1.5.1 ATTRIBUZIONE DELLE SORGENTI.....	25
1.6 ANALISI COMPONENTI PRINCIPALI	29
1.7 ATTRIBUZIONE DI SORGENTE: LA PMF	30
SCOPO DELLO STUDIO	322
2.0 CARATTERISTICHE TERRITORIALI DELL'AREA	34
2.1 GEOGRAFIA DEL TERRITORIO	34
2.2 ORIGINE INDUSTRIALE DEL SITO DI TERNI.....	36
2.2.1 LA ACCIAI SPECIALI TERNI	37
2.2.2 IL POLO DI TRATTAMENTO DEI RIFIUTI.....	38
3.0 STUDIO SPERIMENTALE	400
3.1 LA CAMPAGNA DI CAMPIONAMENTO.....	40
3.2 METODOLOGIA DI CAMPIONAMENTO	44
3.3 CARATTERIZZAZIONE CHIMICA E FISICA DELLE POLVERI.....	48
3.3.1 REATTIVI E APPARECCHIATURE	49
3.3.2 TRATTAMENTO ED ANALISI DEI CAMPIONI	49
3.3.3 TRATTAMENTO DEL CAMPIONE: ESTRAZIONE.....	50
3.3.4 TRATTAMENTO DEL CAMPIONE: MINERALIZZAZIONE.....	51
3.3.5 ANALISI STRUMENTALE ICP-MS.....	522
3.4 RISCHIO INALATORIO PER LA POPOLAZIONE	54
3.4.1 VALUTAZIONE DEL RISCHIO INALATORIO PER LA SALUTE DELLA POPOLAZIONE	54
3.4.1.1 RISCHIO INALATORIO NON CANCEROGENO	54
3.4.1.2 RISCHIO INALATORIO CANCEROGENO.....	56
4.0 RISULTATI E DISCUSSIONE	57
4.1 ANALISI ELEMENTARE ICP-MS.....	57
4.1.1 ANALISI STATISTICA DEI DATI: LA PMF	67
4.2 RISK APPORTIONMENT.....	711

4.3	MAPPE SPAZIALI DI RISCHIO	733
4.4	RISCHIO INALATORIO DOVUTO AI METALLI PRESENTI NEL PM.....	755
4.4.1	RISCHIO CANCEROGENO E NON CANCEROGENO IN ADULTI E BAMBINI	76
4.4.1.1	RISCHIO INALATORIO DI ESPOSIZIONE DA METALLI PRESENTI NEL PM 10	
	CANCEROGENO NEGLI ADULTI (Cr, Ni, Pb, As) E NON CANCEROGENO NEGLI	
	ADULTI E BAMBINI Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn, Cd, Co, Sb SUI VALORI MEDI ANNUALI	77
4.5	PROFILI DI SORGENTE	83
4.5.1	CONTRIBUTO AL RISCHIO SPECIFICO DI OGNI SORGENTE SU OGNI SITO	
	DI CAMPIONAMENTO	85
	CONCLUSIONI	89
	RINGRAZIAMENTI.....	
	BIBLIOGRAFIA.....	911
	SITOGRAFIA.....	1044
	APPENDICE A Valori annuali medi sulle 23 stazioni di campionamento - frazioni residuale ed insolubile concentrazioni (ng/m ³) ottenuti tramite ICP-MS.....	1055
	APPENDICE B Valori mensili sulle 23 stazioni di campionamento metalli: concentrazioni (ng/m ³) degli elementi, ottenuti tramite ICP-MS.....	114
	APPENDICE C Calcolo del rischio totale cancerogeno e non per adulti e bambini per mese....	1244
	APPENDICE D Rischio cancerogeno variabilità mensile (dettaglio dei singoli metalli).....	130
	APPENDICE E Rischio non cancerogeno variabilità mensile (dettaglio dei singoli metalli).....	136
	APPENDICE F% Calcolo del rischio non cancerogeno per singolo metallo negli adulti (valori medi annuali)	148
	APPENDICE G % Calcolo del rischio non cancerogeno nei bambini (valori medi annuali)	148
	APPENDICE H % Calcolo del rischio non cancerogeno negli adulti (valori medi annuali).....	149

INTRODUZIONE

1. IL PARTICOLATO ATMOSFERICO

Il particolato (particulate matter, PM) è uno degli inquinanti atmosferici di maggiore rilievo e dei principali fattori di rischio per la salute umana a causa degli effetti sulla salute dell'uomo, sugli altri organismi viventi (Kinney, 2008; Brauer et al., 2012; Kim et al., 2013, Lubczyńska et al., 2017 Kim et al., 2015; Raaschou-Nielsen et al., 2016 e sull'intero ambiente. Il particolato atmosferico, una volta disperso nell'ambiente, può permanere in sospensione per lunghi periodi di tempo e disperdersi nell'atmosfera anche su lunghe distanze. Esso costituisce un indicatore significativo dell'inquinamento atmosferico e il suo apporto è sia di origine naturale che antropica.

Gli effetti diretti e indiretti sulla salute umana e sull'ambiente dovuti al particolato atmosferico hanno condotto a numerosi studi che considerano la complessa composizione e le correlazioni tossicologiche. È ormai noto che gli effetti del particolato atmosferico sulla salute sono fortemente influenzati dalla composizione chimica e dalla struttura, che a loro volta dipendono fortemente dalle tipologie e contributo delle singole sorgenti emmissive. La capacità del PM di agire come potenziale rischio per la salute dipende dalle dimensioni, dalla concentrazione e dalla composizione chimica delle particelle sospese nell'aria (Pope et al., 2002; Hwang e Hopke, 2007; Kelly e Fussel, 2012), comprese le tracce di elementi potenzialmente tossici (PTTE). Gli elementi in tracce contribuiscono per meno dell'1% alla concentrazione di massa di PM, ma possono essere considerevolmente pericolosi per la salute umana, portando a malattie polmonari e cardiopolmonari (Lee et al., 2005, Shaheen et al., 2005; Pope and Dockery 2006; Chen et al. 2015). I potenziali effetti sulla salute degli elementi in tracce indicano la necessità di condurre un'analisi quantitativa dei rischi per la salute dovuti all'esposizione a componenti elementari del PM cancerogeni e non cancerogeni. La composizione elementare del PM è stata valutata in diversi studi in tutto il mondo (Karar et al., 2006; Senlin et al., 2007; Limbeck et al., 2009; Zhao et al., 2015; Perrino et al., 2020; Massimi et al. al., 2021a), ma pochi lavori (Izhar et al., 2016, Khanna, 2015; Shahab et al., 2020; Alves et al., 2021; Naraki et al., 2021) trattano la valutazione del rischio per la salute umana delle sostanze in tracce presenti nel PM. Numerosi studi hanno dimostrato che concentrazioni in traccia di metalli di transizione presenti nel particolato atmosferico sono in grado di indurre nell'organismo le reazioni tipiche dello stress ossidativo tramite formazione delle ROS (Reactive Oxygen Species). Alcuni elementi, come Ferro e Rame ed altri metalli di transizione, possono avere effetti dannosi sulla salute umana.

Per poter ridurre in modo efficace gli effetti dannosi sulla salute è importante quindi condurre studi approfonditi sulla presenza del particolato atmosferico nelle aree di interesse e determinare quali sono le sorgenti di particolato che contribuiscono all'esposizione umana

e in quale misura. Per questo scopo, data l'estrema complessità della matrice in esame, risulta particolarmente utile l'utilizzo di tecniche di attribuzione di sorgente (*Source Apportionment*), che consentono di ricavare informazioni sulle diverse sorgenti di inquinamento presenti in un'area e di valutare il loro contributo emissivo. In generale, seppur ciascun elemento non può essere considerato un tracciante selettivo di una particolare sorgente; tuttavia, ciascuna possibile sorgente del PM possiede un profilo elementare piuttosto caratteristico. Inoltre, l'analisi delle concentrazioni elementari nel PM richiede costi e tempi ragionevoli tanto da essere molto utilizzate per tracciare le sorgenti emmissive.

Uno degli strumenti di grande efficacia per valutare l'inquinamento atmosferico è il frazionamento e la caratterizzazione del PM che ha un ruolo importante per l'identificazione delle sorgenti emmissive del particolato. La valutazione della distribuzione spaziale dei componenti del particolato atmosferico può essere utile per l'identificazione delle sorgenti emmissive e dell'esposizione al rischio della popolazione. In genere, campionamenti di aria attraverso sistemi di campionamento tradizionali richiedono elevati costi per cui gli studi epidemiologici sulla valutazione della qualità dell'aria si basano su dati ottenuti su un numero ridotto di punti (Hoek et al., 2002; Minguillón et al., 2012; Mangia et al., 2013). Per valutare l'esposizione della popolazione e la dispersione degli inquinanti vengono utilizzati spesso modelli matematici (Irwin, 2014; Vitali et al., 2016; Kim et al., 2017), che per quanto elaborati non riescono a descrivere nel dettaglio la complessità del trasporto del particolato atmosferico e i processi di trasformazione.

Per l'individuazione delle diverse sorgenti di emissione, il frazionamento chimico risulta essere un ottimo strumento. Questo processo permette di discriminare, attraverso procedure analitiche, la componente estratta dalla componente residua di ogni elemento. Le diverse sorgenti di emissione, infatti, oltre a produrre particelle caratterizzate da una composizione chimica e distribuzione dimensionale diverse, producono anche particelle che presentano una diversa solubilità. Quest'ulteriore caratterizzazione del PM permette di definire la forma chimica, parametro che a sua volta è in grado di influenzare la distribuzione biogeochimica dell'elemento e la sua tossicità (Canepari et al., 2006).

L'esposizione al PTTE (particelle elementari tossiche) può essere considerata più dannosa per i bambini che per gli adulti, a causa del loro rapporto volume polmone-corpo più elevato e della minore tolleranza alle tossine (Kurt-Karakus 2012; Caggiano et al., 2019). Gli elementi in tracce hanno molteplici fonti di origine naturali e antropogeniche e ciascuna fonte di emissione rilascia particelle con diverse concentrazioni di PTTE (Ahmad et al., 2019; Ali et al., 2019; Vlasov et al., 2021). Le aree urbane sono generalmente interessate da inquinamento multi-sorgente: il traffico veicolare, il riscaldamento domestico da biomassa e le emissioni industriali sono le principali fonti antropogeniche di oligoelementi negli ambienti urbani (Rajšić et al., 2008; Moreno et al., 2013; Karagulian et al., 2015; Massimi et al., 2021b).

Pertanto, la valutazione georeferenziata del rischio cancerogeno e non cancerogeno associato all'esposizione agli oligoelementi è essenziale per identificare le sorgenti di emissione critiche dei PTTE e le aree di sorgenti critiche. Tuttavia, sebbene siano stati condotti alcuni studi per valutare spazialmente il rischio per la salute dei PTTE nella polvere stradale (Men et al., 2020; Shahab et al., 2020; Naraki et al., 2021), non sono noti studi sulla valutazione del rischio dei PTTE nel PM inalabile (PM10) ad elevata risoluzione spaziale in contesti urbani.

1.1 ORIGINE E FORMAZIONE DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO

Il particolato atmosferico (PM) è l'insieme eterogeneo di particelle solide e liquide disperse e sospese nell'atmosfera, aventi composizione e diametro variabile tra 0.01 e 100 µm che variano nelle dimensioni, struttura, proprietà fisiche, composizione chimica, solubilità, e origine disperse nell'atmosfera a seconda delle condizioni meteorologiche e delle sorgenti di emissione (WHO, 2006). L'origine del particolato atmosferico può essere sia dovuta ad emissioni dirette in atmosfera che da trasformazioni da precursori gassosi (come ad esempio diossido di zolfo, di azoto, ammoniaca, composti organici rilasciati da fonti naturali ed antropogeniche (Atkinson et al., 2010)). Il particolato è un insieme complesso di particelle minerali e organiche con composizione e morfologia eterogenea che variano significativamente sia nel tempo che nello spazio e derivano da sorgenti di diversa origine. Le sorgenti del PM rientrano in due principali categorie: le sorgenti naturali e quelle antropiche.

- *Naturale*, come ad esempio, si considerano il materiale derivante dall'erosione di roccia o suolo che viene sollevato e risospeso dal vento, il materiale organico, le ceneri derivanti da incendi boschivi o da eruzioni vulcaniche, i pollini piante, spore, sabbia, spray marino e i residui vegetali o animali.
- *Antropica*, ad esempio quelle determinate principalmente dall'uso di combustibili fossili (produzione di energia, riscaldamento domestico), da lavorazioni meccaniche, delle industrie, lavorazioni agricole, inceneritori, centrali elettriche, fumo, dalle emissioni degli autoveicoli, dall'usura degli pneumatici, dei freni e del manto stradale, dai vari processi industriali (raffinerie, processi chimici, operazioni minerarie, cementifici) e dallo smaltimento di rifiuti (inceneritori) (Finlayson-Pitts et al., 1999). Le fonti antropogeniche sono molteplici quali combustibili solidi (carbone, lignite, frazioni idrocarburiche pesanti, biomassa) combustione, attività industriali ed agricole, erosioni dei suoli a causa del traffico, abrasione (Srimumganandam and Nagendra, 2012).

Una prima classificazione del particolato atmosferico può essere effettuata in base ai processi che lo hanno generato. In particolare, il PM può essere suddiviso in un contributo denominato "*primario*" ed un contributo denominato "*secondario*". Il particolato *primario* è costituito da particelle sia fini che grossolane, originatesi direttamente da processi meccanici

di erosione, combustione, evaporazione dello spray marino ed emesso in atmosfera direttamente nella sua forma definitiva da sorgenti naturali o antropiche. Il particolato *secondario* è invece costituito principalmente da particelle fini, dal diametro inferiore a 1-2 μm , viene formato da processi come la conversione dei gas in particelle solide o reazioni chimiche tra inquinanti primari allo stato gassoso presenti in atmosfera (Frasca, 2012) (Brasseur et al., 1999) e di condensazione di sostanze a bassa tensione di vapore o a seguito di reazioni chimico-fisiche in atmosfera.

Tipo di Particolato	Sorgenti antropiche		Sorgenti naturali	
	Primario	Secondario	Primario	Secondario
Fine	Uso di combustibili fossili	Ossidazione di SO_2	Spray marino	Ossidazione di SO_2 e H_2S emessi da incendi e vulcani
	Emissioni di autoveicoli	Ossidazione di NO_x	Erosione di rocce	Ossidazione di NO_x prodotto da suolo e luce
	Polveri volatili	Emissione di NH_3 da agricoltura e allevamento	Incendi boschivi	Emissione di NH_3 da animali selvatici
	Usura di pneumatici e freni	Ossidazione di idrocarburi emessi dagli autoveicoli		Ossidazione di idrocarburi emessi dalla vegetazione (terpeni)
Grosso lano	Polveri volatili da agricoltura	-----	Erosione rocce	-----
	Spargimenti di sale		Spray marino	
	Usura asfalto		Frammenti di piante e insetti	

Tab. 1: Le sorgenti del particolato atmosferico (IARC, 2002)

Nella tabella 2, si possono notare le principali sorgenti primarie e secondarie del particolato fine nonché la complessità dei fenomeni che caratterizzano e portano alla presenza di questo tipo d'inquinante in atmosfera.

COMPOSIZIONE DEL PM	Sorgenti e fenomeni che caratterizzano la formazione del PM			
	Polveri crosta terrestre			
Nitrati		HNO_3	OH , O_3 , NO_3	COV , NO_x
		NH_3	NO_x	
Solfati		SO_2		
		Ossidanti	OH , O_2 *(OH , O_3) O_2 , Mn, Fe	COV , NO_x
Primarie Mobili				
Combustioni di biomassa				
Carbonio Organico		Primarie		
		Secondarie	OH , O_2 , NO_2 COV	COV , NO_x Antropiche Biogeniche

Tab.2 Sorgenti e fenomeni che caratterizzano la formazione del PM

I processi di formazione, la permanenza e la reattività nell'atmosfera, il trasporto, i processi di rimozione e sospensione del materiale particolato sono strettamente correlati tra di loro e fortemente dipendenti dalle possibili sorgenti emissive.

I più importanti processi fisici ai quali è soggetto il particolato in atmosfera sono la *diffusione*, che provoca uno spostamento dei materiali seguendo il gradiente di concentrazione, la *sedimentazione*, che è dovuta alla forza di gravità, e l'eventuale *risospensione* delle particelle depositate al suolo dovuta alla presenza di venti e ad una prolungata assenza di precipitazioni.

I processi chimici più importanti sono, invece, la nucleazione e la coagulazione: la nucleazione è quel fenomeno mediante il quale vapori sovrassaturi condensano per formare particelle allo stato liquido, mentre la coagulazione porta alla formazione di aggregati particellari di dimensioni maggiori in seguito a collisione o ad interazioni di natura elettrostatica (Fig. 1). Il processo principale di genesi delle particelle fini dell'aerosol atmosferico è la nucleazione.

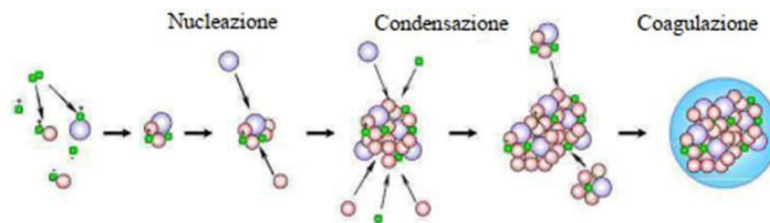


Fig. 1 Processi chimici che interessano le particelle in atmosfera

In generale, i processi di condensazione e coagulazione possono definire due classi di particelle indipendenti tra di loro, sia per quanto riguarda i processi di formazione, sia per quanto riguarda la successiva evoluzione, in quanto particelle di diametro minore di 1-2 μm , non portano a formazione di particelle di dimensioni maggiori. Analogamente, particelle generate in atmosfera con diametro aerodinamico maggiore di 1- 2 μm , non tendono a frammentarsi in particelle di dimensioni minori.

Le particelle *coarse* sono rimosse dall'atmosfera mediante sedimentazione e precipitazione (il tempo di residenza per particelle con $AD > 20 \mu\text{m}$ è di diverse ore, mentre per particelle di 2-3 μm è di 2-4 giorni). Le particelle nel range da 0,1 a 1-2 μm hanno un più lungo tempo di vita nell'atmosfera, che va da giorni a diverse settimane; le particelle primarie provenienti da combustione e le particelle di origine secondaria, si trovano di solito in questo intervallo di dimensioni. Conseguentemente, queste particelle hanno un lungo tempo di residenza e vengono trasportate a lunga distanza (centinaia o anche migliaia di chilometri).

Anche se la distribuzione dimensionale delle particelle è determinata dai processi di nucleazione e accumulazione, essa è fortemente influenzata dalle condizioni atmosferiche, come turbolenze dei venti, precipitazioni e variazione dell'intensità delle radiazioni solari

legata alla nuvolosità, e dalle reazioni chimico-fisiche che avvengono sulla superficie della particella. L'insieme di tali fattori, agendo sulla natura e sulle dimensioni delle particelle, ne determinano il tempo di permanenza in aria e sono responsabili della concentrazione di particolato in una determinata zona. Aumentando il tempo di permanenza in aria, aumenta la distanza che il materiale particellare può percorrere. Ciò provoca una distribuzione abbastanza uniforme delle particelle fini in regioni anche vaste, a differenza del particolato più grosso che si deposita in zone prossime a quella di emissione o formazione avendo normalmente un tempo di permanenza in atmosfera molto più breve.

Tuttavia, anche il particolato della frazione grossolana, in condizioni meteorologiche favorevoli, può percorrere lunghe distanze. È ben noto, infatti, che enormi quantità di sabbia sahariana possono essere trasportate dalle masse d'aria provenienti dall'Africa fino in Europa (Karanasiou, et al. 2012).

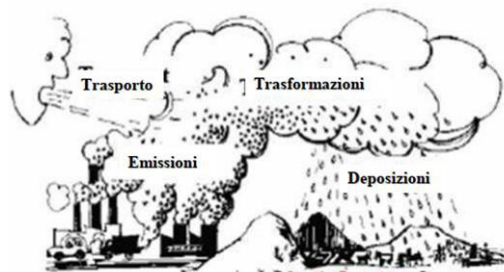


Fig. 2 Schema sintetico dei diversi processi che coinvolgono il PM

Le deposizioni atmosferiche rappresentano l'insieme dei meccanismi di rimozione degli inquinanti; tali meccanismi possono avvenire per via umida o secca:

- Le deposizioni umide sono date dall'insieme dei processi di trasporto del materiale particellare in una delle varie forme di precipitazione come pioggia, neve e nebbia. Possono avvenire mediante due distinti fenomeni, denominati rain-out e wash-out. Nel primo le particelle vengono inglobate dalle nuvole andando a costituire i nuclei di condensazione per la formazione delle gocce di pioggia, mentre nel secondo le particelle vengono investite dalle precipitazioni e trasportate per azione meccanica fino alla superficie terrestre (Hlavay et al., 2001). Il dilavamento atmosferico (wash-out) si mostra più efficace per le particelle grosse che vengono intercettate più facilmente di quelle fini (da 0.1 a 1-2 μm); queste ultime tendono a seguire i movimenti dell'aria e quindi vengono rimosse prevalentemente attraverso il processo di nucleazione e accrescimento all'interno delle nubi (rain-out). Infatti, il wash-out può considerarsi largamente prevalente su scale spaziali ridotte, quali quelle locali dell'area d'incidenza della sorgente, mentre il rain-out è attivo soprattutto nella deposizione a grandi distanze. In assenza di precipitazioni, la rimozione avviene attraverso:
- Le deposizioni secche, (Jennings, 1999; Zufall et al. 1999) veicolano il materiale particellare

sulla superficie di deposizione tramite l'azione combinata di complessi meccanismi quali diffusione turbolenta, diffusione browniana, sedimentazione gravitazionale ed impatto inerziale.

Le *particelle secondarie* si formano in atmosfera attraverso reazioni di tipo gas-particella e di ossidazione a carico delle principali specie gassose, come H_2S , SO_2 , NO_x e NH_3 ed alcuni idrocarburi volatili, che vengono emessi in atmosfera sia da fonti naturali che antropiche. Tipico esempio di formazione di particelle secondarie è la formazione di solfato d'ammonio in condizione di elevata umidità: l'anidride solforosa si solubilizza nelle goccioline d'acqua presenti in atmosfera trasformandosi in acido solforico, che reagendo con l'ammoniaca genera il solfato d'ammonio. Il sale formato si libera come particella a seguito dell'allontanamento dell'acqua per evaporazione (Fig. 3).



Fig. 3 Schema di formazione di particelle secondarie a partire da precursori gassosi ed acqua

L'esposizione al particolato atmosferico è fortemente influenzata dalle condizioni locali come il tempo, le stagioni, la topografia, le sorgenti di particelle le concentrazioni emesse e le condizioni microambientali (Casati et al., 2007).

1.1.1 INFLUENZA DELLE CONDIZIONI CLIMATICHE

L'aria è una miscela eterogenea formata da gas e particelle di varie dimensioni che derivano sia da fonti naturali che antropiche; questo rende difficile stabilire quali siano le proprietà di un ambiente incontaminato di riferimento, perciò l'aria viene considerata inquinata quando la sua composizione eccede limiti stabiliti per legge, allo scopo di evitare effetti nocivi per gli organismi animali e vegetali, per i materiali e per gli ecosistemi in generale. I livelli di inquinamento atmosferico dipendono fortemente dalle condizioni climatiche, infatti la relazione tra l'intensità di emissione della sorgente inquinante e l'inquinamento risultante non è affatto immediata. Inoltre, i fenomeni di inquinamento sono il risultato di una complessa competizione tra fattori che portano ad un accumulo degli inquinanti ed altri che invece determinano la loro rimozione e diluizione in atmosfera (Della Torre et al. 2001). La distribuzione dimensionale delle particelle è influenzata principalmente dai venti, precipitazioni e la variazione dell'intensità delle radiazioni solari legata alla nuvolosità, o dalle reazioni chimico-fisiche che avvengono sulla superficie della particella. Aumentando il tempo di permanenza in aria, aumentano le distanze che il materiale

particellare può percorrere, il che provoca una distribuzione abbastanza uniforme delle particelle fini in regioni anche vaste, a differenza della frazione del particolato con diametro aerodinamico maggiore che si deposita in zone prossime a quella di emissione o formazione (Hlavay et al. 2001).

Gli inquinanti vengono emessi, trasportati e diffusi all'interno della zona più bassa della troposfera, in prossimità del suolo; questa porzione di atmosfera viene definita Planetary Boundary Layer (PBL). Il PBL risente direttamente dell'influenza della superficie terrestre ed è caratterizzato da condizioni chimico-fisiche ben distinte dal resto della troposfera. Lo spessore di tale strato è variabile nello spazio e nel tempo e va da alcune centinaia di metri a qualche chilometro. La variazione dello spessore del PBL e della temperatura dell'aria ha un evidente ciclo diurno nella sua evoluzione, e questo suggerisce che il PBL trasforma l'energia solare disponibile in movimento delle masse d'aria (Moreno et al. 2003).

Durante la notte e nel corso della stagione fredda, il Planetary Boundary Layer tende ad assottigliarsi, mentre durante il giorno e la stagione calda tende ad ispessirsi; la causa di questo comportamento risiede nella velocità del vento e nello spessore dell'aria in funzione della temperatura:

- Venti di forte intensità consentono un maggior rimescolamento convettivo che causa a sua volta l'espansione del PBL;
- Di notte e soprattutto durante l'inverno, l'aria è più fredda e quindi più densa, di conseguenza il PBL tende ad avere uno spessore minore (Zannetti et al. 1990). Infatti, il PBL può scaldarsi in maniera significativa durante il giorno e raffreddarsi di notte, mentre il resto dell'atmosfera permane ad una temperatura abbastanza uniforme. Tra i fattori in grado di influenzare lo spessore del *Planetary Boundary Layer* ritroviamo le cosiddette *inversioni termiche* (Direttiva 2006/12/CE), un particolare fenomeno atmosferico e meteorologico. In condizioni normali, nella troposfera è presente un gradiente termico lineare per cui all'aumentare della quota altimetrica la temperatura dell'aria diminuisce; al contatto con il suolo l'aria si riscalda, tende a risalire e, sottoposta a minore pressione, si espande raffreddandosi nuovamente. Durante un'inversione termica accade il fenomeno opposto: durante l'inverno, i raggi solari spesso non riescono a riscaldare il suolo sia per l'aumentata inclinazione dei raggi stessi, sia per la ridotta durata del giorno, ma anche per l'eventuale presenza di neve che riflette fortemente la luce solare diretta; di conseguenza l'aria a contatto con il terreno al calar del sole si raffredda molto rapidamente, raggiungendo temperature inferiori rispetto a quella degli strati atmosferici sovrastanti. Questa condizione impedisce il rimescolamento verticale delle masse d'aria, creando così condizioni di stabilità climatica che favoriscono l'accumulo e il ristagno degli inquinanti (Fig. 4). I più gravi fenomeni di inquinamento si verificano proprio in condizioni di inversione termica: in questi casi, infatti, gli inquinanti emessi al di sotto della quota di inversione non riescono ad

innalzarsi poiché risalendo si trovano ad essere comunque più freddi e quindi più pesanti dell'aria circostante.

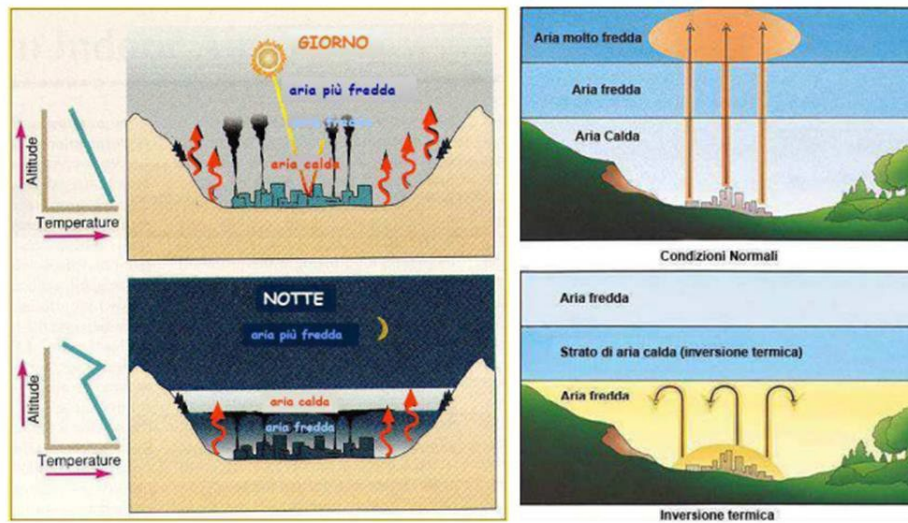


Fig. 4 Condizioni normali e di inversione termica

In ambiente urbano, gli inquinanti vengono rilasciati a livello del suolo, a causa delle emissioni da parte di veicoli e autobus, ma anche a livelli più elevati, con le emissioni da riscaldamento domestico.

Gli episodi acuti di inquinamento urbano si manifestano prevalentemente l'inverno, per la presenza delle inversioni termiche notturne; questa situazione risulta estremamente critica nelle aree urbane dove si ha in concomitanza anche "l'isola di calore", cioè una cappa che trattiene tutti gli inquinanti emessi all'interno dell'area urbana.

La caratterizzazione chimica del particolato atmosferico ha un ruolo chiave nella valutazione degli effetti sulla salute umana, sugli ecosistemi e sui materiali (Harrison et al., 1999).

1.1 COMPOSIZIONE CHIMICA DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO

La composizione chimica del particolato dipende dall'area di provenienza e dalla tipologia della sorgente di emissione (Kiss et al., 2001). Il particolato atmosferico, in generale, contiene; solfati, nitrati, ioni ammonio, carbonio elementare e organico composti organici (es. Idrocarburi policiclici aromatici), composti biologici (es endotossine e frammenti cellulari); metalli (es. ferro, rame, nickel, zinco, vanadio ecc.) (WHO, 2013) specie cristalline, tracce di metalli e acqua. Di queste specie, il solfato, l'ammonio, il carbonio organico e alcuni metalli di transizione predominano nelle particelle fini, che sono legate principalmente a fonti secondarie. Tuttavia, nella frazione fine è possibile trovare anche composti di origine primaria, come il carbonio elementare, alcuni metalli e gli idrocarburi policiclici aromatici (Kiss et al., 2001).

Al contrario, i materiali cristallini (contenenti Silicio, Calcio, Magnesio, Alluminio, Ferro) e le particelle organiche biogeniche (costituite da polline, spore, frammenti di piante) fanno parte solitamente della frazione grossolana, derivante principalmente da fonti primarie.

In linea generale, le specie costituenti il PM, in particolare il PM₁₀, si suddividono in due grandi classi:

- *Microcomponenti*. Specie, spesso dotate di elevata tossicità, presenti a basse o bassissime concentrazioni (<1% della massa) come elementi in traccia, metalli, metalloidi e singole specie organiche. Hanno scarsa influenza sulla massa totale di PM, ma possono essere rilevanti per la salute e sono utilizzate per tracciare diverse sorgenti emissive, data la grande selettività dei microelementi come traccianti di sorgente.

- *Macrocomponenti*. Specie presenti in concentrazioni maggiori dell'1% di massa, in grado di descrivere la composizione generale del particolato: anioni (Cl⁻, NO₃⁻, SO₄⁼²⁻, CO₃⁼²⁻), cationi (Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺) e alcuni metalli (Al, Si, Fe).

L'analisi dei macrocomponenti può permettere una prima classificazione delle principali sorgenti emissive delle polveri. Ciascuna delle specie indicate può infatti essere immessa in atmosfera da alcune sorgenti caratteristiche: l'aerosol marino è responsabile dell'immissione di ioni come Cl⁻, Na⁺, Mg²⁺, mentre il contributo naturale dovuto all'abrasione e al risollevarsi di suolo contiene elevate concentrazioni di Al, Si, Mg, K e carbonati e il contributo secondario è costituito prevalentemente da solfati, nitrati e cloruri di ammonio.

- *La componente organica* del PM è costituita da una miscela complessa di centinaia di composti, che si accumulano tendenzialmente nella frazione sub-micrometrica; data la complessità di questa frazione, la parte carboniosa viene computata nel suo complesso tra i macrocomponenti, suddividendo la frazione organica da quella elementare (Tab.3). Tra i composti organici identificati si possono ritrovare: alcani, acidi benzoici, benzaldeidi, fenoli, furani, acidi carbossilici, acidi aromatici policarbossilici, acidi alifatici, idrocarburi policiclici aromatici (IPA), chetoni policiclici aromatici, steroli e pesticidi.

All'interno del particolato carbonioso è possibile distinguere, in base alla polarità, una frazione apolare alifatica, una aromatica a media polarità e una fortemente polare (Avino et al., 2003). La frazione carboniosa degli aerosol può contenere sia carbonio elementare che organico:

- Il carbonio elementare (EC), chiamato anche black carbon o carbonio grafite, ha una struttura chimica simile alla grafite impura (anche conosciuta come fuliggine) ed è emesso in atmosfera direttamente, principalmente da processi di combustione, sia sottoforma di particelle singole che di agglomerati.
- Il carbonio organico particolato (OC) è una miscela di idrocarburi e di composti ossigenati. Mentre il EC è essenzialmente un inquinante primario, CO ha sia un'origine primaria sia secondaria. Il particolato organico primario (OC I) è formato durante la combustione ed emesso principalmente come particelle submicroniche. Il particolato

organico di origine secondaria (OC II) può aver origine dalla conversione gas-particella di composti organici volatili nell'atmosfera, sia come risultato della condensazione di composti volatili a bassa tensione di vapore sia dall'adsorbimento fisico o chimico di specie gassose sulla superficie di particelle (Lepore L. et al., 2003).

Frazione	EC: Carbonio Elementare
Organica del PM10	OC: Carbonio organico: OC I: carbonio organico primario, OC II: carbonio organico secondario
	CC: carbonati (5%)

Tab.3 *Frazione organica del PM₁₀*

1.2.1 GLI ELEMENTI IN TRACCIA NEL PARTICOLATO ATMOSFERICO

Il particolato atmosferico, a seconda della sua natura e origine, può contenere un gran numero di elementi con percentuale e composizione variabile.

Il particolato contiene comunemente ioni inorganici (e.g., solfati, nitrati, ammonio, sodio, potassio, calcio, magnesio, and cloruri), composti organici, carbonio elementare, materiale crostale, metalli (quali cadmio, rame, nickel, vanadio, and zinco), e idrocarburi policiclici aromatici (PAH) (Cheung et al., 2011), specie biologiche (e.g., allergeni e composti microbiologici) tutte specie potenzialmente pericolose per la salute dell'uomo, Il traffico veicolare è la principale fonte di PM sia per l'emissione diretta di precursori che per il risollevarlo del suolo (De Kok et al., 2006).

Le particelle inorganiche derivano dall'abrasione crostale dei suoli che sono spesso ricchi di minerali contenenti silicio (Si), alluminio (Al), potassio (K), sodio (Na) e calcio (Ca) (Lindbom et al., 2006), e particelle contenenti rame (Cu), antimonio (Sb), piombo (Pb), cadmio (Cd), and zinco (Zn) (Hjortenkranz et al., 2006).

A causa delle piccole dimensioni le particelle sottili restano sospese nell'aria per lunghi periodi di tempo (settimane o mesi) e possono essere trasportate per centinaia o migliaia di chilometri (Johansson et al., 2007).

Per effetto dei cambiamenti del vento e della stabilità atmosferica la concentrazione delle diverse frazioni di PM può variare ampiamente nella giornata o anche da ora ad ora (Johansson et al., 2007). Spesso accade che i livelli indoor di PM sono superiori a quelli outdoor.

Fonti diverse possono generare particolato atmosferico indoor come cucinare, animali domestici) calpestio di tappeti, aerosol prodotti nelle attività domestiche (e.g., equipaggiamenti da ufficio come stampanti e fotocopiatrici) materiali da costruzione delle case, dimensioni e conformazioni delle stanze, ampiezza e dimensioni delle finestre per la ventilazione naturale (Madureira et al. 2012). Balakrishnan et al. (2002) hanno rilevato che la concentrazione respirabile di PM nelle abitazioni aumenta significativamente durante le attività di cucina, fumi da cucina a legna, candele e incensi.

Particolarmente rilevanti, sono i metalli pesanti a causa della loro elevata tossicità e pericolosità nei confronti dell'uomo e dell'ambiente (Xinlei Liu, Wanyue Ouyang). Con il termine "metalli pesanti" si intendono tutti quei metalli caratterizzati da una densità maggiore a 5 g/cm^3 , con comportamento cationico (Casalicchio, 2000; Radaelli, 2001; Zerbi et al. 2004) e stato di ossidazione in funzione del pH. Per alcuni di essi, infatti, l'emissione in atmosfera è normata dal D. Lgs. 155/2010, nel cui XIII allegato vengono fissati, a livello nazionale, i valori obiettivo calcolati come medie annuali: Arsenico (As) 6 ng/m^3 , Cadmio (Cd) 5 ng/m^3 , Piombo (Pb) 0.5 ng/m^3 e Nichel (Ni) 20 ng/m^3 .

L'origine e la successiva immissione in atmosfera degli elementi è imputabile sia a fonti

naturali che antropiche. Alcuni di essi infatti sono legati alla naturale composizione geologica della crosta terrestre; si tratta di elementi come l'Argento (Ag), il Bario (Ba), il Cadmio (Cd), il Cromo (Cr), il Manganese (Mn), il Mercurio (Hg), il Nichel (Ni), il Piombo (Pb), il Rame (Cu), lo Stagno (Sn), lo Zinco (Zn), l'Arsenico (As), l'Antimonio (Sb), il Bismuto (Bi), il Selenio (Se) ed il Vanadio (V) che possono essere rilasciati in atmosfera attraverso l'erosione naturale delle rocce, all'interno di particelle prevalentemente appartenenti alla frazione *coarse*. Altre fonti naturali di elementi in traccia sono i vulcani (che emettono principalmente Cd, Hg, As, Cr, Cu, Ni, Pb e Sb), lo spray marino (che porta ad un arricchimento in Cd, Cu, Ni, Pb e Zn) e gli incendi boschivi (che possono originare metalli come Cu, Pb e Zn) (Pacyna, 1999).

L'emissione di metalli in atmosfera da parte di attività antropogeniche è molto più significativa ed è attribuibile principalmente a processi industriali, combustione di combustibili fossili e traffico veicolare: queste fonti sono responsabili di oltre il 50% delle emissioni totali di Cr, Mn e V e per il 20-30% dell'immissione annuale in atmosfera di elementi come Cu, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Hg, Sn e Zn (Moore, 1994).

Altre fonti di emissione antropogeniche sono costituite dall'attività di incenerimento dei rifiuti, che porta all'emissione di Cu, Zn, Cd, Sb, Pb, Cr, Mn, Ni, principalmente contenuti nella frazione *fine* del PM e dalle strade asfaltate responsabili dell'emissione di Al, Si, K, Ca, Ti e Fe, principalmente contenuti nella frazione grossolana (Abbas et al., 2001; Phongphiphat et al., 2011).

1.3 CLASSIFICAZIONE DIMENSIONALE DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO

Molti studi evidenziano che le dimensioni delle polveri aerodisperse costituiscono uno dei parametri più importanti nel determinare gli effetti sulla salute e sull'ambiente.

La classificazione dimensionale del PM costituisce quindi un valido aiuto. Il diametro è uno dei criteri per descrivere la capacità di essere trasportato nell'atmosfera e di essere inalato attraverso l'apparato respiratorio degli organismi viventi (Esworthy, 2013).

L'insieme delle polveri sospese può essere classificato in base al loro diametro aereodinamico medio, diametro di una particella perfettamente sferica di densità unitaria che ha le stesse caratteristiche inerziali delle particelle in esame. Pertanto, si parla di:

- Particolato *ultrafine*: particolato con diametro aereodinamico compreso tra 0.001 e 0.1 μm ; è generato dalla condensazione di vapori caldi emessi durante processi di combustione o più in generale da sostanze gassose che si aggregano attraverso una dinamica di nucleazione. Si tratta in sostanza di nanoparticelle che si muovono di moto Browniano e rapidamente si trasformano nelle particelle più grandi.
- Particolato *fine* (moda di accumulo): particolato con diametro aereodinamico compreso tra 0.1 e 1 μm ; si forma principalmente mediante condensazione di gas su particelle ultrafini preesistenti o per coagulazione di particelle ultrafini. Le particelle in questa moda hanno un tempo di residenza in atmosfera molto lungo (giorni-mesi).
- Particolato grossolano: particolato con diametro aereodinamico compreso tra 1 e 100 μm ; prodotto essenzialmente da processi meccanici (erosione, risospensione meccanica o eolica), tende a sedimentare molto velocemente a causa delle sue elevate dimensioni e quindi viene rimosso dall'atmosfera in tempi dell'ordine dei minuti-ore.

caratteristiche	Frazione particelle fini PM _{2,5}	Frazione coarse PM ₁₀	Riferimenti
Diametro	Minore di 2.5 μm	Minore di 10 μm	Atkinson et al. (2010)
Composti da	Solfati SO_4^{2-} ; nitrati NO_3^- ; ione ammonio NH_4^+ , ioni idrogeno, H^+ , carbonio elementare, composti organici; PAH; metalli, Pb, Cd, V, Ni, Cu, Zn; particelle legate all'acqua; e organici biogenetici.	Polveri sospese, polvere di terra, polvere stradale, carbone e ceneri di oli, ossidi metallici di Si, Al, Mg, Ti, Fe, Ca CO_3^{2-} , NaCl, Sali marini; polline, spore e parti di piante.	Cheung et al (2011)
Sorgenti	Combustione di carbone, gasolio; prodotti di trasformazione di NO_x , SO_2 sostanze organiche e organiche biogeniche, e.g. terpeni; processi con elevate temperature; fumi, acciaierie	Risospensioni terrigene di erosioni di suolo, strade e sospensioni da terreni, dispersione di polveri industriali, costruzioni, carbone e idrocarburi da combustione, spray oceanico	Srimuruganandam e Nagendra (2012)
Tempo di vita	Da giorni a settimane	Da minuti a ore	Cheung et al (2011)
Distanza di spostamento	100 to 1000 km	1 to 10 km	

Tab.4 Confronto delle proprietà del PM con le dimensioni delle particelle.

- Le particelle primarie di origine naturale sono solitamente inquadrabili nella frazione più grossolana del PM, con diametri aerodinamici $\geq 1\text{-}2\ \mu\text{m}$ (European Commission, 2004).

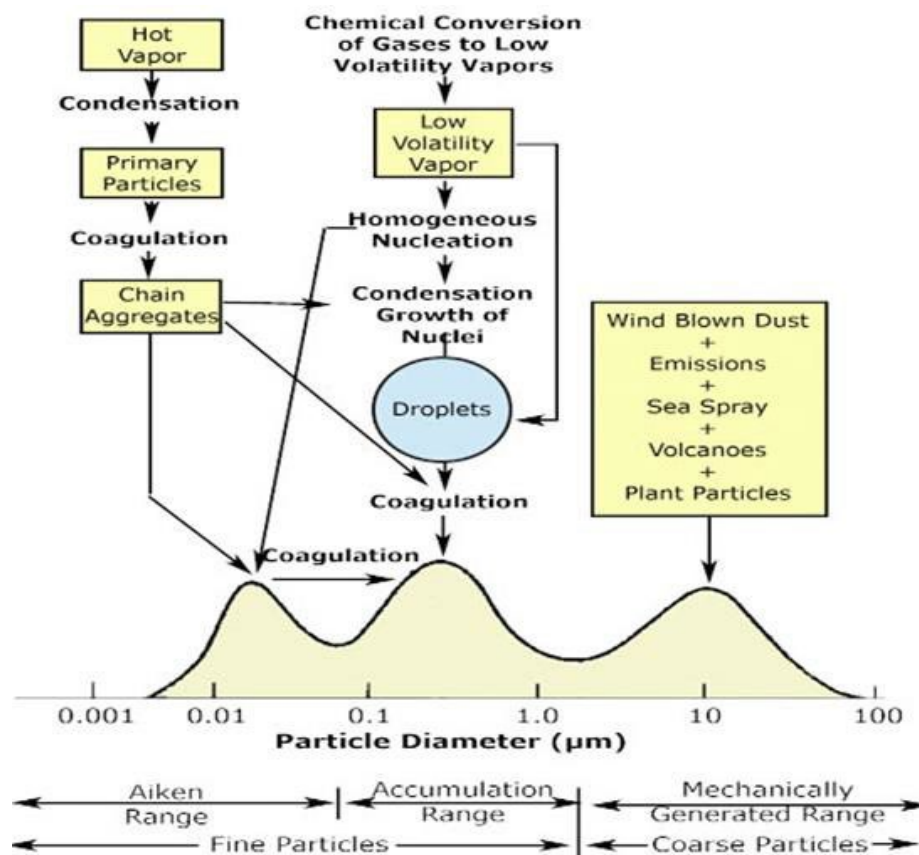


Fig. 5 Meccanismi di formazione del materiale particolato nell'atmosfera [<http://www.xearpro.com/aerosol/>]

1.4 EFFETTI SULLA SALUTE UMANA

Numerosi studi epidemiologici (Pope et al., 2002; Pope et al., 2006) hanno dimostrato una significativa correlazione tra l'esposizione al particolato e comparsa di effetti avversi per la salute umana sia da esposizioni indoor che outdoor anche con livelli relativamente contenuti. Il PM di origine antropica può generare gravi effetti sul polmone e apparato cardiorespiratorio dovuto alla capacità di produrre proinfiammazioni (Araujo, 2011).

L'esposizione a PM inalabile (con diametri $< 10\ \mu\text{m}$; PM₁₀) è associata ad un aumentato rischio di sviluppo di malattie cardiovascolari e respiratorie, tra cui cardiopatia ischemica, insufficienza cardiaca, ictus ischemico/trombotico, diabete, asma, ridotta funzionalità polmonare, cancro e mortalità per casi gravi (Pope and Dockery, 2006; Strak et al., 2012; Raaschou-Nielsen et al., 2016; Hamanaka e Mutlu, 2018; Schmitz et al., 2019).

Le esposizioni protratte nel tempo possono determinare un rischio significativo per la salute (Célia Alves et al 2021) e influire nella riduzione delle aspettative di vita della popolazione. Studi autorevoli evidenziano più di 2 milioni di morti l'anno causati dall'inquinamento

atmosferico, di cui una parte significativa dovuta al particolato atmosferico (Chuang et al., 2011; Shah et al., 2013), capace di determinare alterazioni della funzionalità degli organi, danni ai polmoni e al sistema respiratorio (Shah et al., 2013). Numerose ricerche epidemiologiche e studi mirati hanno dimostrato la relazione esistente tra l'esposizione al PM e la comparsa di effetti avversi sulla salute umana anche di tipo cancerogeno e nel 2013 lo IARC (Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro) ha classificato chiaramente il particolato atmosferico come cancerogeno accertato per l'uomo (cancerogeno di classe 1) (IARC, 2013). Gli effetti dell'esposizione al particolato atmosferico dipendono dalle caratteristiche chimico fisiche (e.s., respirazione, flussi e volumi di aria respirata), e dalle dimensioni delle particelle e sono strettamente correlate alle cause principali dei problemi sulla salute (Brown et al., 2013). Le particelle aerodisperse vengono infatti trasportate nel tratto respiratorio con il quale interagiscono attraverso modalità che variano significativamente a seconda del loro diametro (Cecinato et al., 1999). Le particelle più piccole penetrano in profondità e si depositano sul tratto respiratorio a velocità maggiori. Nel tratto nasale le ciglia e il muco agiscono come un vero filtro per la maggior parte delle particelle di dimensioni maggiori di 10 µm in diametro (coarse PM). La frazione PM course tende a depositarsi nella trachea (tratto superiore) o nei bronchi (Atkinson et al., 2010) ed è trattenuto nel naso e gola successivamente l'organismo elimina tali intrusi attraverso starnuti e tosse (Cadelis et al., 2014).

Il particolato in base alla capacità delle diverse particelle di penetrare e depositarsi nelle diverse regioni del sistema respiratorio da origine alle seguenti diverse frazioni:

- Frazione Inalabile: include tutte le particelle con diametro aerodinamico $\geq 10 \mu\text{m}$ che riescono ad entrare dalle narici e dalla bocca;
- Frazione Toracica: comprende le particelle con diametro aerodinamico compreso tra 10 e 2,5 µm che riescono a passare attraverso la laringe e ad entrare nei polmoni durante l'inalazione, raggiungendo la regione tracheo-bronchiale (inclusa la trachea e le vie cigliate);
- Frazione respirabile: include le particelle con diametro aerodinamico inferiore a 4 µm, in grado di raggiungere la regione alveolare, incluse le vie aeree non cigliate e i sacchi alveolari. Le particelle più fini, appartenenti alla frazione respirabile, riescono a penetrare negli alveoli dove i processi di rimozione sono ridotti, aumentando così l'accumulo e i rischi.

Queste particelle possono attraversare le membrane alveolari ed entrare in circolo nel sangue, determinando una serie di disturbi a carico del sistema cardiocircolatorio (Rampazzo et al., 2014).

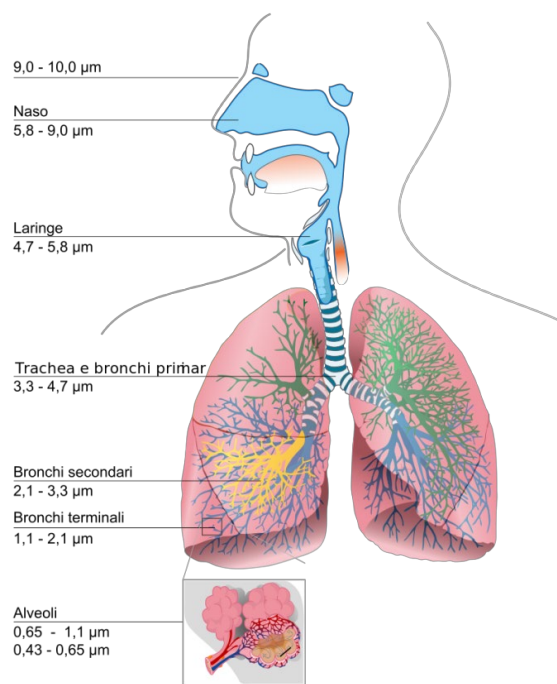


Fig. 6: Frazioni del particolato e loro penetrazione nell'apparato respiratorio.

Diversi studi epidemiologici dimostrano che gli effetti negativi del PM sulla salute dell'uomo sono dose-dipendenti: tanto più è alta la concentrazione di particolato nell'aria tanto maggiore è l'effetto sulla salute dell'uomo. I danni provocati da questi inquinanti possono essere acuti, se legati ad un'esposizione di breve durata ma ad elevate concentrazioni, oppure cronici, se dipendono da un'esposizione prolungata a concentrazioni significative; le esposizioni di tipo acuto possono provocare infiammazioni delle vie respiratorie e possono influire negativamente sul funzionamento del sistema cardiocircolatorio, mentre quelle di tipo cronico possono causare una diminuzione della capacità polmonare e bronchite cronica. Oltre la dose, è determinante la dimensione delle particelle che vengono inalate: sono le particelle più fini infatti ad essere le principali responsabili di patologie polmonari; proprio per questo motivo è stata ideata la classificazione dosimetrica, già citata precedentemente. In particolare, le particelle più piccole (frazione respirabile riescono a penetrare negli alveoli, dove i processi di rimozione sono ridotti, aumentando l'accumulo e i rischi, possono attraversare le membrane alveolari ed entrare in circolo nel sangue, determinando una serie di disturbi anche nel sistema cardiocircolatorio (Rampazzo et al., 2014). Anche le particelle della frazione grossolana sono in grado di determinare effetti negativi, come asma o allergie, nel tratto superiore dell'apparato respiratorio che è però protetto da sistemi di rimozione molto efficaci, come ciglia e muco (Castellani, 2018).

Fondamentale è sicuramente la composizione chimica del PM, con particolare riferimento a sostanze, come metalli pesanti e sostanze organiche tossiche, che possono essere presenti nel PM in concentrazioni molto variabili; è stato visto che la tossicità dei metalli deriva in

gran parte dal fatto che portano alla formazione di radicali liberi (Harrison et al. 2000). La tossicità del particolato atmosferico dipende quindi dalla dose, la dimensione delle particelle, dalla sua composizione chimica ma anche dalla sua forma chimica: lo stato d'ossidazione per esempio è in grado di determinare la pericolosità di un elemento così come la sua biodisponibilità, influenzando il tempo di assorbimento e di rimozione. Ad esempio, mentre il Cromo (III) risulta essere un elemento essenziale per il metabolismo del glucosio, il Cromo (VI) è cancerogeno (gruppo I - IARC, cancerogeni certi per l'uomo) (IARC, 2012).

Ad esempio, mentre il Cromo (III) risulta essere un elemento essenziale per il metabolismo del glucosio, il Cromo (VI) viene classificato come cancerogeno (gruppo I IARC, cancerogeni certi per l'uomo) (IARC, 2012). Studi tossicologici (Rampazzo et al., 2014, Charlesworth et al., 2011) hanno ipotizzato che più elevato è il contenuto solubile degli elementi in traccia, maggiori sono gli effetti dannosi per la salute e i rischi tossicologici. Le particelle che hanno maggiore impatto sulla salute sono di dimensioni inferiori a 10 µm di diametro. Queste particelle possono penetrare nel tratto respiratorio migrando dal naso agli alveoli fino alla parte profonda dei polmoni. Particelle tra 5 e 10 µm sono maggiormente depositate nel tratto tracheobronchiale mentre tra 1 e 5 µm nei bronchiole respiratori e alveoli ove avvengono gli scambi gassosi (Londahl et al., 2006). Particelle così piccole raggiungono il sangue determinando importanti problemi di salute (Fu et al., 2011). Particelle minori di 1 µm si comportano in modo simile ai gas molecolari penetrando negli alveoli nelle cellule dei tessuti e/o del Sistema circolatorio (Valavanidis et al., 2008).

1.4.1 EFFETTI SULLA SALUTE DEI METALLI PESANTI

Con il termine "metalli pesanti" si intendono tutti quei metalli caratterizzati da una densità maggiore a 5 g/cm³, con comportamento cationico (Zerbi et al., 2004) e stato di ossidazione in funzione del pH. Si trovano come elementi in traccia nelle rocce che costituiscono la crosta terrestre in concentrazione inferiore allo 0.1 %. Tra questi ci sono l'Argento (Ag), il Bario (Ba), il Cadmio (Cd), il Cromo (Cr), il Manganese (Mn), il Mercurio (Hg), il Nichel (Ni), il Piombo (Pb), il Rame (Cu), lo Stagno (Sn), lo Zinco (Zn), l'Arsenico (As), l'Antimonio (Sb), il Bismuto (Bi), il Selenio (Se) ed il Vanadio (V). Vengono rilasciati in atmosfera attraverso l'erosione naturale delle rocce, all'interno di particelle prevalentemente appartenenti alla frazione *coarse*.

E' noto che i metalli agiscono come possibili mediatori del PM inducendo infiammazioni delle vie aeree (Diociaiuti et al., 2001; Gonzalez-Flecha, 2004; Jimenez et al., 2000). Metalli di transizione presenti nelle particelle, specialmente ferro, aumentano la produzione di specie ossigeno reattive (ROS) in vivo (Kadiiska et al., 1997) capaci di generare danni nei tessuti e infiammazioni (Aust et al., 2002; Hitzfeld et al., 1997). Effetti genotossici del PM sono

attribuiti a metalli di transizione quali il ferro (Gilli et al., 2007). In Italia, il decreto legislativo n. 155 del 2010 norma e regolamenta le emissioni in atmosfera di alcuni metalli pesanti al fine di individuare gli obiettivi di qualità dell'aria volti a evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso. A tale proposito, sono stati fissati i valori obiettivo, calcolati come medie annuali per 4 metalli (As, Cd, Pb, Ni) tutti classificati dallo IARC come cancerogeni accertati per l'uomo (cancerogeni di classe 1) (IARC, 2012), fatta eccezione per il piombo che viene invece classificato come possibile cancerogeno per l'uomo (cancerogeno di classe 2B) (IARC, 2006). L'emissione in atmosfera di questi metalli da parte di attività antropiche come l'incenerimento di rifiuti, la combustione di combustibili fossili e le attività industriali e siderurgiche, ha un impatto fortissimo sulla salute umana; numerosi studi epidemiologici (Enterline et al., 1987; Sorahan et al., 1995; Andersen et al., 1996) hanno infatti dimostrato che l'esposizione ad As, Cd e Ni, rilasciati in atmosfera sotto forma di materiale aerodisperso, provoca cancro ai polmoni e, nel caso del Ni, anche alle cavità nasali e paranasali (Easton et al., 1992).

elemento	Possibili effetti
Antimonio (Sb)	Effetti di intossicazione acuta e cronica a carico del tratto respiratorio, composti contenenti Sb possono provocare tossicità cardiaca (Winship,1987)
Arsenico (As)	Cancerogeno per l'uomo, teratogeno, può provocare cancro alla pelle, fegato, polmoni (Wattersson 1998)
Cadmio (Cd)	Teratogeno embrionale (Smith 1999), l'esposizione può portare danni renali, perdita della capacità respiratoria, ipertensione (Lauwerys et al. 1979)
Cobalto (Co)	Un'eccessiva assunzione può causare cardiomiopatie (Morin e Daniel 1967), l'inalazione di polveri contenenti Co in ambito industriale può causare pneumocosi (irritazione alle vie respiratorie)
Cromo (Cr)	L'ingestione in eccesso causa danni renali, il cromo esavalente provoca ulcere croniche, perforazione del setto nasale ed è cancerogeno
Manganese (Mn)	L'inalazione di ossidi di Mn, nelle industrie manifatturiere e minerarie, può causare per esposizioni acute, necrosi delle cellule epiteliali, per croniche disordini psichiatrici
Nickel	Cancerogeno per l'apparato respiratorio (Anke et al. 1983)
Piombo (Pb)	Se assorbito si lega all'emoglobina stabilmente (Goyer, 1993) l'avvelenamento da piombo causa sintomi a carico dei sistemi gastrointestinali, neuromuscolari, e nervoso detti saturnismo)
Rame (Cu)	L'accumulo può causare anomalie al sistema nervoso, fegato e reni, l'ingestione di Sali di rame può essere letale
Zinco (Zn)	L'essposizione a fumi contenenti ossidi causa la febbre da fumi pesanti

Tab.5 Possibili effetti sulla salute umana dei metalli pesanti (da De Vivo et al., 2004)

Un altro fattore investigato, è legato al ruolo svolto da questi metalli nella generazione dello stress ossidativo nell'organismo. L'As (III) e il Ni sono in grado di provocare la formazione delle ROS aumentando il danno ossidativo al DNA (Wang et al., 2002). Sebbene l'induzione

di stress ossidativo sia un meccanismo che ci si aspetterebbe essere generato esclusivamente da specie coinvolte in equilibri redox, anche il Cd, che non presenta equilibri redox significativi, è in grado di indurre stress ossidativo nell'organismo mediante formazione di perossido di idrogeno e radicale superossido, ROS che possono provocare la rottura dei filamenti di DNA. Il fatto che in condizioni fisiologiche il Cd non sia in grado di dare reazioni redox, suggerisce che la produzione delle ROS sia dovuta al fatto che il metallo inibisce gli enzimi antiossidanti e i sistemi di riparazione del DNA (Valko et al., 2006).

Un altro metallo, classificato come cancerogeno accertato per l'uomo (cancerogeno di classe I) (IARC, 2012) che però non compare nel D.lgs 155/2010 e le cui emissioni non sono quindi normate, è il Cromo (Cr). Tale metallo è un noto cancerogeno per i polmoni (Cole et al., 2005) e per i seni nasali e paranasali, sebbene l'incidenza di quest'ultimo tipo di tumore sia molto minore (Parkin et al., 1997). Il Cromo, presente in atmosfera soprattutto come Cr(VI) e Cr(III) (IARC, 2012), viene immesso in atmosfera durante diverse fasi della lavorazione dell'acciaio inox, come ad esempio la fusione, la saldatura e il taglio. Anche il Cromo gioca un ruolo importantissimo nella generazione dello stress ossidativo nell'organismo: il Cr(VI) viene infatti ridotto a Cr(III) con generazione di intermedi tossici come le ROS e il radicale cromo (Yao et al., 2008). Il Cr(VI) inoltre può reagire con il glutatione, riducendosi a Cr(V) (Wetterhahn et al., 1989) che è poi in grado di prendere parte alla reazione di Fenton, con produzione di radicali idrossilici (Shi et al., 1994). Secondo l'Agenzia internazionale per la ricerca sul cancro (IARC), As, Cr(VI), Ni e Pb nel PM possono presentare un rischio cancerogeno e/o non cancerogeno sia per gli adulti che per i bambini (IARC, 2014; OMS, 2016), mentre Cd, Cu, Mn, Sb e Zn possono portare all'insorgenza di disturbi cardiorespiratori (Nie et al., 2018; Qiu et al., 2018; Caggiano et al., 2019; Kurilić et al., 2020; Bodor et al., 2021).

1.4.2 RELAZIONE TRA MORTALITA' E PARTICOLATO ATMOSFERICO

L'esposizione al PM causa numerosi effetti sulla salute quali aumento dell'ospedalizzazione dei patologie respiratorie croniche e cardiovascolari, riduzione della funzionalità dei polmoni, incremento delle sintomatologie respiratorie, irritazioni delle vie aeree, tosse difficoltà a respirare e della mortalità nella popolazione con patologie polmonari o cardiache, attacchi di cuore non fatali, irregolarità cardiache, ingravesenze asmatiche (Guaita et al., 2011; Halonen et al., 2009; Perez et al., 2012; Samoli or al., 2008).

Studi numerosi dimostrano la correlazione evidente esistente tra l'esposizione al particolato atmosferico e molteplici gravi problemi sulla salute quali: morti premature in persone con patologie cardiache o polmonari, attacchi di cuore anche se non fatali, irregolarità cardiache, peggioramento delle forme asmatiche, riduzione delle funzioni polmonari, incremento di

sintomatologie respiratorie quali irritazioni delle vie aeree, tosse o difficoltà a respirare (Atkinson et al., 2010; Cadelis et al., 2014; Fang et al., 2013).

Elevate concentrazioni possono dare effetti quali riduzione del peso alla nascita dei bambini, nascite premature, possibile morte dei feti o dei neonati. Negli adulti sono state evidenziate correlazioni tra esposizione al particolato atmosferico e il diabete e obesità negli adulti (Pearson et al., 2010). Negli anziani e nei bambini e in persone con patologie cardiologiche e polmonari i rischi per la salute sono più elevati. Nei bambini sono stati evidenziati deficit reversibili nella funzionalità dei polmoni, riduzioni della funzionalità dei polmoni (Brauer et al., 2012). Studi hanno rilevato relazioni significative particolato e attacchi di asma in bambini asmatici e il collegamento tra PM e ospedalizzazioni per infarto al miocardio negli anziani e aumento di danni cardiaci (Dominici et al., 2006; Wellenius et al., 2005; Wellenius et al., 2006; Zanobetti and Schwartz, 2005). Sun et al. (2010) che evidenziano correlazioni tra livelli di PM e aumento transitorio della viscosità del plasma, disfunzioni endoteliali e problemi cardiaci (Sun et al., 2010).

Il PM aumenta il rischio cardiaco (Suwa et al., 2002) e respiratorio. Alcuni studi dimostrano che l'esposizione al PM può essere correlata a morti per patologie cardiopolmonari e ischemiche (Krewski, 2009; Laden et al., 2006; Pope et al., 2004. Pope and Dockery, 2006) ed a incrementi della mortalità nella popolazione (Branis et al., 2010; Halonen et al., 2009; Mallone et al., 2011). La WHO World Health Organization ha valutato che l'inquinamento dell'aria da PM contribuisce a circa 800.000 morti premature ogni anno (Anderson et al., 2012). Stime indicano che il 3% di morti per causa cardiopolmonare e il 5% di morti per tumore al polmone sono attribuibili al PM (Fang et al., 2013). È stato valutato che l'esposizione al PM riduce le aspettative di vita della popolazione di 8.6 mesi rispetto all'età media della popolazione (Krewski, 2009). Nel 2016, circa 4 milioni di morti in tutto il mondo sono state attribuite all'inquinamento atmosferico da PM (Gakidou et al., 2017; Guo et al., 2018). In accordo con molti dei recenti studi epidemiologici la mortalità della popolazione di un territorio può essere considerata un indicatore degli effetti sulla salute dovuto all'inquinamento da particolato atmosferico.

Dati sulle ospedalizzazioni giornaliere sono spesso correlati ai livelli di inquinamento da PM anche se risentono fortemente delle differenze nazionali, pratiche ospedaliere locali, altre forme di cure mediche (Pope et al., 2009).

È noto che il PM urbano e cittadino può aumentare la morbilità e mortalità dovuta a patologie cardiopolmonari correlate a processi infiammatori e genotossici (Perez et al., 2009; Zanobetti and Schwartz, 2009). Nell'area di Terni le maggiori fonti di emissione del PM sono presenti da diversi anni e determinano per la popolazione residente esposizioni croniche di lunga durata. Questi fattori portano ad un aumento della morbilità e mortalità dovuti a patologie correlabili al PM (cardiopolmonari e patologie correlabili alla situazione ambientale) come si può osservare dai dati accorpati sulla mortalità nella provincia di Terni

(valutato attraverso il quoziente di mortalità (per 10.000 abitanti) = Il tasso di mortalità è il rapporto tra il numero delle morti in una comunità o in un popolo durante un periodo di tempo e la quantità della popolazione media dello stesso periodo) confrontati con dato medio nazionale negli anni dal 2003 al 2016 che evidenziano valori maggiori o uguali alla media nazionale per le diverse cause di morte molte delle quali è noto dalla letteratura scientifica risentire degli effetti di esposizione al particolato atmosferico (Patologie del Sistema circolatorio, ischemie cardiache, apparato respiratorio, altre patologie cardiache, del sistema circolatorio e respiratorio ecc.).

Cause di morte	% in cui la mortalità media nell'area di Terni supera il valore nazionale nel periodo 2003-2016
Neoplasie	93
Neoplasie maligne	100
Di cui neoplasia maligne dello stomaco, leucemia, altre neoplasie	100
Neoplasie maligne del colon retto e ano	93
Neoplasie maligne Pancreas, tessuto linfoematopoietico	71
Neoplasie maligne trachea, bronchi, polmone, tiroide	64
Neoplasie maligne melanoma della pelle, neoplasia maligne del seno, ovaie	79
Prostata, bladder o non-maligne (benigne e incerte)	86
Di cui tumore maligno del kidney	57
Neoplasia maligne del cervello e Sistema nervosa centrale	50
Morbo di hodgkin e linfomi	43
Patologie del sangue e diseases of the blood and blood-forming organs e alcune patologie che coinvolgono meccanismi immunitari e dell'apparato digestivo	93
Diabete mellito	86
Altre patologie endocrine, nutrizionali e metaboliche	57
Disordini mentali e comportamentali, demenzia	93
Altri disordini mentali e comportamentali	43
Morbo di Parkinson, altri disordini del Sistema nervoso e degli organi di senso	86
Patologie del Sistema circolatorio, ischemie cardiache, apparato respiratorio, altre patologie cardiache, altre patologie del sistema circolatorio e respiratorio, patologie cerebrali, del Sistema nervoso e organi di senso, patologie endocrine, nutrizionali e metaboliche	100
Ulcera dello stomaco, duodeno	79

Tab.6: percentuale nell'intero periodo 2003-2016 in cui il quoziente* di mortalità nella provincia di Terni supera la media nazionale per causa di morte

1.5 DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEL PARTICOLATO ATMOSFERICO

Uno dei principali problemi nella pianificazione di strategie di riduzione dell'inquinamento da PM ai fini del contenimento degli effetti sulla salute è costituito dalla difficoltà di valutazione della capacità di dispersione spaziale delle polveri generate da una particolare sorgente emissiva. Tale valutazione viene solitamente effettuata mediante l'utilizzo di modelli, che però non tengono conto dei numerosissimi parametri da cui dipendono le reali capacità diffusive delle polveri. Il PM è una matrice estremamente complessa ed eterogenea i cui processi di formazione, la permanenza e la reattività in atmosfera, il trasporto, i processi di rimozione e sospensione sono strettamente correlati tra di loro.

In atmosfera il PM può subire i processi di tipo fisico o chimico già descritti tra cui la diffusione, che provoca uno spostamento delle particelle secondo un gradiente di concentrazione, la sedimentazione dovuta alla forza di gravità e l'eventuale risospensione delle particelle depositate al suolo, dovuta alla presenza di venti e ad una prolungata assenza di precipitazioni, la nucleazione e la coagulazione, fenomeni che, come già accennato, definiscono le due diverse classi di particelle note: le *coarse*, che sono rimosse dall'atmosfera tramite sedimentazione e precipitazione con tempi che dipendono, in maniera inversamente proporzionale, dal diametro aerodinamico e le *fine*, caratterizzate da un periodo di residenza in atmosfera maggiore (da giorni a settimane) e da un trasporto su lunghe distanze (Manahan, 2000).

1.5.1 ATTRIBUZIONE DELLE SORGENTI

Diverse sorgenti di emissione sono in grado di determinare la formazione di particelle con caratteristiche fisiche e chimiche sostanzialmente differenti che se analizzate possono essere utilizzate per l'individuazione di specifiche fonti emissive di particolato atmosferico (*source apportionment*). Nello specifico, gli elementi del PM sono spesso utilizzati come traccianti di determinate sorgenti negli studi di "source apportionment" (Almeida et al. 2006; Viana et al. 2007; Argyropoulos 2012,).

L'individuazione del contributo delle diverse fonti non è un'operazione semplice, tenendo conto dei processi di trasformazione chimico-fisici che le particelle subiscono in atmosfera e del gran numero di possibili sorgenti emissive (Fig.7); inoltre, la maggior parte dei composti/elementi chimici normalmente determinati per via analitica in campioni di particolato, con pochissime eccezioni, non sono legati in modo specifico ad un'unica sorgente di inquinamento. Ad esempio, il ferro (Fe), uno dei metalli più abbondanti nell'aerosol atmosferico, oltre che essere un potenziale tracciante di attività industriali siderurgiche, è anche sempre associato a polveri di origine crostale e/o a particolato rilasciato dall'abrasione meccanica dei freni e riconducibile al traffico veicolare. Risulta

quindi estremamente complesso, in termini generali, determinare il *pool* di *markers* che costituiscono il profilo emissivo delle numerose sorgenti di inquinamento che condizionano la qualità dell'aria o anche solo valutare se la presenza di qualche composto/elemento è determinata da una specifica attività antropica (Agenzia Provinciale Protezione Ambiente-Trento, 2018).

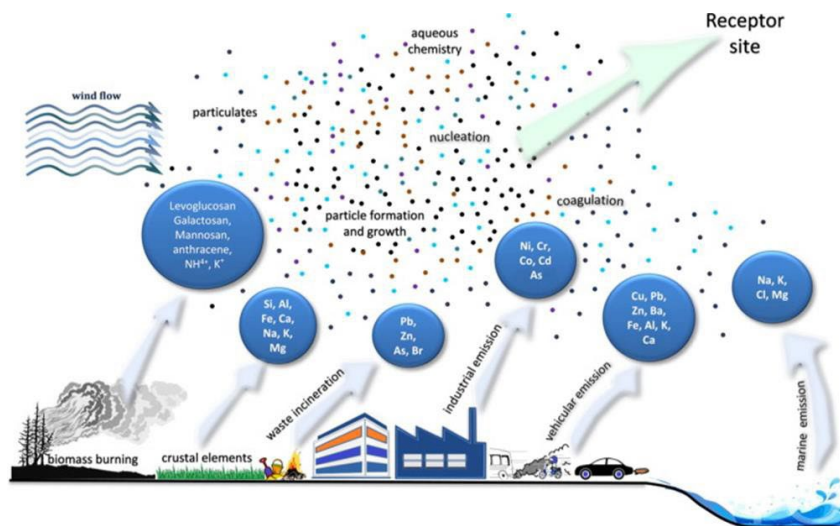


Fig. 7 Schema riassuntivo di alcuni traccianti di sorgente: origine, trasformazioni chimico-fisiche e comportamento in atmosfera

Negli ultimi anni, è stato studiato il contributo delle sorgenti di emissione naturali alla concentrazione degli elementi in traccia in atmosfera: una grande quantità di metalli deriva da particelle di suolo mentre altri vengono emessi da vulcani e incendi boschivi, che sono responsabili della presenza nel particolato atmosferico del 40-50% di Cd e Hg, e del 20-40% di As, Cr, Cu, Ni, Pb e Sb. Oltre alle sorgenti naturali, le fonti antropiche sono in grado di emettere sia particelle fini che grossolane con caratteristiche fisiche e composizione chimica molto variabili a seconda della sorgente emissiva (Pacyna et al., 1999).

In generale, le particelle che derivano da fenomeni meccanici o erosivi (processi meccanico-abrasivi, produzione di acciaio e ferro o altri materiali, abrasione di freni, etc.) si distribuiscono nella frazione grossolana, mentre particelle originate da condensazione di vapori soprassaturi e/o processi di combustione o di scarico sono spesso associate al PM fine. La composizione chimica varia con le dimensioni delle particelle: la frazione fine può essere composta da specie chimiche quali carbonio elementare, solfati e nitrati, mentre la frazione grossolana da specie organiche di origine biologica o da specie chimiche derivanti dall'erosione delle rocce della crosta terrestre e caratterizzati da elementi quali Ca, Al, Si, Mg e Fe. Anche la composizione chimica, così come la distribuzione dimensionale del PM risulta complessa e variabile. Il rilascio di elementi in traccia in atmosfera da attività antropiche è attribuibile a vari processi industriali (produzione di elettricità, combustibili fossili) e a traffico veicolare. Altre sorgenti di emissione sono inceneritori di rifiuti, che

rilasciano nella frazione fine diversi elementi (Cu, Zn, Cd, Sb, Pb, Ca, Cr, Mn and Ni; Abbas et al., 2001; Phongphiphat et al., 2011), e risospensione di suolo dal manto stradale, fenomeno che rilascia elementi nella frazione grossolana (per esempio Al, Si, K, Ca, Ti e Fe). Lo studio della caratterizzazione chimica è quindi estremamente rilevante sia per il *source apportionment* che per la valutazione dei rischi ambientali e per la salute umana legati all'esposizione a diversi inquinanti componenti il PM.

Per lo studio della composizione chimica del particolato atmosferico e l'individuazione delle diverse sorgenti d'emissione è particolarmente efficace il frazionamento chimico che separa la frazione solubile in acqua del PM dalla frazione non solubile o residua. La solubilità degli elementi del PM fornisce informazioni sulla forma chimica in cui viene rilasciato l'elemento e questa può essere specifica di una determinata sorgente emissiva.

Per esempio, gli elementi che spesso vengono associati alla combustione delle biomasse sono il Rb, Cs e Li in frazione solubile (*_s*), ma anche Pb, Sn e Sb insolubili (*_i*) (Belis C.A. et al., 2011; Larsen B.R. et al., 2012; Ma L. et al., 2019; Canepari S. et al., 2019).

Le emissioni di tipo industriale possono essere varie, ma è stato visto in diversi studi che alcuni elementi come As, Ni, Sb, Se, Pb, Mo e V nella frazione solubile vengono spesso attribuiti a questo tipo di sorgente (Divita F. et al., 1996; Linak W.P. et al., 2007; Reinard M.S. et al., 2007; Farao C. et al., 2014). Le polveri risospese hanno una composizione variabile che dipende da molti fattori, come la tipologia di freni che subiscono abrasione meccanica, la tipologia di manto stradale e la composizione del suolo: le particelle che costituiscono la polvere di suolo solitamente sono composte da Ce, La, Li, Cs, Rb e Ti insolubili (Schütz L. et al., 1987; Singh M. et al., 2002; Adachi K. Tainosho Y. Et al., 2004; Canepari et al., 2008; Minguillón M.C. et al., 2012; Ma L. et al., 2019). Il rilascio di Cu, Fe, Sb, Sn, Mo e Zr insolubili è invece solitamente attribuito ad abrasione meccanica delle componenti dei freni di diversi veicoli (Singh M. et al., 2002; Boulter P.G. et al., 2006; Minguillón M.C. et al., 2012; Pant P., Harrison R.M. et al., 2013; Sanderson et al., 2014; Visser S. et al., 2015). Inoltre, è necessario valutare anche il contributo delle fonti naturali per quanto riguarda il particolato aerodisperso: per esempio, lo spray marino rilascia particelle composte da Na, Mg e Sr (Minguillón M.C. et al., 2012; Visser S. et al., 2015; Seinfeld and Pandis, 2016; Liu J. Et al., 2017; Ma L. et al., 2019); mentre un altro fenomeno caratteristico, l'incursione sahariana, rilascia con la pioggia elementi come Ti, Mn, Co e Be insolubili (Engelstaedter et al., 2006; Karanasiou A. et al., 2012). Attraverso lo studio della distribuzione spaziale e delle variazioni stagionali degli elementi in traccia nella loro forma solubile ed insolubile in acqua, è possibile identificare le loro sorgenti emissive ed ottenere informazioni georeferenziate sul fenomeno di contaminazione atmosferica utili per progettare interventi di mitigazione e strategie di controllo dell'inquinamento atmosferico mirate alla salvaguardia della salute umana.

I metodi di campionamento tradizionali utilizzati per lo studio della distribuzione spaziale

del PM e delle sue componenti chimiche principali consentono di ottenere una buona risoluzione temporale (campionamenti a 24h) ma presentano una serie di svantaggi che rendono necessaria l'applicazione di modelli matematici per estendere l'informazione ottenuta su un'area più vasta:

- Costi dello strumento elevati, consentendo l'acquisizione di dati di caratterizzazione chimica del PM su pochi siti;
- Dimensioni grandi che ne limitano l'installazione in zone ampie, come quelle di campagna;
- Grande dispendio energetico a causa dell'elevato flusso d'aria;
- Notevoli costi di manutenzione e di analisi per l'elevato numero di campioni (filtri giornalieri).

I modelli matematici utilizzano una serie di funzioni matematiche utili alla descrizione della dispersione degli inquinanti in atmosfera in aree estese e non necessariamente coperte del tutto da reti di monitoraggio. Sono uno strumento a basso costo per la valutazione delle diverse sorgenti emissive a partire da dati iniziali relativi al territorio come orografia, mappe di uso del suolo o cartografie, dati relativi alla meteorologia come velocità e direzione del vento, umidità, pressione e radiazione solare in grado d'influenzare fenomeni di turbolenza atmosferica, e infine dati sull'emissione in termini di velocità di uscita dalla sorgente, portata e concentrazioni iniziali. I modelli matematici presentano però anche numerosi svantaggi:

- il modello semplifica la realtà;
- non è in grado di simulare situazioni complesse perché non può tenere conto di tutte le reazioni chimiche in atmosfera o di condizioni atmosferiche complesse;
- errori di input amplificano gli errori di output;
- necessita di strumenti sofisticati e personale competente;
- necessita di validazione, cioè di un controllo sulla capacità del modello di descrivere la realtà e il fenomeno preso in considerazione.

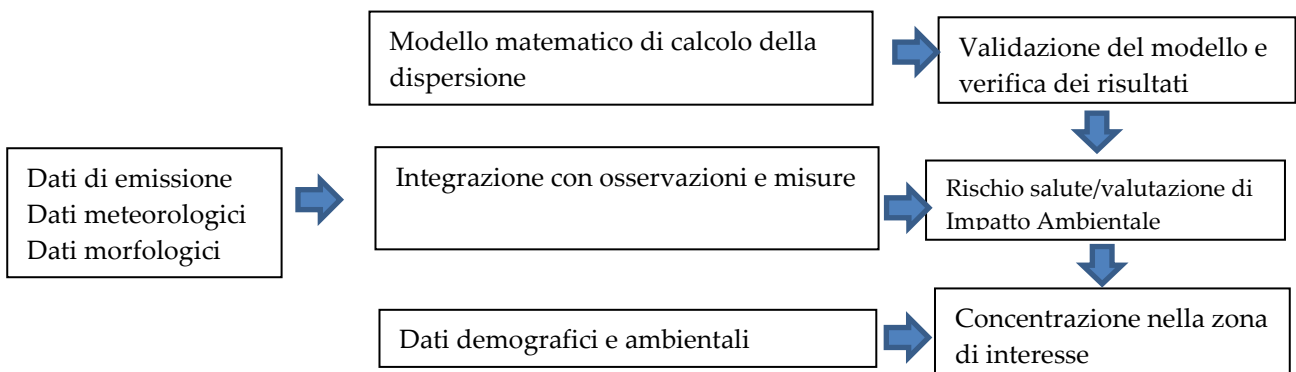


Fig.8 Schema di sintesi del modello applicato alla valutazione della dispersione degli inquinanti atmosferici

I campionamenti tradizionali consentono quindi di analizzare le variazioni stagionali ma presentano limitazioni per l'analisi delle distribuzioni spaziali, principalmente a causa della necessità di utilizzare modelli matematici. Grazie ai nuovi sistemi di campionamento *High Spatial Resolution Sampler* (HSRS – FAI Instruments, Fonte Nuova, Roma, Italia) è stato possibile superare i limiti associati all'utilizzo di modelli matematici che possono portare ad una errata stima del contributo spaziale delle diverse sorgenti. Strumenti a basso flusso di portata e a basso costo, sono ideali per la realizzazione di studi di mappatura spaziale, anche grazie alle dimensioni contenute dello strumento che può infatti essere installato facilmente su balconi, pali della luce, antenne. In questo modo, è possibile costruire una fitta ed estesa rete di monitoraggio con una buona risoluzione temporale (campionamenti mensili) ed un'elevata risoluzione spaziale che permetta di individuare traccianti di specifiche sorgenti emissive e valutarne l'impatto sull'area di studio.

1.6 ANALISI COMPONENTI PRINCIPALI

La PCA (Analisi dei componenti principali) è una tecnica di sintesi di dati multivariati che viene comunemente usata per identificare possibili sorgenti emissive di particelle (Karar e Gupta, 2007).

Lo scopo primario di questa tecnica è la riduzione di un numero più o meno elevato di variabili (rappresentanti altrettante caratteristiche del fenomeno analizzato) in alcune variabili latenti. Ciò avviene tramite una trasformazione lineare delle variabili che proietta quelle originarie in un nuovo sistema cartesiano nel quale le variabili vengono ordinate in ordine decrescente di varianza: pertanto, la variabile con maggiore varianza viene proiettata sul primo asse, la seconda sul secondo asse e così via. La riduzione della complessità avviene limitandosi ad analizzare le componenti principali (per varianza) tra le nuove variabili.

I traccianti delle principali fonti di emissione di PM_{10} in Terni sono stati raggruppati in *cluster* attraverso l'analisi delle componenti principali (PCA) effettuata sui dati ad alta risoluzione spaziale delle concentrazioni di massa del PM_{10} e degli elementi nella frazione solubile e residua. L'approccio prestazionale e l'incertezza della PCA e altri modelli di ripartizione delle sorgenti per la caratterizzazione delle sorgenti di PM sono descritti da Belis et al. (2015).

1.7 ATTRIBUZIONE DI SORGENTE: LA PMF

La PMF (Positive Matrix Factorization) è uno strumento di analisi statistica dei dati il cui scopo fondamentale è quello di identificare e quantificare il contributo delle diverse sorgenti di emissione del particolato atmosferico (Reff et al., 2007) a partire dalla caratterizzazione chimica delle polveri e del rischio inalatorio ad esso correlato.

La composizione del PM campionato è infatti considerata come una combinazione delle composizioni del particolato emesso da diverse sorgenti, con pesi che variano da campione a campione, per tener conto del diverso impatto che le sorgenti possono avere nel tempo. La PMF fa parte della classe dei modelli a recettore che vengono utilizzati per determinare il contributo di ciascuna sorgente di emissione a partire dalle concentrazioni misurate nel sito di campionamento (detto "sito recettore") (Watson et al., 2002) e del rischio inalatorio cancerogeno e non cancerogeno correlato ai metalli contenuti in esso. Tali modelli sono complementari ai così detti "modelli di sorgente" che stimano la concentrazione degli inquinanti a partire dai dati noti sulle emissioni di determinate sorgenti e dai dati meteorologici; entrambi i tipi di modelli si basano sugli stessi principi scientifici ma i modelli recettoriali, a differenza di quelli di sorgente, sono esplicativi delle emissioni piuttosto che predittivi (Watson et al., 2002).

La PMF si presta alle problematiche di tipo ambientali per due motivi fondamentali: il primo è che permette di tenere conto delle incertezze che sono spesso associate alle misure effettuate e il secondo è che, al contrario di metodi precedentemente utilizzati come ad esempio la PCA (Principal Components Analysis), fa sì che non esistano contributi e profili di sorgente negativi (Reff et al., 2007).

La PMF permette l'identificazione sia di sorgenti primarie di PM, come ad esempio l'emissione degli autoveicoli, gli scarichi industriali e la combustione delle biomasse che di sorgenti secondarie, come ad esempio l'ossidazione atmosferica e le reazioni di conversione gas-particella (Hien et al., 2005).

Il modello matematico su cui si basa la PMF, scritto in forma matriciale è:

$$X = G \cdot F + E \quad (1)$$

Dove X (m x n) rappresenta la matrice dei dati, avente come dimensioni il numero di campioni (n) e il numero di specie chimiche misurate (m); G (n x p) esprime il contributo di sorgente per ogni campione e F (p x m) rappresenta la matrice dei profili di sorgente. E (n x m) rappresenta invece la matrice dei residui (Lim et al., 2009).

Lo scopo della PMF è quello di minimizzare il valore di Q (E), descritto nell'Equazione:

$$Q(E) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \left(\frac{e_{ij}}{\rho_{ij}} \right)^2$$

in cui, e_{ij} è l'errore, inteso come residuo, che il modello PMF commette sulla specie j misurata nel campione i-esimo e ρ_{ij} è l'incertezza associata alla concentrazione della j-esima

specie nel campione i (Reff et al., 2007). The U.S. EPA-PMF v5.0 software (Norris et al., 2014) è stato utilizzato da piattaforma Multilinear Engine (ME-2) (Paatero, 1999).

Per ottenere un'adeguata matrice di dati per l'analisi PMF sono stati ridotti il numero di variabili rispetto ai campioni di PM10 disponibili. Quindi risulta evidente l'utilità di uno strumento potente come la PMF che permetta l'individuazione e la quantificazione dei contributi delle varie sorgenti all'emissione del particolato totale e al rischio inalatorio a cui la popolazione è esposta. La PMF consente di ottenere dei profili di sorgente utilizzabili, ad esempio, per valutare i possibili effetti sulla salute e sull'ambiente imputabili ad una particolare sorgente emissiva.

La distribuzione spaziale e temporale degli elementi idrosolubili e insolubili è stata mappata tramite il software ArcMap 10.6 (ArcGis Desktop; ESRI, Redlands, CA, USA). È stato utilizzato un metodo basato su *positive matrix factorization* (PMF). Le variabili sono state scelte in relazione alla selettività di tracciare le sorgenti emmissive di PM10 rispetto al rischio inalatorio correlato come documentato nei precedenti studi (Perrino et al., 2009, Masiol et al., 2010; Tian et al., 2013; Sharma et al., 2016).

Il kriging è una famiglia di procedure geostatistiche che assumono la presenza di una correlazione spaziale tra i valori misurati. Il kriging si basa sul presupposto che il parametro da interpolare possa essere trattato come una variabile regionalizzata e il suo stimatore è dato da una combinazione lineare dei valori osservati con i pesi, che sono derivati dalle equazioni di kriging usando una funzione semivariogramma (Xie et al., 2011).

In *ordinary kriging* si presume che i dati vengano generati da un processo stocastico che viene suddiviso in una componente di tendenza costante ma sconosciuta e in una componente di errore (Beelen et al., 2009).

In molte situazioni geologiche e ambientali le distribuzioni tendono ad essere asimmetriche positivamente, spesso la trasformazione in logaritmi dei valori originali porta ad una distribuzione normale (coincidenza di media, moda e mediana; bassi valori di *skewness* ed errore standard). Per questo, il variogramma è stato calcolato sui dati trasformati in log e le semivarianze sperimentali sono state adattate da una funzione sferica (modello semivariogramma sferico), mediante approssimazione dei minimi quadrati ponderata (Jian et al., 1996).

SCOPO DELLO STUDIO

Lo scopo dello studio condotto è stato quello di valutare l'impatto del particolato atmosferico e dei suoi componenti (metalli pesanti) sulla popolazione presente nell'area di Terni causato dalle sorgenti emmissive principali presenti per lunghi periodi di tempo (acciaieria, impianto di trattamento rifiuti, inquinamento urbano, ferrovia) ed elaborare mappe di rischio per la salute dei residenti attraverso un approccio sperimentale innovativo (Massimi et al., 2020b e 2021a) per una valutazione georeferenziata dei rischi per la salute associati all'esposizione alle PTTE nel PM10 realizzato da sorgenti spazialmente disaggregate.

L'elevata stabilità atmosferica e la presenza di numerose sorgenti antropiche (traffico veicolare, rete ferroviaria, riscaldamento domestico, centrale per il trattamento dei rifiuti, acciaieria determinano) in quest'area determinano un accumulo di inquinanti atmosferici (Capelli et al., 2011; Ferrero et al., 2012; Guerrini, 2012) associato aumento di morbilità e mortalità dovuto all'insorgenza di malattie cardiorespiratorie (SENTIERI-ReNaM, 2016). Confrontando i dati ISTAT sui tassi di mortalità a Terni con la media nazionale dal 2003 al 2017 (ISTAT, 2020; Stafoggia et al., 2017; 2019; 2021) si osservano su terni valori più elevati per i quali è necessario indagare il possibile impatto sulla salute della popolazione residente dovuto all'esposizione ad agenti xenobiotici.

A tale scopo sono stati impiegati a Terni, un'area urbana inquinata da più sorgenti emmissive dell'Italia centrale, dispositivi a basso volume per il campionamento e l'analisi ad alta risoluzione spaziale del PM10 (Massimi et al., 2020b).

L'elevata risoluzione spaziale dei dati utilizzati in questo studio è ottenuta grazie all'utilizzo di strumenti di campionamento a basso costo recentemente immessi sul mercato che hanno permesso di costruire una rete di monitoraggio estesa ed esaustiva nella rappresentazione del territorio e delle sorgenti emmissive presenti.

Le mappe di rischio sono state elaborate con un'elevata risoluzione spaziale nell'area di Terni per l'esposizione al rischio inalatorio cancerogeno e non cancerogeno della popolazione residente sia di adulti che per i bambini dovuto alla presenza di metalli pesanti nel particolato atmosferico. Tale analisi estremamente approfondita del contributo al rischio inalatorio per la popolazione è stata condotta attraverso l'utilizzo di dati sperimentali di concentrazione della dispersione del PM₁₀ e delle sue componenti elementari nella città di Terni inquinanti analizzati con una metodologia di campionamento ad elevata risoluzione spaziale. Questo innovativo approccio sperimentale ad elevata risoluzione spaziale permette di superare i limiti connessi allo studio della dispersione del particolato attraverso l'utilizzo di modelli matematici che non riescono a rappresentare correttamente l'insieme dei parametri meteorologici e chimico-fisici delle polveri e che ad oggi non possono avvalersi della validazione per confronto con una rete di monitoraggio estesa.

I fattori di rischio cancerogeni e non cancerogeni per adulti e bambini dovuti alle concentrazioni di PTTEs nel PM10 sono stati calcolati secondo Human Health Evaluation Manual of the United States Environmental Protection Agency (USEPA, 2009; 2011; 2015). La ripartizione quantitativa della fonte specifica al rischio (Taghvaei et al., 2018; Men et al., 2020) è stata effettuata, grazie alla collaborazione con il Dottor Lorenzo Massimi, applicando la Fattorizzazione a Matrice Positiva (PMF) ai dati elementari ad alta risoluzione spaziale ottenuti (Paatero e Tapper, 1994; Querol et al., 2007). Questo nuovo approccio ci ha permesso di tracciare profili sorgente molto robusti poiché sono stati principalmente identificati su concentrazioni risolte spazialmente, che sono meno influenzate dalle variazioni delle condizioni atmosferiche rispetto alle concentrazioni risolte temporalmente solitamente utilizzate negli studi di ripartizione delle sorgenti. Infine, i valori di rischio associati ai PTTEs rilasciati dalle diverse sorgenti di emissione nei 23 siti sono stati interpolati attraverso il metodo ordinario di kriging (OK) (Johnston et al., 2001) e mappati per georeferenziare il loro possibile impatto sulla salute nell'intera area di studio.

I dati di caratterizzazione chimica delle polveri campionate hanno consentito di realizzare la mappatura spaziale del rischio sull'intera area consentendo di rappresentare per interpolazione anche aree per le quali non sono disponibili i dati puntuali di campionamento.

INQUADRAMENTO TERRITORIALE

2.0 CARATTERISTICHE TERRITORIALI DELL'AREA

2.1 GEOGRAFIA DEL TERRITORIO

La città di Terni, oggetto di questo studio, si dimostra essere un modello ideale per comprendere e valutare il contributo delle sorgenti emissive antropiche mediante l'analisi delle concentrazioni degli elementi contenuti nel PM campionato, e degli effetti sulla salute della popolazione, poiché essa racchiude al suo interno sia le fonti di emissione tipiche di ambienti urbani, sia quelle relative alla presenza del polo siderurgico di produzione e lavorazione dell'acciaio "Acciai Speciali Terni" e il polo di trattamento rifiuti di Maratta "EN.A". La città di Terni è situata nel centro Italia, più precisamente nella zona sud della regione Umbria (Figura 9). Si sviluppa tra le rive del fiume Nera e Serra, formando una conca delimitata dalle catene montuose dell'Appennino Umbro-Marchigiano e del Subappennino Laziale (Guerrini R.- ARPA Umbria).

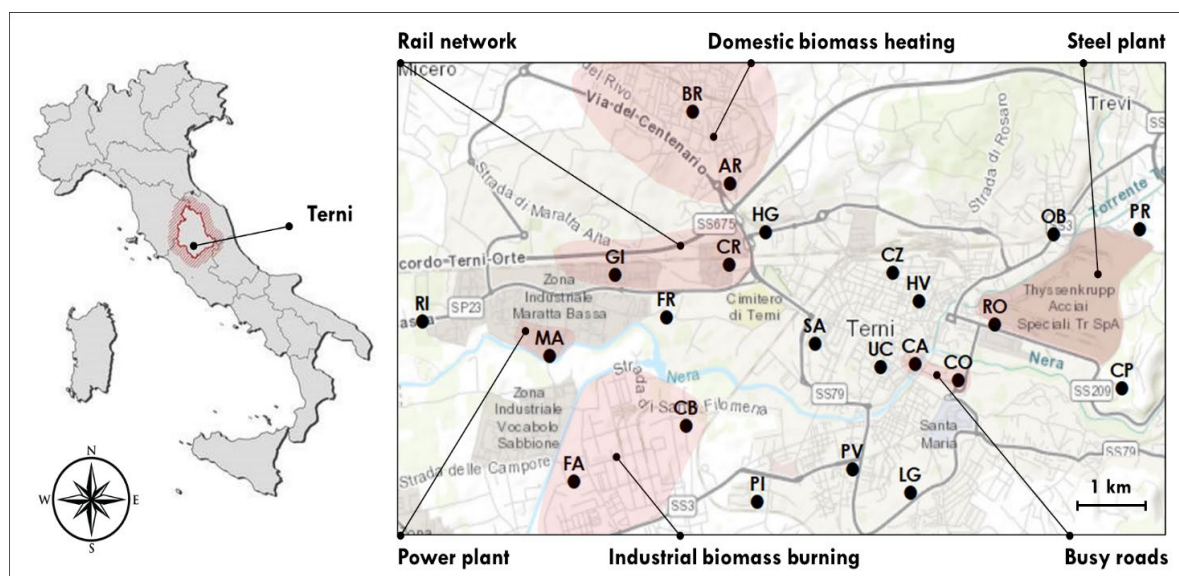


Fig.9: Mappa dei 23 siti nell'area in studio (Terni, Italia centrale) con la localizzazione delle principali sorgenti locali emissive degli elementi intraccia nel PM10 (ArcMap 10.3.1, ArcGis Desktop; ESRI, Redlands, CA, USA).

La conca ternana è una depressione intramontana di origine tettonica, risultato delle fasi tettoniche distensive che hanno interessato, dal Miocene superiore, questa parte dell'Appennino Centrale. La città si sviluppa quindi in un'ampia area pianeggiante caratterizzata prevalentemente da depositi alluvionali e fluviolacustri del Pleistocene e Pliocene e più recenti depositi dell'Olocene.

La città di Terni (42° 34'N; 12° 39' E) è situata in un bacino della Regione Umbria, nell'Italia

Centrale, si estende per 211,90 km² ed ha una popolazione di circa 112.000 persone (Sgrigna et al., 2015). La geomorfologia unica del bacino di Terni limita la miscelazione dell'aria e la trasmissione degli inquinanti, in particolare durante i regolari periodi invernali di stabilità atmosferica (Ferrero et al., 2012; Curci et al., 2015; Morini et al., 2016).

L'hinterland ternano ha un dislivello di 1.577 m s.l.m., si passa infatti dai 95 m del confine fra Terni e Narni fino ai 1.672 del Monte Aspra. I fiumi presenti nel territorio sono il Nera, il Serra, il Tescino, l'Aia e il canale di Recentino. Le Cascade delle Marmore sono formate dal fiume Velino che compie interamente il suo corso attraversando la provincia di Rieti e il suo capoluogo, gettandosi poi nel Nera.

Dal punto di vista climatico la città di Terni è caratterizzata da un "macroclima Collinare inferiore Umido inferiore": presenta valori di precipitazione media annua di 1.136 mm con fenomeni più abbondanti e frequenti nei mesi autunnali mentre i mesi estivi risultano essere piuttosto secchi (Biondi et. al, 2002). La temperatura media annua è di 15.5°C con massime che, nel periodo estivo, raggiungono valori intorno ai 31°C e minime, nei mesi invernali, intorno ai 3°C. Terni è la città che possiede il clima invernale più mite confrontato a quello registrato in altre città della regione Umbria.

I venti sono influenzati dalla conformazione della conca e tendono ad orientarsi verso l'asse NE-SO lungo il corso del Nera. Le catene montuose a nord rappresentano una barriera per i venti provenienti da N-O e questo ne determina la bassa frequenza (Guerrini R.- ARPA Umbria). Inoltre, la conformazione geomorfologica della città di Terni influenza le dinamiche che governano la dispersione degli inquinanti; uno studio effettuato nell'anno 2009 (B. Moroni et al, 2009) ha messo in luce la presenza di un forte strato di inversione termica a bassa quota (Figura 10).

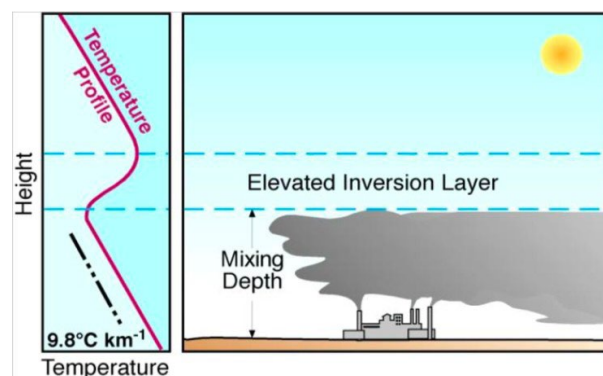


Fig.10: Schematizzazione di uno strato di inversione termica.

Con il termine inversione termica si indica un particolare fenomeno che caratterizza il profilo termico verticale dell'atmosfera terrestre per il quale si ha un gradiente termico verticale invertito, ossia positivo, rispetto alla norma. Quando ciò si verifica, la temperatura dello strato atmosferico coinvolto aumenta con la quota anziché diminuire. Ciò può accadere sia in quota, per effetto di subsidenza atmosferica che al suolo, per effetto

dell'irraggiamento terrestre notturno. L'inversione termica genera uno strato fortemente stabile rispetto alla convezione limitando così ogni rimescolamento verticale. Lo scarso o nullo rimescolamento, unito al raffreddamento, favoriscono spesso la formazione di foschie dense, nebbie fitte e persistenti e/o smog nello strato d'aria fredda al suolo specie nelle grandi aree urbane. È proprio in queste condizioni che si verificano situazioni di forte inquinamento atmosferico; le inversioni termiche al suolo sono più frequenti e intense durante la stagione invernale e i periodi di alta pressione e scarsa circolazione dell'aria: nelle notti serene e con assenza di vento, a causa della rapida perdita di calore per irraggiamento degli strati prossimi al suolo, si forma un cuscinetto di aria gelida a basse quote. Nei mesi caldi l'accentuata insolazione e la conseguente convezione favoriscono invece un gradiente termico verticale nella norma, cioè negativo, almeno durante il giorno (Jean Louis Battan, 1967).

2.2 ORIGINE INDUSTRIALE DEL SITO DI TERNI

Alle peculiari condizioni geomorfologiche e meteorologiche della città di Terni si aggiunge un forte impatto antropico legato a diverse sorgenti emmissive, tra cui le molteplici attività industriali presenti sul territorio.

Terni, infatti, è stata interessata da un intenso processo di industrializzazione che ha portato la città a diventare un importante polo siderurgico e chimico (Adorno e Neri Serneri, 2009). Attualmente i centri di sviluppo di maggiore rilevanza sono il polo di trattamento dei rifiuti (EN.A) e il polo siderurgico (ACCIAI SPECIALI TERNI - AST).

La presenza sul territorio di sorgenti emmissive antropogeniche così diversificate e le peculiari condizioni meteorologiche della conca ternana sono fattori che rendono questo territorio particolarmente adatto a studi innovativi di mappatura spaziale della dispersione e della composizione del particolato atmosferico.



Fig.11 *area di Terni*

2.2.1 LA ACCIAI SPECIALI TERNI

Nel territorio urbano di Terni è presente lo esteso stabilimento produttivo Acciai Speciali Terni (Figura 12), che produce acciai inossidabili e al carbonio, in forma di bramme, coils, laminati piani, tubi e fucinati (ARPA, 2018). Il primo insediamento siderurgico ternano, risalente al 1884, era destinato alla fabbricazione di materiale bellico. Le due guerre mondiali hanno portato un incremento dell'attività produttiva dell'acciaieria, che però subì ingenti danni durante i bombardamenti del 1944; nel secondo dopoguerra lo stabilimento abbandonò la produzione militare, passando a quella degli acciai per uso civile. Ad oggi l'acciaio viene prodotto a partire dalla fusione di rottame selezionato con 2 forni ad arco elettrico (EAF). L'acciaio fuso viene affinato nei 2 impianti AOD (Argon Oxygen Decarburization) e nell'impianto VOD (Vacuum Oxygen Degassing) e successivamente avviato agli impianti di colata continua (CCO) per la produzione di bramme (ARPA, 2018). Lo stabilimento è dotato di impianti di laminazione a caldo e a freddo, di linee di ricottura brillante e linee di ricottura e decapaggio (LAC e LAF). Nel sito industriale sono inoltre presenti diverse attività di servizio tra cui il cosiddetto "parco scorie", gli impianti di trattamento rifiuti e reflui interni allo stabilimento e la discarica sociale (ARPA, 2018).



Fig.12: Vista del polo industriale AST.

Da un punto di vista ambientale, gli impatti più significativi sono quelli legati alle emissioni in atmosfera e agli scarichi idrici (Guerrini R., ARPA Umbria). L'azienda ha infatti oltre 140 punti di emissione convogliate; tra questi i più impattanti per il territorio circostante sono i 3 camini connessi ai due forni fusori e i 2 camini connessi ai convertitori AOD; le emissioni prodotte da questi camini sono rilevanti sia in termini di qualità, essendo composti principalmente da polveri contenenti metalli pesanti (principalmente Cromo e Nichel), IPA, diossine e ossidi di azoto, sia in termini di quantità, essendo emessi complessivamente diversi milioni di metri cubi di effluenti gassosi ogni ora (Guerrini R., ARPA Umbria). I cinque camini sopradescritti sono dotati di sistemi di abbattimento delle polveri, costituiti

da batterie di filtri a maniche e di un sistema di monitoraggio in continuo delle emissioni e trasmissione dei dati a Provincia e Arpa per le polveri e il monossido di carbonio, e per parametri fisici, quali: portata, temperatura e pressione dell'effluente (Guerrini R.- ARPA Umbria).

2.2.2 IL POLO DI TRATTAMENTO DEI RIFIUTI

Il polo di trattamento di rifiuti nasce nell'area industriale di Maratta alla fine degli anni novanta con il termovalorizzatore di ASM Terni (Guerrini R., ARPA Umbria). Tale impianto venne realizzato per bruciare i rifiuti solidi urbani prodotti dal comune di Terni e da 7 sue province. Esso comprendeva due forni di incenerimento e apparecchiature ausiliarie. Per adeguarlo alla normativa relativa al trattamento dei fumi, furono poi aggiunte due camere di post-combustione, una sezione di recupero energetico e linee di trattamento dei fumi stessi. L'impianto è fermo dal 2007. Nella stessa area è entrato in esercizio nel 2002 l'impianto Terni EN.A (Figura 13) per la produzione di energia elettrica a partire dalla combustione di biomasse e di rifiuti speciali non pericolosi. Il combustibile utilizzato, una volta superate le fasi di controllo e analisi per la verifica delle caratteristiche chimico-fisiche, viene impiegato per alimentare il forno. La camera di combustione opera a una temperatura superiore a 850°C, garantita all'occorrenza da bruciatori ausiliari alimentati a metano.



Fig. 13: Vista aerea dell'impianto terni EN.A

Dal punto di vista del contenimento delle emissioni in atmosfera, l'impianto è dotato di una tecnologia di riduzione non catalitica (SNCR) che prevede l'iniezione nella camera di combustione di una soluzione a base di urea al fine di rimuovere gli ossidi di azoto; i fumi in uscita dalla caldaia attraversano un reattore a secco, al cui interno è inserito bicarbonato di sodio che abbate le componenti acide dei fumi, in cui viene iniettato del carbone attivo che permette la rimozione di complessi organici e metalli pesanti (Guerrini R., ARPA Umbria). L'effluente gassoso passa infine attraverso dei filtri a maniche per l'eliminazione

di polveri e ceneri volatili; i fumi sono quindi espulsi in atmosfera attraverso un unico punto emissivo, dotato di un sistema di monitoraggio in continuo e trasmissione dei dati a Provincia e ARPA, per i seguenti parametri: monossido di carbonio, ossidi di azoto, ossidi di zolfo, polveri totali, carbonio organico totale, acido cloridrico, acido fluoridrico, oltre ad altri parametri fisici quali portata, temperatura, pressione, umidità e contenuto di ossigeno dell'effluente (Guerrini R., ARPA Umbria).

3.0 STUDIO SPERIMENTALE

3.1 LA CAMPAGNA DI CAMPIONAMENTO

I risultati descritti in questa ricerca fanno riferimento alla campagna di monitoraggio della qualità dell'aria effettuata nella città di Terni, per un periodo di tempo che va da novembre 2016 a febbraio 2018. La prima fase della campagna di campionamento ha riguardato la scelta delle migliori postazioni in cui installare le stazioni di monitoraggio in modo da coprire il più omogeneamente possibile il territorio della città di Terni, evidenziando al contempo il contributo delle diverse sorgenti emmissive di particolato presenti sul territorio: l'impianto di trattamento dei rifiuti EN.A, la ferrovia, il traffico veicolare, il riscaldamento domestico e l'acciaieria "Acciai Speciali Terni" (Massimi et al., 2017).

Un altro punto critico che ha riguardato la fase di posizionamento dei campionatori è legato alla scelta di siti confrontabili in termini di esposizione (esposizione a sud e altezza dal suolo di circa 4 metri) (Massimi et al., 2017). Il grande impegno che ha caratterizzato questa prima fase della campagna ha permesso la definizione di una rete di monitoraggio estesa ed omogenea, in grado di rappresentare in maniera esaustiva le diverse sorgenti emmissive presenti nel territorio; a tal fine, è stata impiegata una griglia elaborata da Arpa Umbria, utilizzata per i modelli di dispersione degli inquinanti atmosferici (Figura 14). I campionatori a basso volume sono stati utilizzati in una griglia estesa e fitta (23 siti di campionamento, distanti circa 1 km l'uno dall'altro) durante una campagna di monitoraggio di 15 mesi per la raccolta del PM10 e l'analisi della frazione idrosolubile e insolubile di 33 elementi mediante l'applicazione di una procedura di frazionamento chimico che consente di aumentare la selettività degli elementi come traccianti sorgente (Astolfi et al., 2006; Canepari et al., 2009; Massimi et al., 2020b).



Fig.14: Griglia elaborata da ARPA Umbria utilizzata per individuare le postazioni di posizionamento dei campionatori.

La griglia, formata da maglie aventi dimensioni di 1 km x 1 km, ha permesso l'individuazione di 23 stazioni di monitoraggio (Figura 15) per il posizionamento dei sistemi

di campionamento attivo del PM.

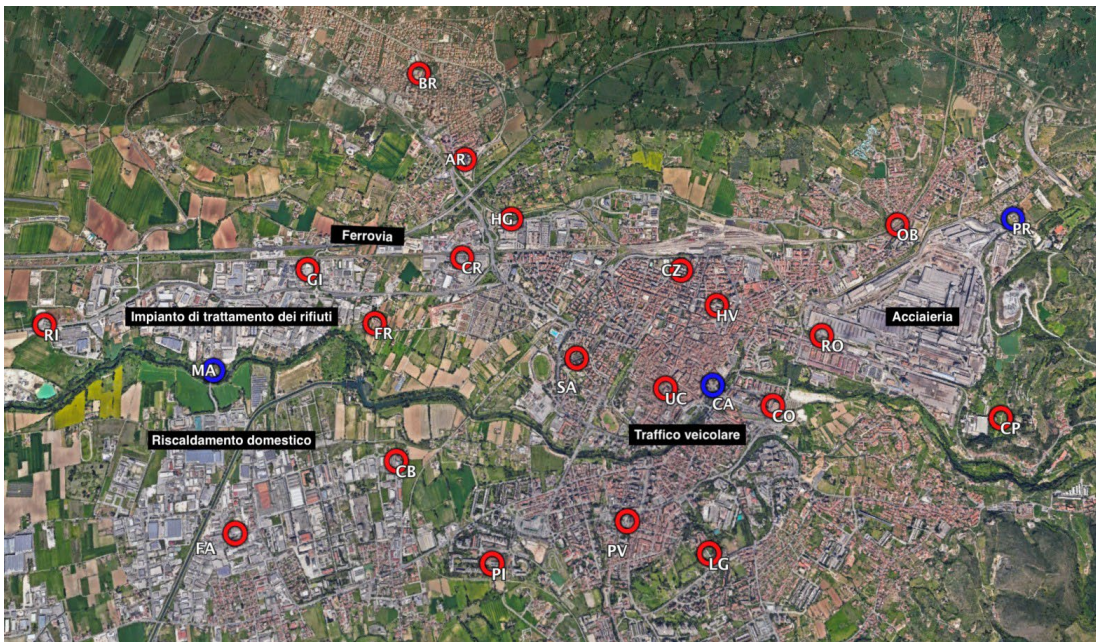


Fig. 15: Mappa delle stazioni di monitoraggio presenti nella città di Terni, con le principali fonti di emissione.

I 23 siti di campionamento indicati in Fig. 15 sono stati scelti per coprire l'intera area con una risoluzione spaziale di circa 1 km e per indagare i contributi delle principali sorgenti di emissione locale di PM₁₀.

Delle 23 stazioni individuate sul territorio:

- 5 stazioni (MA, CA, PR, BR, LG) appartengono alla rete di monitoraggio della qualità dell'aria dell'Agenzia Regionale ARPA Umbria.
- 3 stazioni (MA, CA, PR, riportate in blu sulla mappa) presentano sia i campionatori *Smart Sampler* che gli impattori multistadio per il campionamento del PM.
- 1 stazione (PV) è rappresentata da un grattacielo.

In particolare i siti:

- RI e MA si trovano nella zona ovest della città, in prossimità della centrale di trattamento dei rifiuti;
- GI, CR e HG si trovano a nord-ovest della città, in prossimità della ferrovia;
- CZ, HV, SA, UC, CA e CO si trovano nel centro della città, tra la rete ferroviaria e le strade principali.
- FA e CB, nel sud-ovest della città, vicini a una falegnameria e un laboratorio di artigianato riscaldamento industriale di biomassa
- PI, PV e LG, sono interessate dalla combustione di biomasse industriali, e combustione di scarti di carpenteria;
- FR, BR e AR, nel nord della città, si trovano vicino a case a schiera spesso riscaldate da apparecchi a biomassa;
- RO, OB, PR e CP, nell'est della città, si trovano vicino all'acciaieria.

Le caratteristiche e le coordinate dei siti di campionamento sono riassunte in Tabella 7.

	Tipologia di sito e maggiore sorgente emissiva locale di PM	Latitude	Longitude
RI	Industrial Site-Power Plant & Biomass Domestic Heating	42°33' 52.02" N	12°35' 21.94" E
MA	Industrial Site-Power Plant	42°33' 41.42" N	12°36' 19.05" E
FA	Industrial Site-Power Plant	42°33' 03.19" N	12°36' 29.76" E
GI	Industrial Site-Power Plant & Railway	42°34' 06.28" N	12°36' 48.27" E
FR	Industrial Site-Power Plant & Biomass Domestic Heating	42°33' 53.22" N	12°37' 11.44" E
CB	Industrial Site-Power Plant	42°33' 20.30" N	12°37' 20.45" E
PI	Urban Background Site (South of the City)	42°32' 56.96" N	12°37' 52.26" E
BR	Urban Background Site (North of the City)	42°34' 56.19" N	12°37' 23.30" E
AR	Urban Background Site (North of the City)	42°34' 34.23" N	12°37' 39.88" E
CR	Industrial Site-Power Plant & Railway	42°34' 09.49" N	12°37' 39.81" E
HG	Urban Site-Vehicular Traffic & Railway	42°34' 19.32" N	12°37' 56.02" E
SA	Urban Site-Heavy Vehicular Traffic	42°33' 45.16" N	12°38' 18.45" E
PV	Urban Site-Vehicular Traffic	42°33' 06.96" N	12°38' 35.20" E
LG	Urban Background Site (South of the City)	42°32' 59.75" N	12°39' 01.16" E
CZ	Urban Site-Vehicular Traffic	42°34' 06.90" N	12°38' 52.97" E
HV	Urban Site-Vehicular Traffic	42°33' 58.33" N	12°39' 04.74" E
UC	Urban Site-Vehicular Traffic	42°33' 38.09" N	12°38' 47.62" E
CA	Urban Site-Heavy Vehicular Traffic	42°33' 39.01" N	12°39' 03.11" E
CO	Industrial Site-Steel Plant & Heavy Vehicular Traffic	42°33' 34.23" N	12°39' 22.62" E
RO	Industrial Site-Steel Plant	42°33' 51.16" N	12°39' 39.15" E
OB	Industrial Site-Steel Plant	42°34' 18.64" N	12°40' 05.57" E
PR	Industrial Site-Steel Plant	42°34' 20.30" N	12°40' 44.23" E
CP	Industrial Site-Steel Plant	42°33' 31.65" N	12°40' 36.04" E

Tab.7: *caratteristiche e coordinate geografiche dei 23 siti di campionamento presenti nella città di Terni.*

La mappa seguente (figura 16) rappresenta tutte le stazioni di campionamento e le principali sorgenti di emissione allocate nella conca ternana. L'area è caratterizzata dalla presenza di tipiche emissioni di PM urbane come riscaldamento domestico, biomassa, ferrovia e traffico veicolare e da emissioni industriali quali l'impianto di trattamento rifiuti ad ovest della città e l'acciaieria ad est. I siti di campionamento e la variabilità spaziale delle concentrazioni di elementi nel PM10 nei 23 siti (RI, MA, FA, GI, FR, CB, PI, BR, AR, CR, HG, SA, PV, LG, CZ, HV, UC, CA, CO, RO, OB, PR, CP) sono già stati ampiamente studiati e sono dettagliati in Massimi et al., 2020a, 2020b e 2020c.

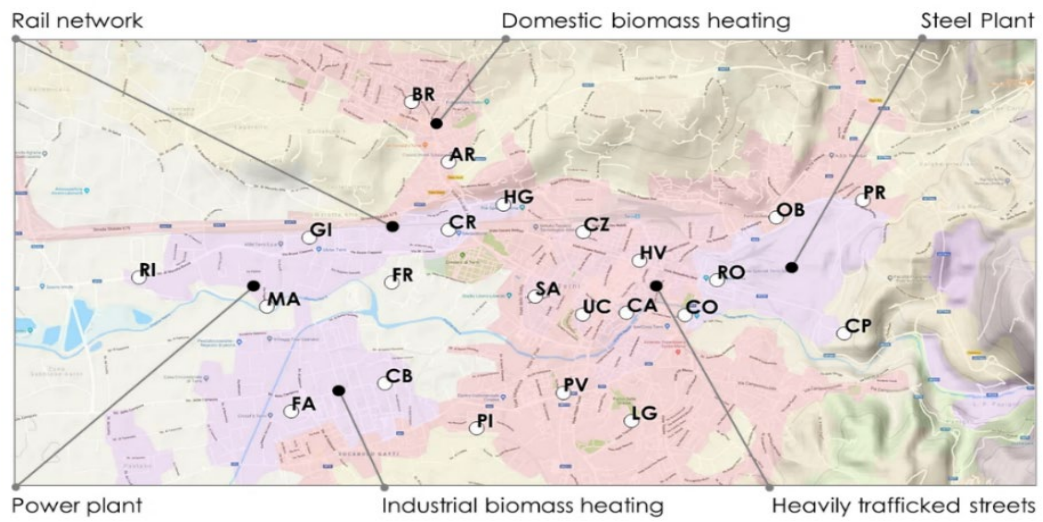


Fig.16: stazioni di campionamento e principali sorgenti di emissione



Fig.17: visione aerea principali sorgenti di emissione

3.2 METODOLOGIA DI CAMPIONAMENTO

3.2.1 GLI SMART SAMPLER

Il monitoraggio della qualità dell'aria è avvenuto tramite innovativi sistemi di campionamento, leggeri e piccoli, Smart Sampler (FAI Instruments) installati semplicemente sulle strutture esistenti quali pali, ringhiere, balconi nei diversi siti precedentemente selezionati (Figura 18). Sono stati per la prima volta utilizzati sul campo campionatori smart sampler a basso costo, con un numero estremamente elevato di dati acquisiti, confrontando analizzando e validando quanto ottenuto con strumenti certificati operanti ad un flusso di 2,3 m³/h, in accordo con la legislazione Europea sia rispetto alla ripetibilità del dato che alla stabilità del campione prelevato. Attraverso tali campionatori è stato possibile ottenere dati analitici del particolato e dei componenti elementari con una risoluzione temporale mensile e spaziale molto elevata (circa 1 km di distanza tra i campionatori) che non è possibile ottenere con i campionatori convenzionali a 24 h. 23 campionatori ad alta risoluzione spaziale HSRS con filtri a membrana in politetrafluoroetilene (PTFE) da 37 mm (dimensione dei pori di 2µm, Pall Corporation, Port Washington, NY, USA) sono stati impiegati in parallelo per raccogliere campioni di PM₁₀ nei 23 siti per 12 periodi di campionamento, dal 19 novembre 2016 al 19 febbraio 2018. Le date di inizio e fine di ciascun periodo sono riportate in Massimi et al., 2020b.



Fig. 18: Smart Sampler installati nella città di Terni in 4 diversi siti.



Fig. 19: Nuovi campionatori per il PM

Si tratta di sistemi di campionamento attivo del particolato atmosferico con teste di taglio specifiche per la frazione del PM₁₀, ideali per la realizzazione di studi di mappatura spaziale: sono infatti strumenti automatici, autoalimentati attraverso un pannello fotovoltaico e dotati di una batteria ricaricabile, a basso costo e basso flusso (0.5 L/min).

Le caratteristiche peculiari di questi strumenti hanno permesso la progettazione di una estesa rete di monitoraggio nel territorio: l'acquisizione di dati con una risoluzione spaziale così elevata ha permesso di realizzare una mappatura spaziale delle concentrazioni di PM₁₀ e delle sue componenti, utile alla comprensione della loro capacità di disperdersi nel territorio della città di Terni.

In sintesi, le componenti principali del campionatore *Smart Sampler* sono (Figure 20 e 21):

- Pannello fotovoltaico e blocco batteria
- Corpo strumento
- Cartuccia
- Sistema di lettura della cartuccia con cavo USB

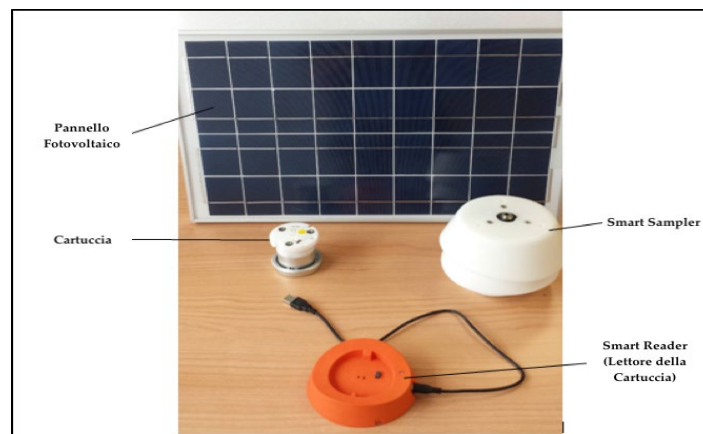


Fig. 20: Componenti principali di uno Smart Sampler.

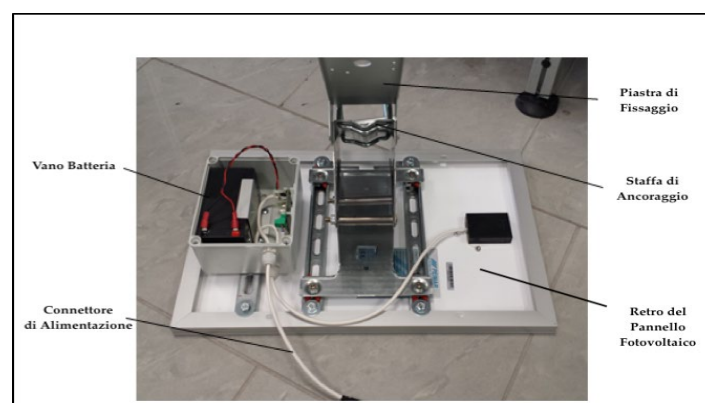


Fig. 21: Visione posteriore del pannello fotovoltaico.

Per quanto riguarda il corpo dello strumento (Figura 22), questo è dotato di:

- Un'entrata per il cavo di alimentazione collegato alla batteria, caricata dal pannello fotovoltaico
- Un foro inlet per l'entrata dell'aria
- Un connettore per la comunicazione con la cartuccia

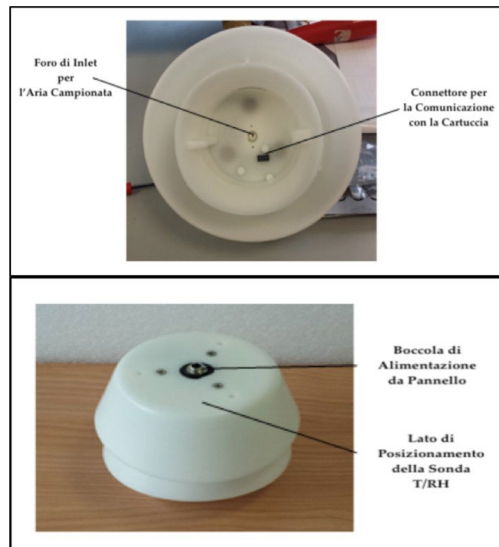


Fig. 22: *Visione inferiore (in alto) e superiore (in basso) del corpo strumento.*

Data la presenza del pannello fotovoltaico e della batteria ricaricabile per l'autoalimentazione del sistema di campionamento, è fondamentale posizionare gli *Smart Sampler* con il pannello orientato verso Sud, in modo da garantire la massima esposizione alla luce solare che consente alla batteria di accumulare energia sufficiente per poter campionare nelle ore prive di luce.

La cartuccia (Figure 23 e 24) contiene al suo interno:

- Un foro inlet per l'ingresso dell'aria
- Un disco impattore progettato per selezionare particelle della frazione del PM₁₀
- Una membrana filtrante (filtro in teflon Pall Corporation 37 mm porosità 2 μm, Cobetter Filtration 37 mm porosità 2 μm), sostituita dopo il campionamento mensile
- Una memoria SD preposta all'immagazzinamento dei dati scaricabili relativi al campionamento:
 - Data e ora record [YYYY/MM/DD; hh:mm]
 - ID modulo base e ID cartuccia
 - Pressione assoluta e differenziale [kPa; Pa]
 - Flusso [lpm]
 - Resistenza potenziometro digitale [Ohm]
 - Tensione batteria [V]
 - Volume totale campionato [L]
 - Totale minuti trascorsi in POWER DOWN



Fig. 23: Visione superiore (sinistra) e inferiore (destra) della cartuccia di campionamento.

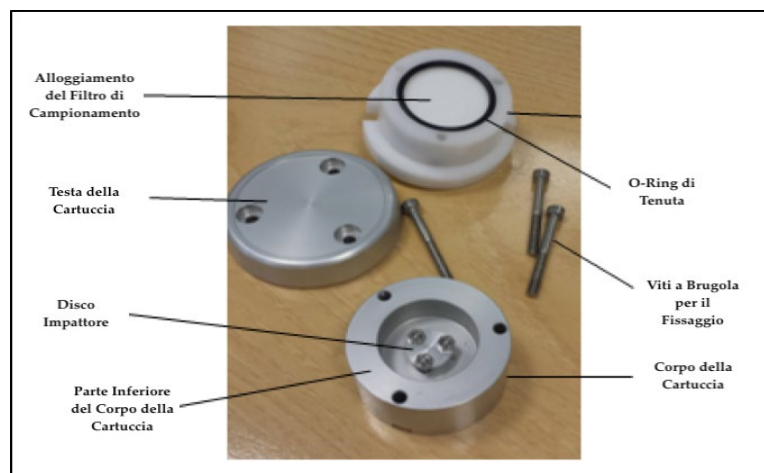


Fig. 24: Visione delle componenti interne della cartuccia di campionamento.

Attraverso uno specifico sistema di lettura (Figura 25) è possibile collegare la cartuccia al software per PC *Smart Sampler Reader* per scaricare i dati relativi al volume di campionamento, utile al calcolo della concentrazione di massa del PM_{10} .

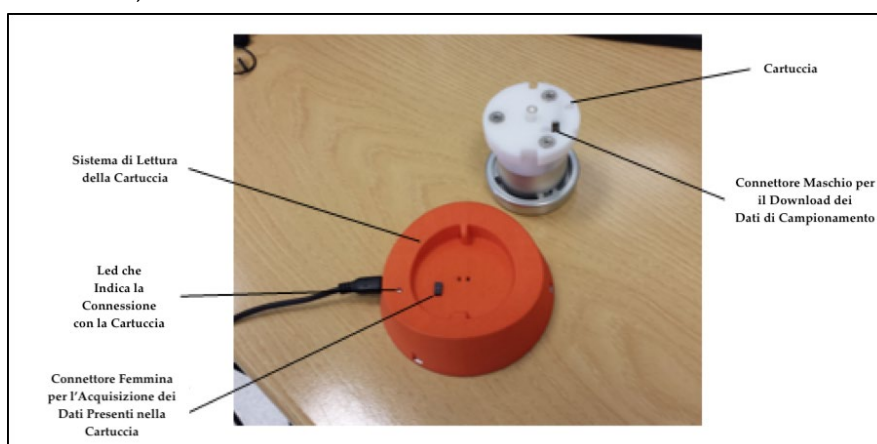


Fig. 25: Sistema di lettura utilizzato per il download dei dati di campionamento.

Attraverso lo stesso software (Fig. 26) è inoltre possibile programmare la campagna successiva, inserendo la data e l'ora di inizio e fine campionamento.

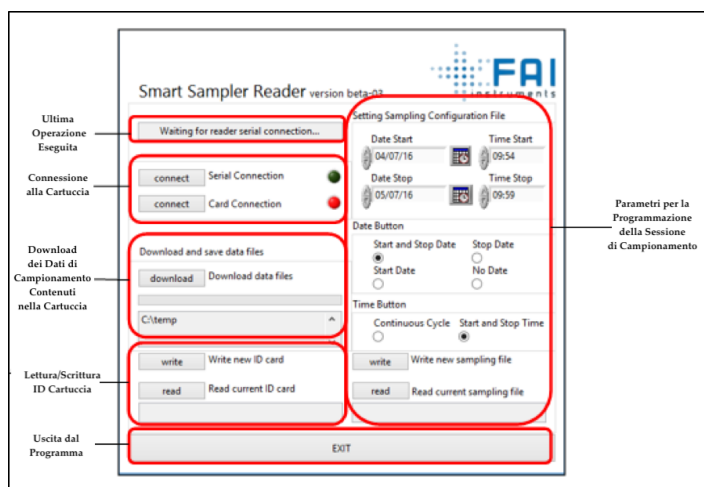


Fig.26: Schermata principale del software Smart Sampler Reader.

3.3 CARATTERIZZAZIONE CHIMICA E FISICA DELLE POLVERI

La campagna di monitoraggio della qualità dell'aria oggetto di questo studio, effettuata nel periodo compreso tra novembre 2016 e febbraio 2018, ha previsto la caratterizzazione fisica e chimica del particolato atmosferico attraverso l'utilizzo di un gran numero di tecniche analitiche e grazie anche alla collaborazione con l'Istituto Inquinamento Atmosferico del Centro Nazionale delle Ricerche (IIA-CNR) di Montelibretti.

Le specifiche relative alle diverse campagne di campionamento e alle analisi effettuate sui filtri sono riportate in Tab. 8.

Periodo di campionamento	Tipo di campionamento	Analisi effettuate
19-11-16-12.12.16	SS	ICP/MS
17.12.16-16.01.17	SS	ICP/MS, XRF, IC
21.01.17-20.02.2017	SS	ICP/MS,
25.02.2017-27.03.2017	SS	ICP/MS, XRF
01.04.2017-01.05.2017	SS	ICP/MS
06.05.2017-05.06.2017	SS	ICP/MS,
10.06.2017-17.07.2017	SS	ICP/MS XRF
22.07.2017-28.08.2017	SS	ICP/MS
02.09.2017-02.10.2017	SS	ICP/MS,SEM
15.09.2017-30.09.2017	IM	ICP/MS,
21.10.2017-20.11.2017	SS	ICP/MS,
25.11.2017-15.01.2018	SS	ICP/MS,
20.01.2018-19.02.2018	SS	ICP/MS,XRF,IC
15.02.2018-06.03.2018	IM	ICP/MS,

Tab.8: Specifiche riguardanti i diversi campionamenti effettuati nella città di Terni (SS = Smart Sampler PM10; I/O = Campionatori Smart Sampler Indoor e Outdoor; PV = Profilo Verticale; IM = Impattori; * = analisi effettuate presso il CNR di Montelibretti).

3.3.1 REATTIVI E APPARECCHIATURE

- HNO₃ 67% (Promochem)
- H₂O₂ 30% suprapur (Pa Merck)
- H₂O ad elevata purezza (Arioso UP 900 Integrate Water Purification System)
- Filtri in Teflon PTFE, Pall Corporation diametro 37 mm, porosità 2 µm
- Filtri in Teflon Cobetter Filtration 37 mm, porosità 2 µm
- Filtri in nitrato di cellulosa, porosità 0.45 µm Millipore
- Filtri da siringa GVS Filter Technology diametro 25 mm
- Mineralizzatore a microonde Milestone Ethos Touch Control con rotore HPR 1000/6S
- Spettrometro di Massa Bruker 820-MS ICP Mass Spectrometer
- Bagno ad ultrasuoni Ulsonix Proclean 10.0
- Per la preparazione degli standard ICP sono state utilizzate soluzioni standard multielemento da 1000 ppm (ULTRA SCIENTIFIC ICUS-3849, ICUS-3850, EXAXOL ITALIA)
- Come standard interno per l'analisi ICP è stata utilizzata una soluzione di Ittrio (Y) a 1000 ppm (PanReac)

3.3.2 TRATTAMENTO ED ANALISI DEI CAMPIONI

Tutti i filtri in Teflon impiegati per il campionamento nelle diverse stazioni di monitoraggio vengono pesati, previo condizionamento, prima e dopo il loro utilizzo presso l'Istituto per l'Inquinamento Atmosferico del CNR, Montelibretti mediante bilancia Sartorius SCC 400L, per la determinazione della concentrazione di massa del particolato atmosferico campionato. Durante il trasporto e lo stoccaggio, per evitare qualsiasi contaminazione proveniente dall'esterno, tutti i filtri vengono posti all'interno di contenitori (porta-filtri) in materiale plastico. Successivamente alla pesata, le membrane in teflon vengono sottoposte alla procedura di frazionamento chimico, che si articola in una fase di estrazione e successiva mineralizzazione, per la determinazione della componente idrosolubile e residua di ogni elemento. Questo si è dimostrato essere uno strumento particolarmente efficace per incrementare la selettività dei diversi elementi come traccianti di sorgente e per ottenere informazioni più dettagliate sulla loro bioaccessibilità e quindi sui potenziali effetti di questi elementi su organismi viventi. È stata utilizzata una procedura di frazionamento chimico, che ha consentito di separare la frazione solubile e insolubile degli elementi aumentando la loro selettività come traccianti di sorgente. L'analisi chimica dei campioni di *of* PM₁₀ è stata incentrata sul contenuto elementare. Le membrane filtranti in Teflon vengono utilizzate per la determinazione della componente idrosolubile e residua di ogni elemento chimico (frazionamento chimico). La procedura analitica di frazionamento chimico, si articola in una fase di estrazione ed una fase di mineralizzazione che consentono di separare la frazione solubile delle componenti elementari del PM dalla frazione insolubile o residua.

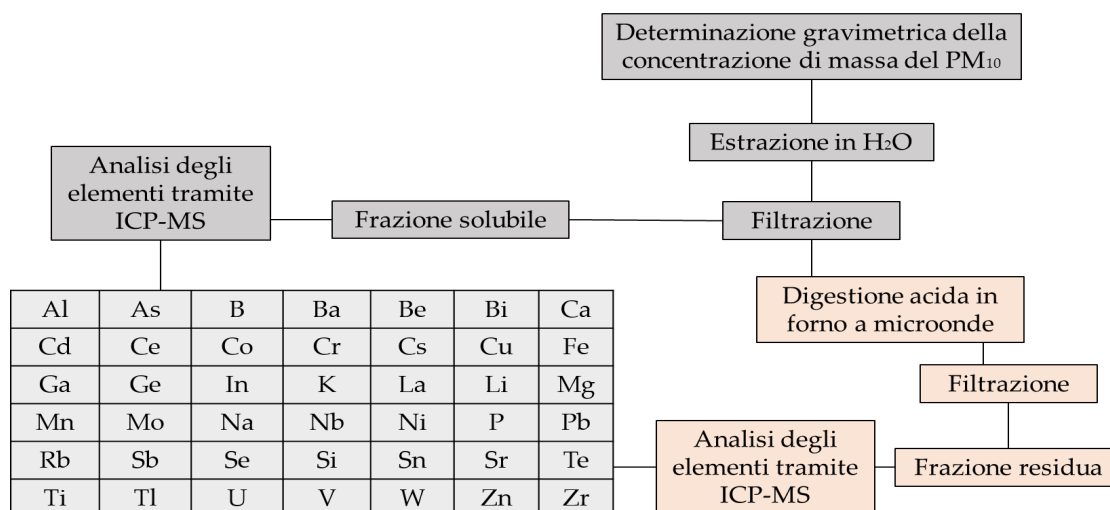


Fig. 27 Schema riassuntivo della procedura analitica di frazionamento chimico

Il limite minimo di rilevabilità (MDL) di ciascuna variabile è stato impostato come media di 3 volte la deviazione standard (DS) di 10 determinazioni replicate nel bianco, i valori al di sotto di MDL sono stati sostituiti con MDL/2. Le concentrazioni totali degli elementi sono state ottenute sommando le concentrazioni della frazione idrosolubile a quella della frazione insolubile. Sono riportate le concentrazioni medie e MDL delle frazioni idrosolubili e insolubili di tutti gli elementi analizzati per l'intero periodo di monitoraggio in ciascuno dei 23 siti (Astolfi et al. (2020) e Canepari et al. (2009), rispettivamente, descrivono nel dettaglio le condizioni strumentali e le prestazioni del metodo.

3.3.3 TRATTAMENTO DEL CAMPIONE: ESTRAZIONE

I filtri in Teflon campionati vengono privati, mediante l'uso di un bisturi in acciaio inossidabile, dell'anello di supporto in polimetilpentene e posti, con l'aiuto di pinzette in metallo rivestite di teflon, in provette di polietilene contenenti 10 mL di H₂O deionizzata ad elevata purezza. I campioni vengono poi sonicati per un tempo di 30 minuti. La soluzione ottenuta viene quindi filtrata, mediante utilizzo di un sistema filtrante, su filtri in nitrato di cellulosa con pori da 0,45 µm; sia i filtri in nitrato di cellulosa che il sistema filtrante utilizzati vengono precedentemente lavati per due volte con acqua deionizzata. Il setto poroso e le altre componenti del sistema filtrante, quando non utilizzate, sono conservate in una soluzione HNO₃: H₂O 1: 4. Quando previsto, dai campioni precedentemente sonicati e non ancora filtrati, vengono prelevati 2,2 ml per l'analisi della componente ionica tramite Cromatografia Ionica (IC) (effettuata presso IIA del CNR di Montelibretti); successivamente al filtraggio vengono invece prelevati 2,5 ml, portati poi a 5 ml utilizzando acido nitrico 1%, per l'analisi della componente estratta degli elementi tramite ICP-MS (campioni diluiti 1:20). La restante soluzione filtrata viene utilizzata per le procedure analitiche del potenziale ossidativo del PM campionato, descritte successivamente.

3.3.4 TRATTAMENTO DEL CAMPIONE: MINERALIZZAZIONE

Successivamente alla fase di estrazione, i filtri di campionamento vengono digeriti in microonde (Figura 28) insieme ai filtri di nitrocellulosa utilizzati per la filtrazione della soluzione estratta utilizzando una soluzione costituita da 2 ml di HNO₃ al 67% e 1 ml di H₂O₂ al 30%. La digestione avviene all'interno di autoclavi in quarzo in cui vengono posti i campioni; tali contenitori (20 postazioni) vengono appositamente chiusi prima di essere introdotti nel forno a microonde.

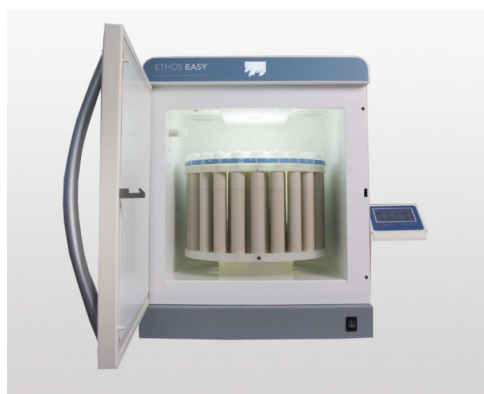


Fig. 28: Microonde Ethos utilizzato per la digestione acida dei campioni.

Il programma di mineralizzazione è riportato nella seguente tabella (Tabella 9).

Step	Tempo (min.)	Temperatura (°C)
1	5	0-100
2	12	100-180
3	15	180
4	30	---

Tab.9: Programmata termica effettuata per la digestione acida dei campioni.

Dopo la digestione acida, la soluzione viene portata ad un volume finale di 50 ml all'interno di Falcon utilizzando H₂O deionizzata, dopodiché viene nuovamente filtrata con filtro a siringa e posta all'interno di provette per essere analizzata tramite ICP/MS.

3.3.5 ANALISI STRUMENTALE ICP-MS

Le soluzioni ottenute dal trattamento dei filtri in Teflon (frazione estratta e frazione residua) vengono quindi analizzate tramite l'ICP-MS (dall'inglese Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry, spettrometria di massa al plasma accoppiato induttivamente) (Bruker 820-MS ICP Mass Spectrometer) (Figura 29).



Fig. 29: ICP-MS Bruker 820-MS.

Per poter passare dal segnale del rilevatore al dato quantitativo è necessario calibrare lo strumento e costruire quindi le rette di taratura dei diversi elementi; a tale proposito sono state preparate 3 soluzioni multistandard contenenti gli elementi analizzati (34 elementi) a diverse concentrazioni (Tabella 10) a partire da soluzioni multistandard a concentrazioni note. I bianchi per l'analisi della frazione estratta sono stati preparati con 1 ml di acqua deionizzata portata a volume (10 mL) con HNO₃ 1%, mentre i bianchi per l'analisi della frazione residua sono stati preparati con 1 mL di HNO₃:H₂O 1:4 portata a volume (10 mL) con HNO₃ 1%. Come standard interno per le analisi è stato aggiunto Itrio (Y) ad una concentrazione di 500 ppb a tutti i campioni, compresi i bianchi di taratura e le soluzioni standard. In questo modo è stato possibile riferire tutti i dati alla lettura di Itrio compensando eventuali fluttuazioni legate alla temperatura del plasma e alla nebulizzazione delle soluzioni analizzate.

Elemento	Concentrazione Std 1 (ppb)		Concentrazione Std 2 (ppb)		Concentrazione Std 3 (ppb)	
	Fraz. Estratta	Fraz. Residua	Fraz. Estratta	Fraz. Residua	Fraz. Estratta	Fraz. Residua
Al	11	21	22	42	55	105
As	1	1	2	2	5	5
B	5	10	10	20	25	50
Ba	1	6	2	12	5	30
Bi	1	1	2	2	5	5
Ca	100	20	200	40	500	100
Cd	1	1	2	2	5	5
Ce	5	5	10	10	25	25
Co	5	5	10	10	25	25
Cr	1	6	2	12	5	30
Cs	1	1	2	2	5	5
Cu	1	6	2	12	5	30
Fe	10	20	20	40	50	100
La	1	1	2	2	5	5
Li	1	1	2	2	5	5
Mg	10	20	20	40	50	100
Mn	1	1	2	2	5	5
Mo	1	1	2	2	5	5
Na	100	20	200	40	500	100
Nb	1	1	2	2	5	5
Ni	1	1	2	2	5	5
Pb	1	6	2	12	5	30
Rb	1	1	2	2	5	5
Sb	1	1	2	2	5	5
Si	10	20	20	40	50	100
Sn	1	1	2	2	5	5
Sr	5	5	10	10	25	25
Ti	1	6	2	12	5	30
Tl	1	1	2	2	5	5
U	1	1	2	2	5	5
V	1	1	2	2	5	5
W	1	1	2	2	5	5
Zn	10	5	20	10	50	25
Zr	1	1	2	2	5	5

Tab. 10: Concentrazione (ppb) degli elementi contenuti nelle tre soluzioni standard (Std 1, Std2, Std3) utilizzate per l'analisi della frazione solubile e residua tramite ICP-MS.

3.4 RISCHIO INALATORIO PER LA POPOLAZIONE

L'esposizione ad uno o più fattori di rischio dovuti a specie chimiche xenobiotiche determina un rischio per la salute di rilievo che può essere valutato attraverso metodologie ufficiali dell'Environmental Protection Agency (EPA). In particolare le vie di accesso all'organismo di un inquinante possibili sono la via inalatoria, cutanea ed ingestiva. Il rischio di esposizione ad agenti xenobiotici dipende quindi dalle possibili vie di esposizione: ingestione, dermica e inalazione. Tuttavia, si può ragionevolmente ritenere che nel caso degli elementi presenti nel particolato atmosferico gli effetti sulla salute umana siano dovuti prevalentemente dalla penetrazione attraverso la via inalatoria mentre la via ingestiva e cutanea sono di fatto trascurabili (Huang et al. 2014). Nello studio in esame viene considerata solo la via inalatoria in quanto prioritaria rispetto all'esposizione al particolato atmosferico.

3.4.1 VALUTAZIONE DEL RISCHIO INALATORIO PER LA SALUTE DELLA POPOLAZIONE

3.4.1.1 RISCHIO INALATORIO NON CANCEROGENO

Per determinare il rischio dovuto all'esposizione per via inalatoria l'EPA per i non cancerogeni raccomanda la Metodologia della dosimetria inalatoria che tiene conto della stima di concentrazioni di esposizione (CE) per ciascun inquinante a cui si è esposti.

Gli EC sono concentrazioni medie ponderate nel tempo derivate da misurazioni rappresentative nel tempo e nello spazio o da modelli di contaminanti nell'aria in un sito che dipendono dalle caratteristiche o scenario di esposizione (sorgenti emissive, topologia, caratteristiche geomorfologiche del territorio, condizioni climatiche ecc.) e devono essere accurate e rappresentative dell'esposizione della popolazione oggetto di valutazione del rischio. Ai fini della corretta valutazione del rischio è fondamentale che i valori di EC utilizzati siano rappresentativi dell'esposizione inalatoria della popolazione.

Di seguito sono fornite le equazioni per la stima degli EC.

Il rischio per la salute umana è stato valutato sulla base delle concentrazioni medie annuali di esposizione della popolazione agli oligoelementi analizzati e presenti nel particolato.

Il rischio associato all'esposizione al PM è stato calcolato seguendo il metodo EPA della dosimetria inalatoria utilizzato (Singh e Gupta, 2016) per valutare la dose di esposizione in termini di dose giornaliera media nel tempo di vita (ADD_{inh} in $mg\ kg^{-1}\ giorno^{-1}$) di aerosol.

Questo può essere espresso come segue:

$$ADD_{inh} = \frac{C \times IR \times CF \times EF \times ED}{BW \times AT_n}$$

Dove

Parametro	Descrizione	Unità di misura
C	Concentrazione della specie	(μgm^{-3}),
IR	Tasso di inalazione dell'aria come	10 m^3 giorno ⁻¹ per i bambini
		20 m^3 giorno ⁻¹ per gli adulti,
CF	Fattore di correzione unitario	pari a 0,001
EF	Frequenza di esposizione	(giorni anno ⁻¹)
ED	Durata dell'esposizione nell'arco della vita	(anni)
BW	Peso corporeo	15 kg per i bambini
		70 kg per gli adulti
ATn	Tempo medio	(Giorni).
ADD	Calcolato secondo quanto previsto nel Manuale di valutazione della salute umana (Parte A), guida supplementare per la valutazione del rischio inalatorio (Parte F) (USEPA, 2004 e 2009)	

Tab. 11: parametri per il calcolo del rischio inalatorio non cancerogeno

Il rischio non cancerogeno è rappresentato dal quoziente di pericolosità (HQ) e dall'indice di pericolosità (HI), che possono essere utilizzati per stimare il rischio non cancerogeno degli inquinanti. Una volta che l'ADD dovuto all'inalazione è stato calcolato utilizzando l'Equazione, in cui HQ può essere determinato come segue

$$HQ = \frac{ADD_{inh}}{RfD_{inh}}$$

dove RfD_{inh} è il livello di esposizione di riferimento per la popolazione umana adottato dall'USEPA (United States Environmental Protection Agency) (2015). Se $HQ > 1$, ovvero la dose giornaliera media è maggiore del valore di riferimento, l'effetto avverso atteso sulla salute umana è dovuto all'esposizione per inalazione, mentre se $HQ < 1$, non indica alcun effetto avverso sulla salute.

HI è stato calcolato come indicato nell'Eq. secondo il metodo di Zheng et al. (2010).

$$HI = \sum_{i=1}^n HQ_1 + HQ_2 + HQ_3 + \dots + HQ_n$$

con $i =$ da 1 a n elementi.

3.4.1.2 RISCHIO INALATORIO CANCEROGENO

Per determinare il rischio dovuto all'esposizione per via inalatoria l'EPA per i cancerogeni raccomanda la Metodologia seguente che valuta l'incremento del rischio.

L'incremento del rischio di cancerogenico (ECR) può essere stimato in termini di probabilità incrementale di sviluppare il cancro nel corso della vita dall'entità dell'esposizione totale a potenziali agenti cancerogeni per gli esseri umani. L'ECR può essere espresso come segue (USEPA 2011):

$$ECR = \frac{C \times ET \times EF \times ED \times IUR}{AT}$$

dove

Parametro	Descrizione	Unità di misura
C	Concentrazione media delle specie dell'elemento	($\mu\text{g m}^{-3}$),
ET	Tempo di esposizione	(12 h giorno ⁻¹),
EF	Frequenza di esposizione	(giorni anno ⁻¹),
ED	Tempo medio di durata dell'esposizione	24 anni
ATn	Tempo medio per cancerogeno	(ATn = 70 anni × 365 giorni × 24 ore giorno ⁻¹).
IUR	Rischio unitario di inalazione dell'elemento	($\mu\text{g/m}^3$) ⁻¹ , ottenuto dal database dell'USEPA, Integrated Information Risk System (https://www.epa.gov/iris).

Tab. 12: parametri per il calcolo del rischio inalatorio cancerogeno

I valori di riferimento per determinare il rischio cancerogeno sono raccomandati dall'USEPA (Agenzia per la protezione dell'ambiente degli Stati Uniti) (2015) per la salute pubblica. Il valore accettabile è 10^{-6} per una protezione e 10^{-4} è probabilmente un rischio tollerabile. Nel presente studio, l'eccesso di rischio di cancro è stato stimato solo per Pb, Cr e Ni noti agenti cancerogeni che rappresentano un rischio per la via inalatoria (IRIS 1995). Il rischio specifico della fonte è stato calcolato come la somma dei rischi di cancro di specie selezionate con rischio unitario come seguito da Wu et al. (2009).

$$RAp = \sum X_{ip} \times IUR_i$$

dove X_{ip} è la concentrazione media delle specie i nella sorgente p e IUR_i è il rischio unitario della specie i . Gli IUR sono stati ottenuti dall'USEPA (2011).

4.0 RISULTATI E DISCUSSIONE

4.1 ANALISI ELEMENTARE ICP-MS

L'applicazione di una procedura a due step, che, consiste in una fase di estrazione in acqua ultrapura e in una successiva fase di mineralizzazione, ha permesso di discriminare la frazione estratta e residua dei diversi elementi che compongono il particolato atmosferico campionato nel corso delle diverse campagne.

Ciò si è dimostrato particolarmente efficace nell'incrementare la selettività degli elementi analizzati come traccianti di diverse sorgenti emissive, poiché le particelle emesse da differenti sorgenti sono caratterizzate da una diversa composizione chimica e quindi anche da una diversa solubilità (Canepari et al., 2006).

I risultati delle analisi elementari relative alla frazione estratta e residua ottenuti tramite ICP-MS, sono riportate nelle Appendici.

I dati presentati in questo paragrafo fanno riferimento alle medie delle concentrazioni, ottenute tramite analisi ICP-MS, relative ai mesi di campionamento e come media annuale. Attraverso il confronto delle concentrazioni stagionali dei diversi elementi analizzati ottenute alle 23 stazioni di monitoraggio, è stato possibile individuare i traccianti ed i profili di sorgente utili a valutare l'impatto delle diverse sorgenti emissive presenti nella conca ternana e a studiare la capacità dispersiva delle diverse componenti elementari del PM₁₀.

Prendendo in considerazione la media delle concentrazioni totali (ottenute come somma della frazione estratta e residua) di Cr, Ni e Mo nelle diverse stazioni di monitoraggio e nelle diverse stagioni (Figure 30 e 31) risulta evidente, nonostante le differenze nell'intervallo dei valori di concentrazione, un andamento analogo nella loro variabilità spaziale e temporale con un netto aumento delle concentrazioni nelle stazioni di monitoraggio di tipo industriale localizzate in prossimità del polo siderurgico "Acciai Speciali Terni", denominate CO, RO, OB e PR.

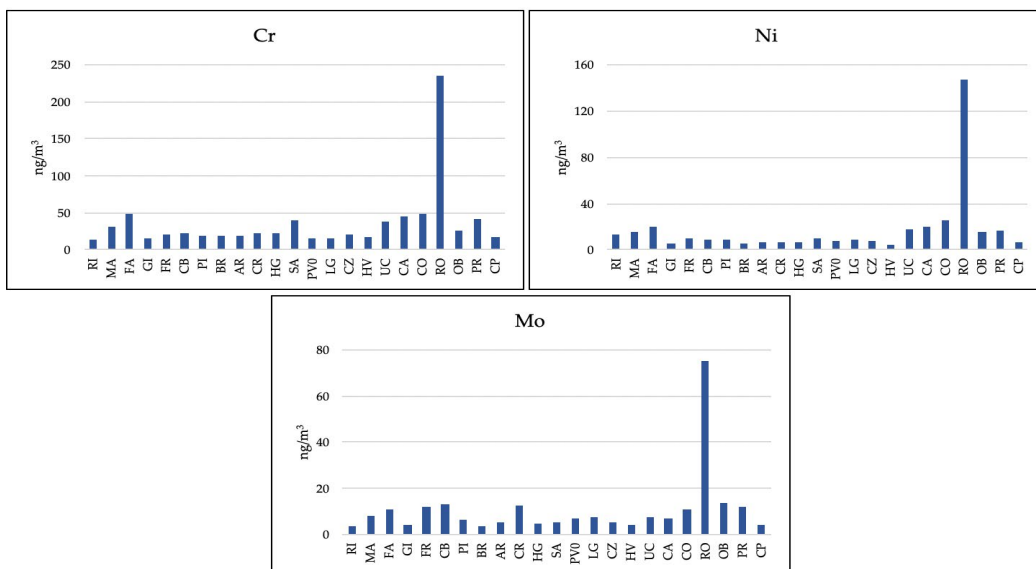


Fig. 30: Concentrazioni medie totali (ng/m^3) di Cr, Ni e Mo relative a 5 mesi estivi nelle 23 stazioni di monitoraggio.

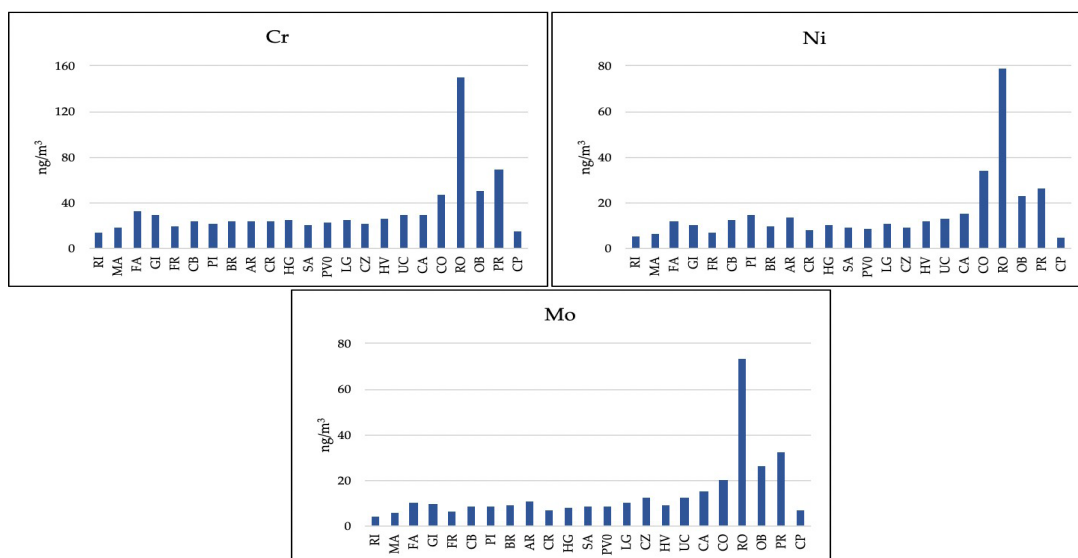


Fig. 31: Concentrazioni medie totali (ng/m^3) di Cr, Ni e Mo dei 5 mesi invernali nelle 23 stazioni di monitoraggio.

È interessante notare come, per tutti gli elementi considerati e per entrambe le stagioni, le concentrazioni più elevate siano misurabili nella stazione denominata RO, che si trova nelle immediate vicinanze dell'acciaieria, in una zona non collinare. Presso le stazioni OB e PR, anch'esse posizionate non lontano dall'impianto, le concentrazioni misurate sono inferiori a quelle misurate presso RO; Questo risultato è molto probabilmente dovuto alla collocazione collinare dei due siti, meno influenzati dai fenomeni di ristagno delle masse d'aria. Per tutti e tre gli elementi considerati è inoltre osservabile una riduzione drastica delle concentrazioni nel passaggio dalle stazioni di tipo industriale limitrofe all'acciaieria, alle altre stazioni presenti nella conca ternana. Tale decremento può essere imputato all'elevata densità che caratterizza il particolato composto da questi elementi, che fa sì che le capacità di disperdersi nel territorio siano piuttosto limitate. Dal confronto tra le

concentrazioni dei tre elementi nelle due diverse stagioni considerate è possibile notare come Cr e Ni presentino un andamento simile: per entrambi gli elementi, le concentrazioni nella stazione di RO durante il periodo estivo sono più elevate delle rispettive concentrazioni durante il periodo invernale; le concentrazioni nei siti di PR, OB, e CO, invece, tendono ad aumentare proprio durante la stagione fredda. Ciò può essere attribuito al fatto che il fenomeno dell'inversione termica, impedendo un rimescolamento verticale delle masse d'aria, favorisca i fenomeni di trasporto orizzontale provocando un aumento delle concentrazioni nei siti più distanti dall'acciaiera.

Il Mo, invece, non mostra alcuna variazione di concentrazione nel sito di RO al passaggio dai mesi caldi a quelli freddi ma, anche per questo elemento, possiamo notare come le concentrazioni aumentino nelle stazioni di PR, OB, e CO, soprattutto durante i mesi invernali. I tre elementi considerati vengono utilizzati in diversi tipi di lavorazione all'interno dell'acciaiera e sfruttati per diverse caratteristiche: Ni e Cr sono i componenti primari della lega dell'acciaio, mentre il Mo può essere utilizzato come indurente in particolari leghe. La valutazione della variabilità spaziale e temporale di questi elementi evidenzia l'impatto della sorgente emissiva "AST" sul territorio della conca ternana che però risulta ancora incompleta senza la valutazione del frazionamento chimico per solubilità illustrato in Figura 32 e 33.

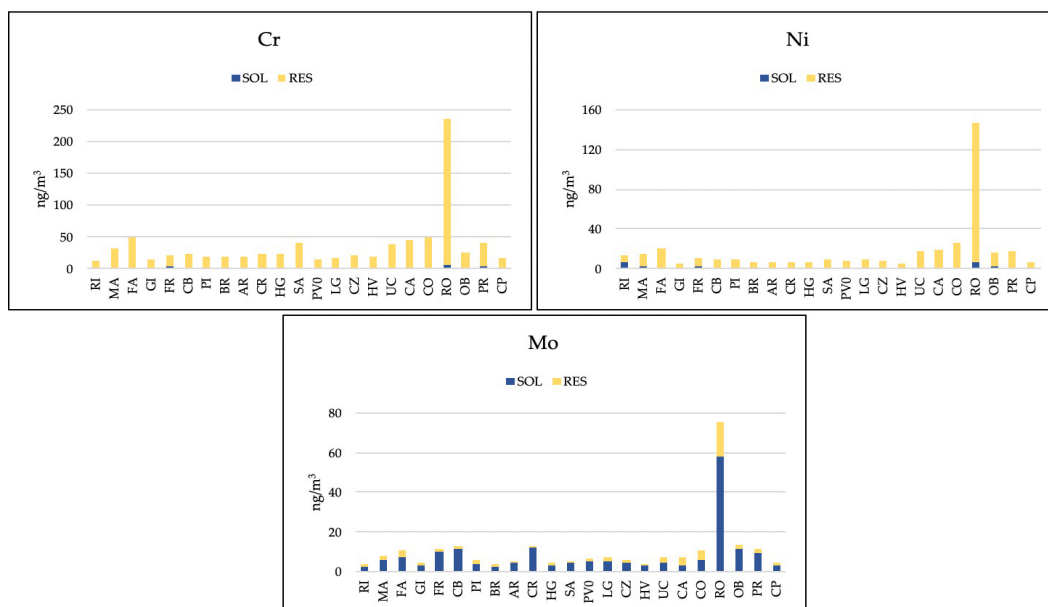


Fig. 32: Concentrazioni medie (ng/m³) di Cr, Ni e Mo dei 5 mesi estivi nelle 23 stazioni di monitoraggio, con relativo frazionamento chimico per solubilità.

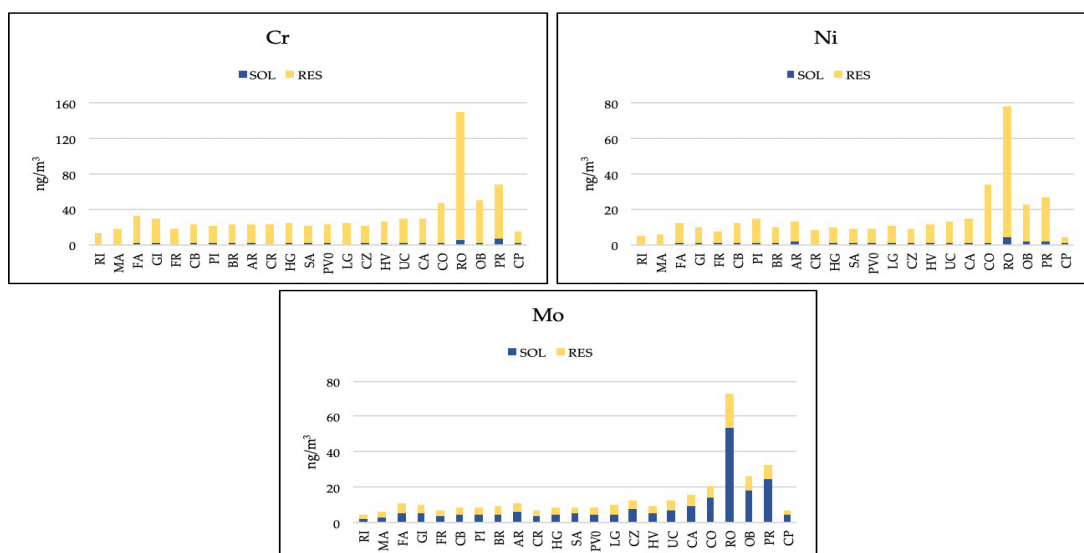


Fig. 33: Concentrazioni medie (ng/m^3) di Cr, Ni e Mo dei 5 mesi invernali nelle 23 stazioni di monitoraggio, con relativo frazionamento chimico per solubilità.

Come è possibile osservare dalle Figure 32 e 33 il frazionamento chimico per solubilità si dimostra uno strumento molto potente per incrementare la selettività degli elementi come traccianti di diverse sorgenti emmissive; infatti, mentre Cr e Ni sono rappresentati principalmente dalla frazione residua e insolubile, il Molibdeno è caratterizzato prevalentemente dalla componente estratta. Inoltre, è possibile osservare come il frazionamento chimico, nel passaggio da una stagione all'altra, non subisca grandi variazioni, indicando la stabilità del quadro emissivo nelle due stagioni.

L'analisi della variabilità spaziale e temporale delle concentrazioni di Ferro nella conca ternana (Figure 34 e 35) ha però evidenziato il contributo di altre sorgenti emmissive presenti sul territorio, fornendo un profilo di sorgente diverso e più complesso rispetto a quello precedentemente descritto.

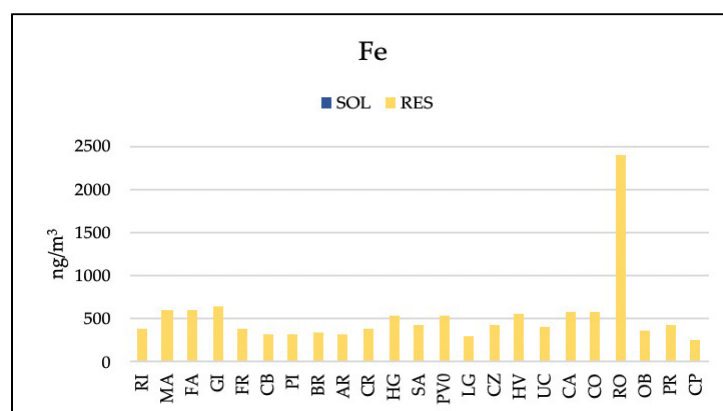


Fig. 34: Concentrazioni medie (ng/m^3) del Fe dei 5 mesi estivi nelle 23 stazioni di monitoraggio, con relativo frazionamento chimico per solubilità.

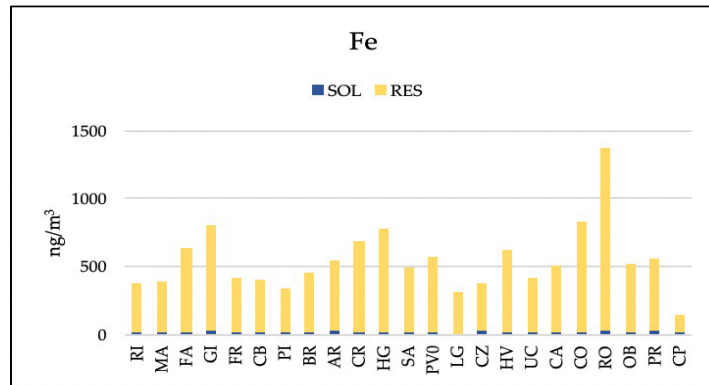


Fig. 35: Concentrazioni medie (ng/m^3) del Fe relative a 5 mesi invernali nelle 23 stazioni di monitoraggio, con relativo frazionamento chimico per solubilità.

Come è possibile osservare dalle Figure 34 e 35, il Ferro è presente nella quasi totalità sottoforma di composti insolubili e le variazioni di concentrazione riguardano prevalentemente la frazione residua; tale comportamento è riscontrabile sia nella stagione estiva che in quella invernale. Per quanto concerne la variabilità spaziale, concentrazioni elevate sono state rinvenute nel particolato campionato nelle stazioni limitrofe al polo siderurgico, con i valori massimi riscontrati nella stazione di RO sia durante il periodo estivo, sia durante quello invernale. È interessante notare come la variabilità temporale del Fe sia analoga a quella del Cr e del Ni: durante il periodo estivo, infatti, la concentrazione misurata nel sito di RO è estremamente più elevata di quella misurata nello stesso sito durante il periodo invernale; al contrario, le concentrazioni nelle stazioni di PR, OB, e CO tendono ad aumentare durante la stagione fredda. La presenza di questo elemento, a differenza del Cr, Ni e Mo, è però legata anche ad altri tipi di sorgente locali, come è dimostrato dalle concentrazioni relativamente alte di Ferro nel particolato campionato in altre stazioni di monitoraggio. Nello specifico, picchi di concentrazione si riscontrano, sia nel periodo estivo che in quello invernale, nelle stazioni di tipo urbano HV e HG e nelle stazioni di fondo urbano come GI e CR. In entrambi i casi, sia per le stazioni urbane che per quelle di fondo urbano, si tratta di aree caratterizzate da traffico veicolare intenso che sembra contribuire in maniera sensibile all'innalzamento delle concentrazioni relative a questo elemento. Inoltre, tre delle stazioni considerate (GI, CR, HG) sono localizzate nei pressi del tratto urbano della ferrovia, che sembra contribuire all'innalzamento delle concentrazioni di questo elemento (abrasione di freni e della parte rotabile). Il ruolo del traffico veicolare come una delle principali sorgenti emmissive di PM_{10} è confermato anche dall'andamento spaziale delle concentrazioni di Rame e Antimonio (Figure 36 e 37), ben noti in letteratura (Bukowiecki et al., 2009) come traccianti del contributo non combustivo da

traffico veicolare (risospensione dal suolo, abrasioni di freni).

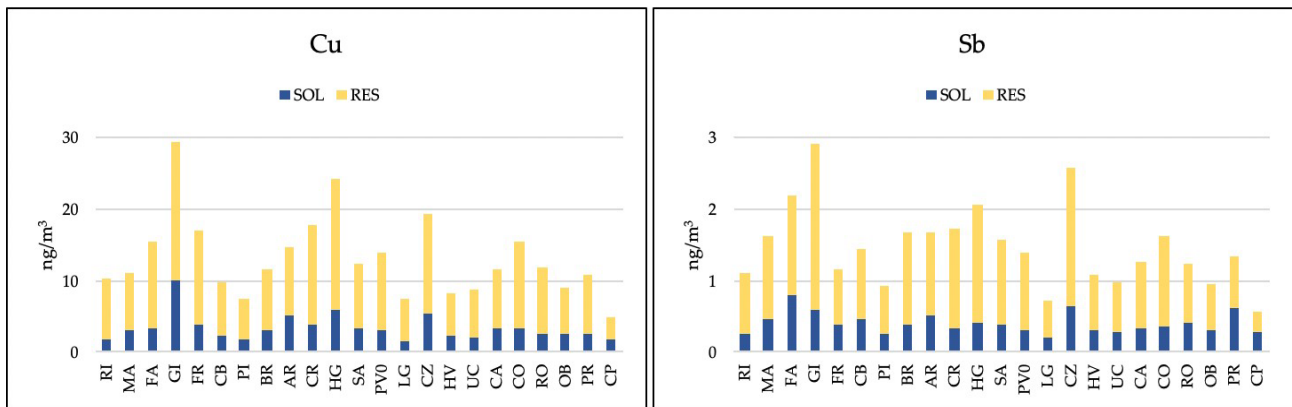


Fig. 36: Concentrazioni medie (ng/m^3) del Cu e Sb dei 5 mesi estivi nelle 23 stazioni di monitoraggio, con relativo frazionamento chimico per solubilità.

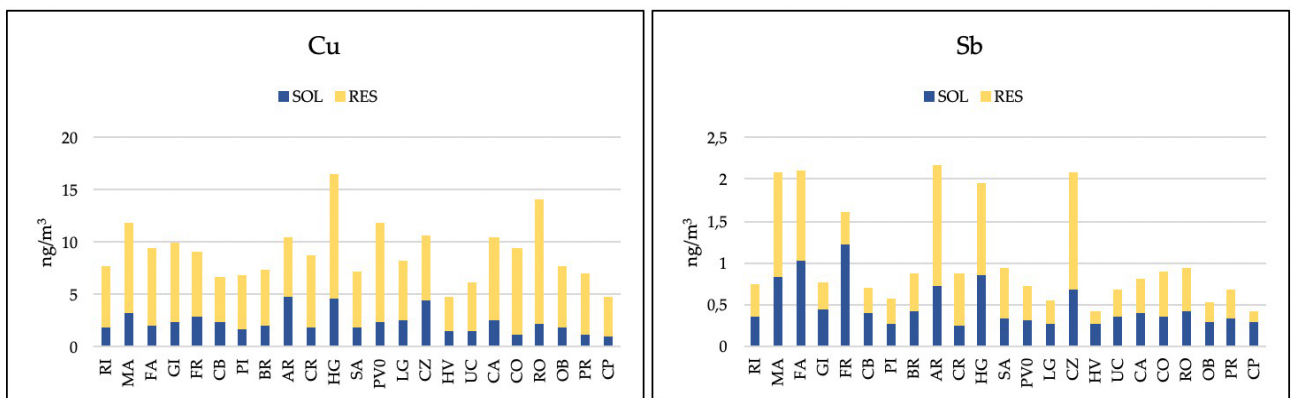


Fig. 37: Concentrazioni medie (ng/m^3) del Cu e Sb dei 5 mesi invernali nelle 23 stazioni di monitoraggio, con relativo frazionamento chimico per solubilità

Nonostante le differenze nell'intervallo di valori assunti dalle loro concentrazioni, da pochi ng/m^3 per l'Antimonio a decine di ng/m^3 per il Rame, è possibile notare come Cu e Sb, soprattutto nella loro frazione insolubile, presentino un andamento spaziale simile nelle due stagioni considerate. Sia durante l'estate che durante l'inverno, i picchi di concentrazione dei due elementi sono riscontrabili in stazioni caratterizzate da un elevatissimo traffico veicolare (GI, HG, CZ), sebbene le differenze tra le diverse stazioni, in termini di concentrazione, siano meno marcate rispetto a quanto accadeva per i traccianti dell'acciaieria. Ciò è dovuto al fatto che il traffico veicolare è senza dubbio una sorgente di emissione più diffusa e presente in tutta la città e al fatto che le particelle composte da questi elementi hanno una maggiore capacità di disperdersi nel territorio.

Un'altra importante fonte di PM presente sul territorio, peculiare soprattutto della stagione invernale, è rappresentata dalla combustione delle biomasse. Per questa sorgente sono stati identificati tre traccianti: il Rubidio, il Cesio e il Potassio nella loro frazione idrosolubile.

Nelle Figure 38 a e b sono riportate le concentrazioni dei tre elementi durante la stagione estiva e durante la stagione invernale.

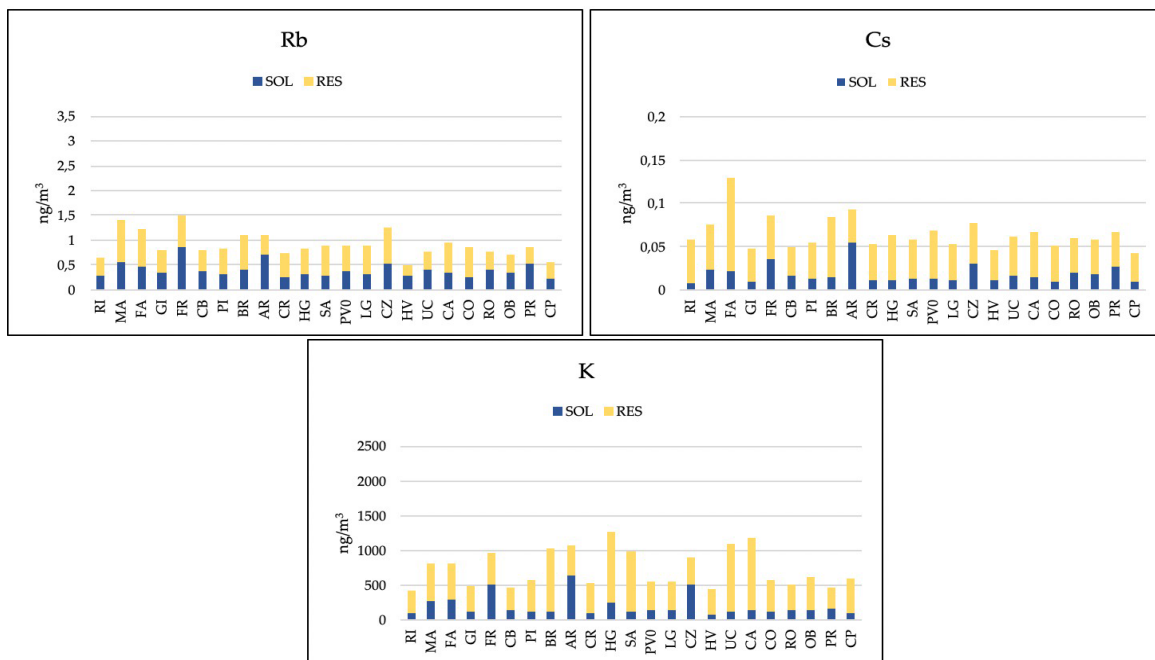


Fig. 38a: Concentrazioni medie (ng/m^3) di Rb, Cs e K dei 5 mesi estivi nelle 23 stazioni di monitoraggio, con relativo frazionamento chimico per solubilità.

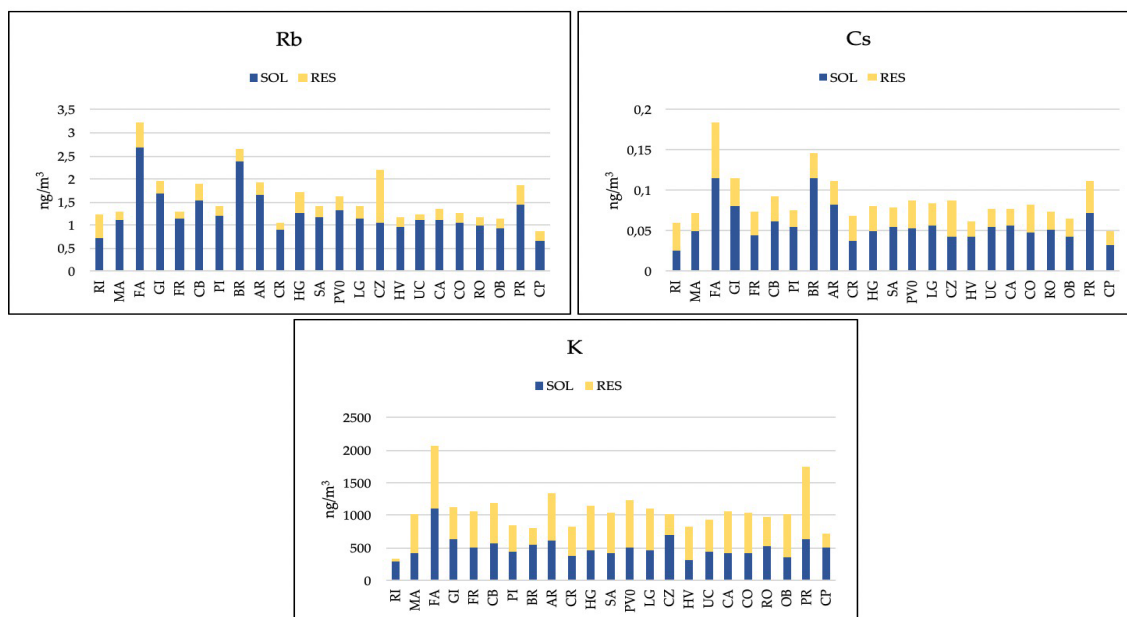


Fig. 38b: Concentrazioni medie (ng/m^3) di Rb, Cs e K dei 5 mesi invernali nelle 23 stazioni di monitoraggio, con relativo frazionamento chimico per solubilità.

La cosa più immediata da notare confrontando i dati relativi alle due stagioni è come la componente solubile dei tre traccianti subisca un incremento al passaggio dalla stagione calda a quella fredda, in accordo con il fatto che la combustione delle biomasse è una sorgente prevalentemente legata alla stagione invernale. Durante la stagione estiva nelle stazioni di FR, AR, CZ e PR è osservabile una variabilità spaziale delle concentrazioni della

frazione solubile dei tre elementi, che potrebbe essere collegata a sporadici episodi di combustione delle sterpaglie. È interessante notare come, durante la stagione calda, caratterizzata da una carenza di piogge, sia preponderante la frazione insolubile degli elementi considerati che deriva dal contributo del risollevarimento terrigeno, molto più abbondante nelle stagioni secche che in quelle umide. Durante la stagione invernale le concentrazioni massime sono riscontrabili nei siti FA, BR, AR e PR, localizzate in aree residenziali ed è quindi ragionevole aspettarsi un impatto maggiore dovuto a questa fonte di emissione. I dati ottenuti sono stati sottoposti ad analisi PCA. Dapprima i campioni ottenuti prima di essere elaborati statisticamente sono stati suddivisi in categorie in base al periodo di campionamento. Successivamente è stato effettuato il “column mean centering” per le variabili (loadings) e l’autoscaling di riga per i diversi campioni (scores) utilizzando il software R (progetto R per il calcolo statistico, Ver. 3.0, 32-bit), al fine di correggere le variazioni dei dati dovute al diverso ridimensionamento delle variabili esaminate (Massimi et al., 2017, 2018).

La matrice dei dati utilizzata per la PCA (dati 9384) è composta da 276 samples (23 campioni per ognuno dei 12 periodi di campionamento) e da 34 variabili selezionate: concentrazione di massa del PM10 e 33 concentrazioni di elementi solubili e insolubili (As_s, Ba_s, Bi_i, Cd_s, Ce_i, Co_i, Cr_i, Cr_s, Cs_i, Cs_s, Cu_i, Fe_i, Ga_s, K_s, La_i, Li_i, Li_s, Mn_i, Mn_s, Mo_s, Nb_i, Ni_i, Pb_i, Rb_i, Rb_s, Sb_i, Sn_i, Sr_i, Tl_s, U_i, W_s, Zn_s, Zr_i). Le variabili sono state selezionate in base alla capacità (ampiamente documentata in studi precedenti Canepari et al., 2014, 2019; Massimi et al., 2017, 2020 degli elementi (frazione solubile e insolubile) a tracciare in modo selettivo le sorgenti emissive del PM10.

Le analisi statistiche multivariate sono state elaborate utilizzando il software statistic R.

L’estesa campagna di monitoraggio ad elevata risoluzione sia temporale che spaziale per la quale sono state identificate attraverso PCA le correlazioni con le principali sorgenti emissive ha fornito sufficienti e dettagliati base di dati per poter valutare poi i rischi inalatori cancerogeni e non ai quali è esposta la popolazione residente e hanno consentito di elaborare mappe di rischio capaci di rappresentare anche punti non campionati.

Di seguito si riportano gli esiti delle analisi degli elementi attraverso PCA 5 clusters of PM10 figura 39 dovuti alle principali sorgenti emissive nell’area di Terni identifica diverse emissioni correlate all’acciaieria, alla risospensione terrigena, alla combustione di biomasse, alla ferrovia e alle emissioni di traffico veicolare. E’ stata condotta analisi dei componenti principali sui dati chimici analizzati raccolti sui 23 siti di campionamento per aggregare i traccianti delle principali sorgenti emissive nell’area di Terni di PM10.

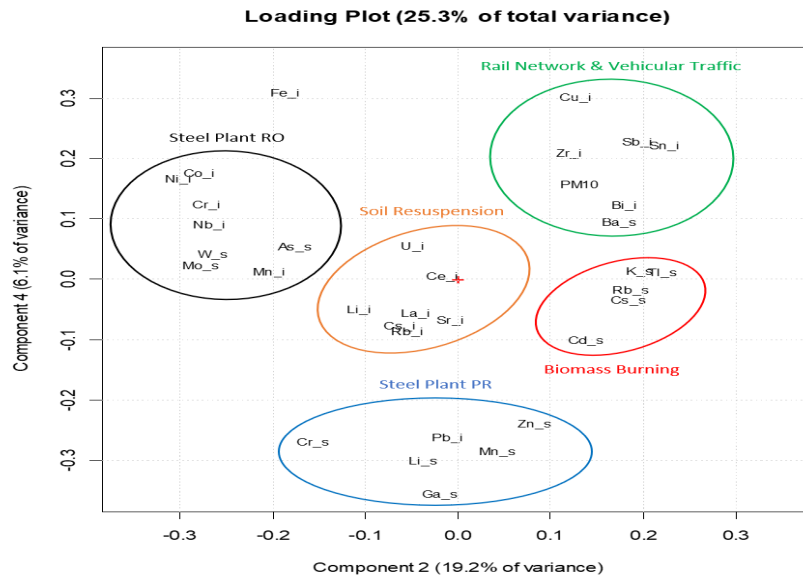


Fig. 39: analisi dei componenti principale (PCA)

Dalla figura si può osservare che le frazioni solubili e insolubili sono raggruppate in cinque gruppi principali ognuno contenente i traccianti delle specifiche emissioni. Il primo gruppo composto dagli elementi con alta concentrazione nel sito RO (As_s , Co_i , Cr_i , Mn_i , Mo_s , Nb_i , Ni_i , W_s). RO è il sito più vicino all'impianto di rolling del polo dell'acciaieria e strettamente prossimo all'impianto per il trattamento degli effluenti da casting and hot rolling section. Questi elementi sono presenti nell'acciaio come componenti base (Cr, Fe, Ni) o per aumentarne durezza, duttilità, resistenza alla corrosione e alla tensione (Co, Mn, Mo, Nb, Ni, W; Querol et al., 2007; Owoade et al., 2015; Massimi et al., 2017; Marcias et al., 2018), possono essere ragionevolmente utilizzati come traccianti per le emissioni da steel rolling emission dall'acciaieria (Taiwo et al., 2014). Il secondo gruppo è composto dagli elementi correlate al sito PR (Cr_s , Ga_s , Li_s , Mn_s , Pb_i , Zn_s), probabilmente derivanti da emissione primaria delle fornaci per annealing of the cold rolled product (Capelli et al., 2011). Questi elementi sono efficienti traccianti per le emissioni di combustione dell'industria dell'acciaio. Il terzo gruppo composto da elementi (Ce_i , Cs_i , La_i , Li_i , Rb_i , Sr_i , U_i) originati dalla risospensione della polvere di terra da superfici secche e traffico veicolare (Canepari et al., 2008; Pant and Harrison, 2013). Il quarto gruppo composto da elementi della frazione idrosolubile (Cd_s , Cs_s , K_s , Rb_s , Tl_s) ragionevolmente rilasciati da sorgenti di combustion biomasse (Cvjetko et al., 2010; Canepari et al., 2014; Karbowska, 2016; Simonetti et al., 2018a; Frasca et al., 2018) quali biomasse di riscaldamento industriale (carpenteria at FA and craftsmanship lab at CB) e biomassa da combustion domestica (abitazioni cittadine frequentemente riscaldate da combustion di biomassa presenti nei siti FR, BR, AR, PI, PV, LG). Il Quinto gruppo, composto da elementi (Ba_s , Bi_i , Cu_i , Sb_i , Sn_i , Zr_i) generalmente considerati traccianti di ferrovie e emissioni di traffico veicolare, che sono spesso

rilasciati da abrasione meccanica e risospensione di componenti di veicoli e treni (brake disks and pads lining, tires; Weckwerth, 2001; Abbasi et al., 2012; Querol et al., 2012; Kam et al., 2013; Namgung et al., 2016). Il Fe (Fe_i) insolubile è tra questo gruppo e quello dei traccianti delle emissioni da steel rolling dovute all'impianto dell'acciaieria e è correlato ad entrambi i contributi. Infine, la concentrazione di massa di PM10 mass concentration (PM10) è nell'ultimo gruppo dei traccianti del traffico veicolare ed è costituito da una frazione rilevante (20-60%) da composti contenenti carbonio che sono generakmente rilasciati in grande quantità sia da traffico veicolare che da combustione di biomassa (Perrino et al., 2007, 2009; Canepari et al., 2009; Massimi et al., 2019, 2020).

4.1.1 ANALISI STATISTICA DEI DATI: LA PMF

Sul corposo database di dati sperimentali ottenuto nel corso dei numerosi campionamenti effettuati nella conca ternana è stata effettuata la trattazione statistica utilizzando il modello a recettore PMF.

In questo studio, grazie alla collaborazione con il Dottor Lorenzo Massimi, mediante utilizzo del software EPA PMF 5.0, è stato possibile utilizzare i dati relativi alla caratterizzazione chimica delle polveri campionate al fine di ottenere i profili di sorgente e le relative fonti associate (Figura 40) mediante utilizzo di traccianti (PM₁₀, Al, As, Ba, Bi, Ca, Cd, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Fe, Ga, K, La, Li, Mg, Mn, Mo, Na, Nb, Ni, Pb, Rb, Sb, Sn, Sr, Ti, Tl, U, W, Zn, Zr, Cd_{sol} ..).



Fig.40: Profili di sorgente ottenuti per la ferrovia, il traffico veicolare, l'acciaieria e la combustione delle biomasse. Gli istogrammi rappresentano il rapporto tra gli elementi caratteristici della sorgente; i punti rossi rappresentano invece la percentuale di ogni elemento associata a ciascuna sorgente.

Nella Fig. 41 si può osservare che durante l'inverno si è verificato un netto aumento della concentrazione di massa di PM10 in tutti i siti di campionamento. Ciò può essere spiegato da una combinazione di due fattori: l'aumento di alcune tipiche fonti invernali, come la combustione di biomasse domestiche, e le frequenti inversioni di temperatura che si verificano durante la stagione fredda, che portano a una miscelazione meno efficiente della bassa atmosfera.

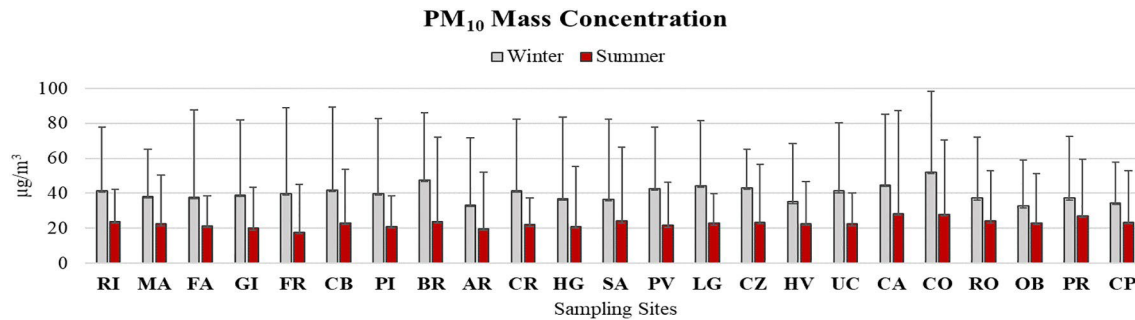


Fig. 41. Concentrazioni medie ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) di PM10 in inverno ed estate nelle 23 stazioni di monitoraggio in Terni. Le barre degli errori rappresentano la variabilità mensile della concentrazione di PM10 in ogni sito nei periodi di monitoraggio in inverno ed estate

Le mappe (Fig.42-43-44) rappresentano le fonti locali dei diversi elementi e forniscono indicazioni sulla diffusione delle particelle che contengono gli elementi. Per alcuni elementi (Cr, Cs, Li, Mn, Rb), le mappe spaziali della frazione solubile e residua sono diverse. Ad esempio, in Fig. 42 (pannelli a-d) è riportata la distribuzione spaziale di Cs_s e Cs_i. La concentrazione di Cs_s è stata nettamente più elevata durante il periodo invernale in tutta la zona residenziale. I valori più alti sono stati registrati a FA, vicino alla falegnameria, e in siti vicini a villette a schiera spesso riscaldate da apparecchi a biomassa. La distribuzione spaziale di Cs_s (pannelli a, b) era praticamente identica a quella di K_s, ampiamente riconosciuto come forte tracciante della combustione di biomassa, e di Cd_s, Rb_s e Tl_s, che sono stati anche identificati come possibili traccianti di combustione di biomassa.

La frazione insolubile di Cs (pannelli c, d), invece, ha mostrato una distribuzione spaziale e una variabilità stagionale completamente diversa: maggiore durante l'estate con valori massimi registrati nei siti più interessati dal traffico vicini a strade ad alta velocità. Un andamento spaziale simile è stato osservato anche per gli elementi tipicamente contenuti nel suolo (Ce_i, Cs_i, La_i, Li_i, Rb_i, Sr_i, U_i), in quanto il traffico ne favorisce la risospensione particolarmente durante i periodi caldi e secchi

La concentrazione di alcuni elementi (Co, Cr, Fe, Mn, Mo, Nb, Ni, Pb, W) come previsto, è risultata maggiore nell'area orientale vicino l'acciaieria. Sono elementi utilizzati nella produzione dell'acciaio: Cr, Fe e Ni sono componenti di base dell'acciaio, mentre Co, Mn, Mo, Nb, Ni e W sono usati per aumentarne tenacità, duttilità, resistenza alla trazione e alla corrosione. In Fig. 43 sono riportate le mappe spaziali di Mo_s, Ni_i e Pb_i, dei periodi invernale ed estivo. Durante i mesi invernali la distribuzione spaziale di Mo_s e Ni_i era praticamente identica, suggerendo l'esistenza di una sorgente principale comune (Fig. 43, pannelli a, c). Per entrambi gli elementi la concentrazione massima è stata misurata a RO, molto vicino agli impianti di laminazione dell'acciaio; questa attività sembra quindi essere la sorgente principale. Anche durante il periodo estivo, le concentrazioni massime di Mo_s

e Ni_i sono state misurate a RO, ma la loro variabilità stagionale ha mostrato alcune differenze (Fig. 43, pannelli b, d). L'incremento estivo è stato maggiore per il Ni_i che per il Mo_s mentre durante l'inverno, si osservava il contrario per Ni_i. per variazioni stagionali e meteorologiche.

Concentrazioni elevate di Pb_i (Fig. 43, pannelli e, f) sono state rilevate nel sito PR, che è il sito più vicino ai forni per la ricottura del prodotto laminato a freddo del polo siderurgico e a il sito di stoccaggio dei rifiuti di acciaio. Un andamento simile è stato osservato per Cr_s, Li_s, Ga_s, Mn_s e Zn_s, elementi probabilmente emessi da fonti legate alle acciaierie. Analogamente al Ni_i, anche il Fe_i ha evidenziato valori massimi a RO (Fig. 44, pannelli a, b), dove la concentrazione estiva era molto superiore ai valori invernali. Ni e Fe sono tra i componenti principali dell'acciaio inossidabile; è quindi possibile che entrambi siano stati rilasciati da processi meccanici come operazioni di spazzolatura e lucidatura su laminati di acciaio. Rilascio che potrebbe essere maggiore nel periodo estivo secco. Nei mesi invernali, la distribuzione spaziale di Fe_i ha mostrato ulteriori sorgenti significative, per lo più ubicate lungo la ferrovia (GI, CR, HG) e probabilmente dovute all'abrasione del materiale rotabile. Il contributo della ferrovia è evidente anche per Sb_i, così come per Bi_i, Sn_i e Zr_i. Le mappe estive e invernali per questo elemento sono mostrate in Fig. 44 (pannelli c, d). Elementi generalmente considerati traccianti di emissioni non gassose da traffico veicolare, in quanto contenuti in alta concentrazione nelle pastiglie dei freni. Le mappe spaziali mostrano che la rete ferroviaria, che utilizza sistemi frenanti simili a quelli utilizzati dai veicoli, può essere considerata una fonte molto più importante di questi elementi rispetto al traffico veicolare. In particolare, il maggior rilascio di polveri per abrasione del materiale rotabile è stato riscontrato a GI, situato a circa 3 km di distanza dalla stazione

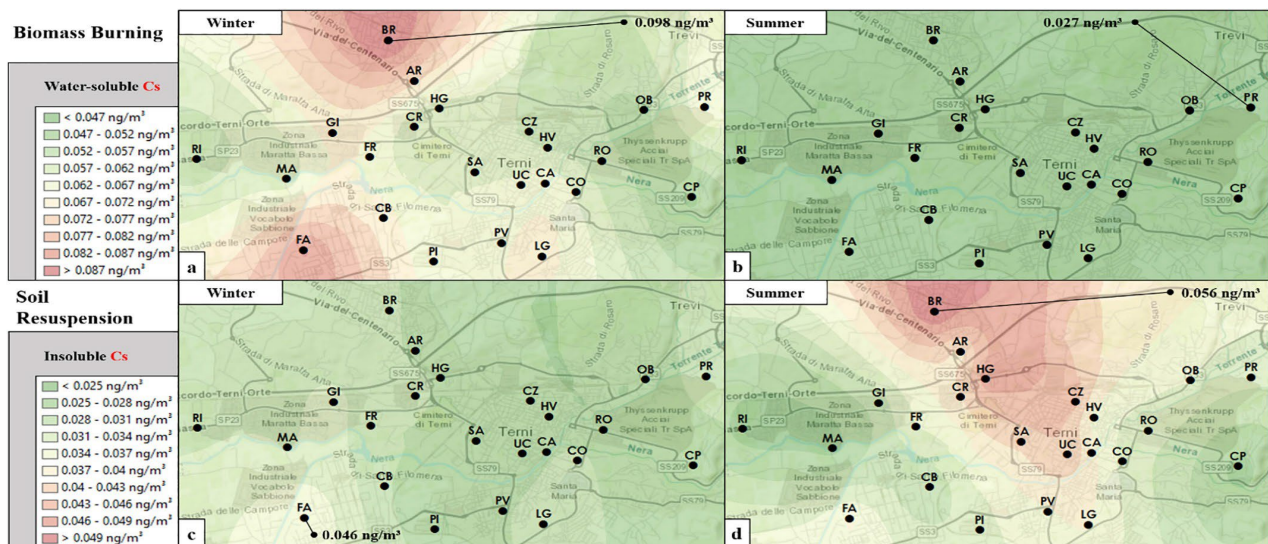


Fig. 42. Mappa della distribuzione spaziale in inverno ed estate della frazione solubile (a,b) ed insolubile (c,d) del Cs

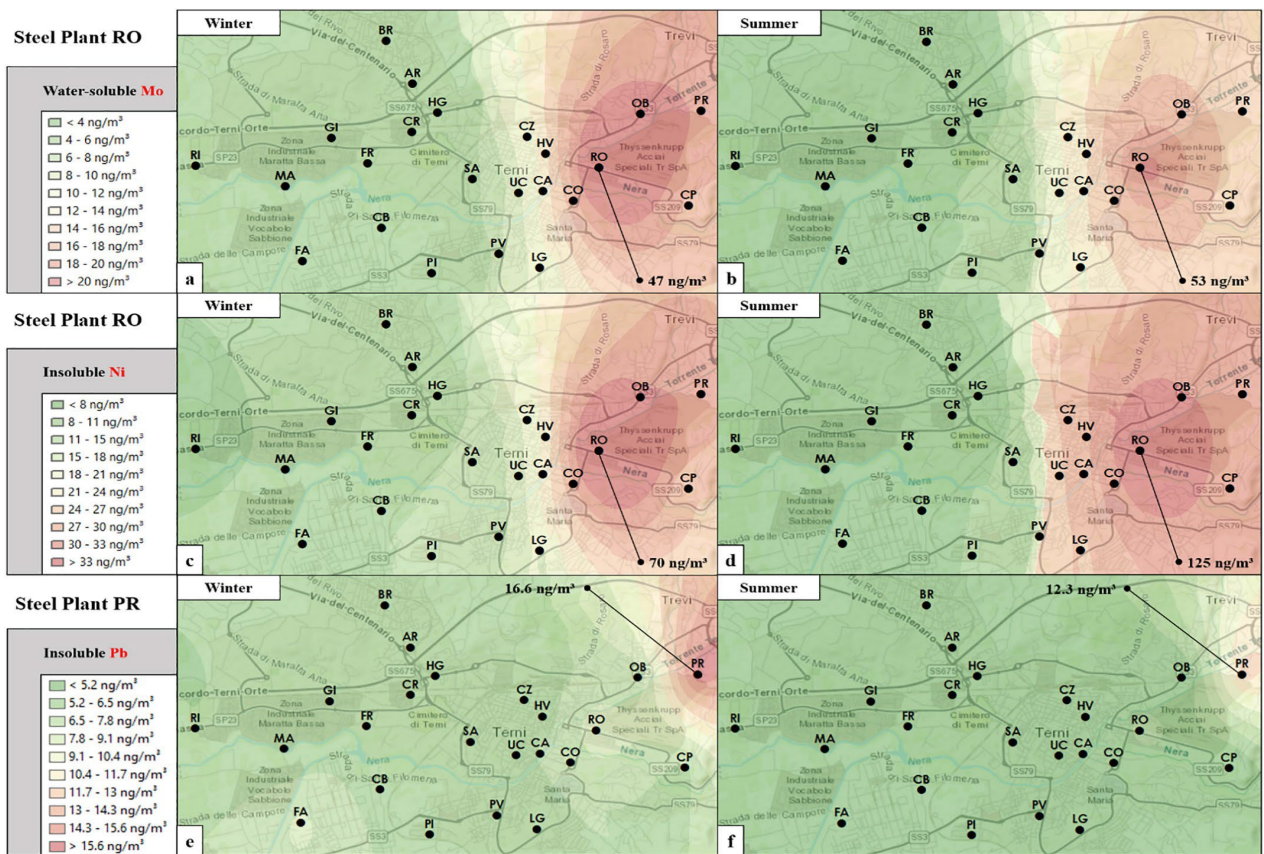


Fig. 43. Mappa della distribuzione spaziale in inverno ed estate della frazione solubile (a,b) Mo insolubile (c,d) del Ni e Pb (e,f)

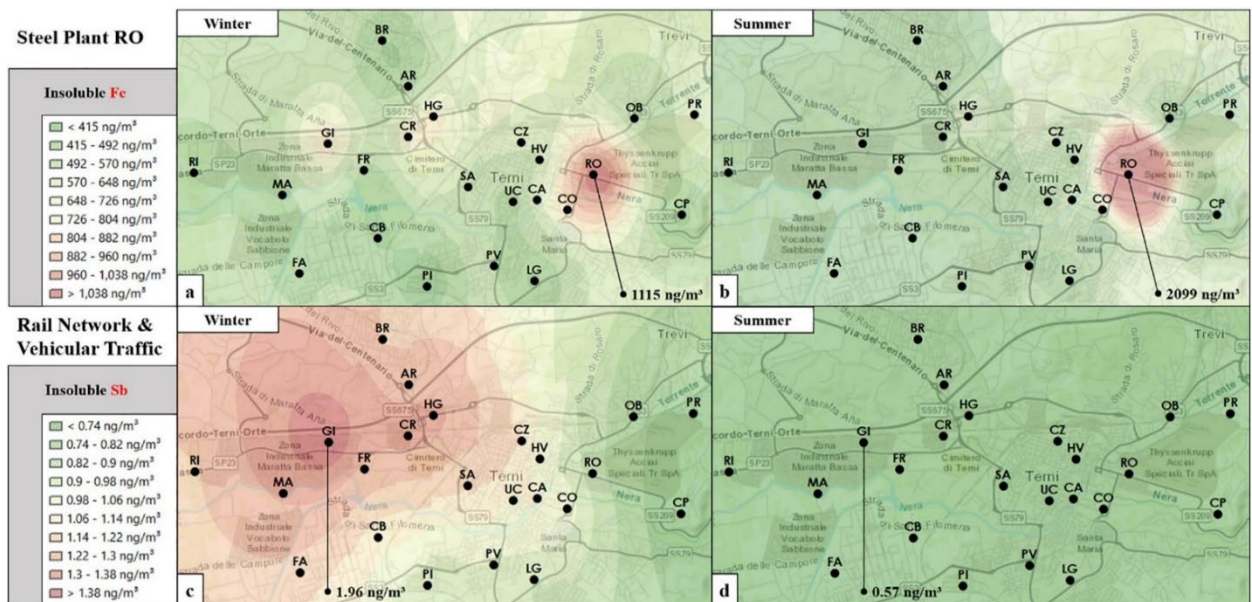


Fig. 44. Mappa della distribuzione spaziale in inverno ed estate della frazione insolubile (a,b) del Fe e Sb (c,d)

4.2 RISK APPORTIONMENT

È stato impiegato un approccio di modellizzazione del recettore (RM) basato su PMF per identificare le fonti che agiscono durante la raccolta dei campioni nei 23 siti e per ripartire il rischio cancerogeno e non cancerogeno degli elementi in traccia nel PM10 ai contributi delle sorgenti. La ripartizione quantitativa del rischio specifico alla sorgente (Taghvaei et al., 2018; Men et al., 2020) è stata effettuata utilizzando il RM basato sulla seguente equazione:

$$x_{ij} = \sum_{k=1}^p g_{ik} f_{kj} + e_{ij}$$

dove x_{ij} è il rischio cancerogeno o non cancerogeno per adulti o bambini calcolato sulla specie j nel campione i , g_{ik} è il contributo al rischio della fonte k al campione i , f_{kj} è l'abbondanza frazionaria della specie j nella sorgente k ed e_{ij} è il residuo tra la frazione di rischio calcolata e modellata della specie. Il PMF (Paatero e Tapper, 1994) è una tecnica di analisi fattoriale che utilizza un adattamento ponderato dei minimi quadrati con vincoli di non negatività per diminuire la libertà rotazionale della matrice dei dati di input durante il processo di calcolo dei fattori. Una spiegazione più approfondita della tecnica PMF può essere trovata altrove (Paatero, 1999; Hopke, 2000). La piattaforma Multilinear Engine (ME-2) (Paatero, 1999) è stata utilizzata per utilizzare il software statunitense EPA-PMF v5.0 (Norris et al., 2014). Per generare una matrice di dati di input adatta all'analisi PMF, è necessario ridurre il numero di variabili elementari (33 elementi nella frazione idrosolubile e insolubile = 66 variabili) in relazione ai campioni di PM10 disponibili (23 campioni per 12 periodi di campionamento = 276 campioni).

La matrice di input finale per PMF include 276 campioni PM10 e 30 variabili elementari: As_s, Ba_s, Cd_s, Cr_s, Cs_s, K_s, Mo_s, Rb_s, Tl_s, W_s, Zn_s, Bi_i, Ce_i, Cr_i, Cs_i, Cu_i, Fe_i, La_i, Li_i, Mn_i, Nb_i, Ni_i, Pb_i, Rb_i, Sb_i, Sn_i, Sr_i, U_i, W_i, Zr_i. Le variabili sono state scelte in base alla loro capacità di tracciare selettivamente le sorgenti di emissione di PM10, come ampiamente documentato in Massimi et al., 2020a e 2020b.

Vale la pena notare che tra queste variabili solo alcune hanno ad esse associato un rischio cancerogeno (As_s, Cr_s, Cr_i, Ni_i, Pb_i) o non cancerogeno (As_s, Cr_s, Cd_s, Zn_s, Cu_i, Cr_i, Mn_i, Ni_i, Pb_i, Sb_i) per adulti o bambini, le altre variabili elementari sono state utilizzate nel PMF esclusivamente per identificare i profili chimici delle diverse sorgenti di emissione, essendo ogni elemento frazionato chimicamente selezionato un tracciante selettivo delle diverse sorgenti di PM10. I dati elementari ad alta risoluzione spaziale ottenuti durante i 12 periodi di campionamento nei 23 siti sono stati impiegati nel PMF consentendo così l'identificazione di profili sorgente molto solidi poiché le concentrazioni risolte spazialmente sono meno influenzate dalle variazioni delle condizioni atmosferiche rispetto alle concentrazioni risolte temporalmente generalmente utilizzate nelle analisi PMF.

L'analisi PMF è stata eseguita separatamente per ripartire il rischio cancerogeno per gli adulti, il rischio non cancerogeno per gli adulti e il rischio non cancerogeno per i bambini. Pertanto, sono state eseguite tre analisi PMF; le stesse variabili elementari sono state utilizzate per ciascun PMF per rendere gli output PMF comparabili tra i diversi calcoli. In ciascuno dei tre set di dati utilizzati per il PMF, non erano presenti dati mancanti. I calcoli dell'incertezza sono stati basati sulla metodologia di Polissar et al. (1998) per dati inferiori a MDL, mentre per dati superiori a MDL è stato utilizzato il metodo basato su equazioni descritto da Norris et al. (2014). Il criterio segnale-rumore (S/N) (Paatero e Hopke, 2003) è stato ≥ 2 per tutte le variabili selezionate, dimostrando che conservano significativamente più segnale del rumore. Pertanto, tutte le variabili sono state classificate come *forti* nel modello PMF, eccetto il rischio cancerogeno per gli adulti, il rischio non cancerogeno per gli adulti e il rischio non cancerogeno per i bambini, utilizzato come *variabile totale* nelle tre analisi PMF. Le soluzioni PMF sono state esplorate in modalità Q robusta. Durante l'analisi iniziale, sono stati estratti da 3 a 7 fattori utilizzando fasi iniziali di 50 esecuzioni consecutive ed è stato utilizzato il rapporto $Q_{\text{robusto}}/Q_{\text{atteso}}$ ($Q_{\text{rob}}/Q_{\text{exp}}$) per monitorare l'approccio dei minimi locali. Il numero finale di fattori è stato scelto come miglior compromesso tra l'andamento $Q_{\text{rob}}/Q_{\text{exp}}$ e la solidità fisica dei profili fattoriali estratti. Per raggiungere questo scopo, sono stati valutati i rapporti delle specie diagnostiche dei profili fattoriali. La soluzione finale è stata ottenuta con 100 corse. La stima degli errori delle soluzioni analitiche dei fattori PMF è stata eseguita mediante bootstrap classico (BS) e spostamento degli elementi fattoriali (DISP) disponibili con il pacchetto PMF v5.0.

4.3 MAPPE SPAZIALI DI RISCHIO

I numerosi dati acquisiti dalla estesa campagna di rilevazione dell'area di Terni sono stati utilizzati per valutare il rischio inalatorio per la popolazione residente nell'area di Terni, per adulti e bambini correlato all'esposizione ai metalli cancerogeni e non cancerogeni presenti nel particolato atmosferico, valutare i contributi al rischio delle sorgenti ed elaborare le mappe di rischio per la popolazione residente. Per una comprensione visivamente più immediata dell'impatto delle diverse sorgenti di PM sul territorio della conca ternana, i dati ad alta risoluzione spaziale relativi alle concentrazioni elementari utilizzati per determinare il rischio inalatorio esono stati elaborati tramite il software open-source QGis Essen 2.14.1 per la realizzazione di mappature spaziali. Il software utilizzato è un esempio di sistema informativo GIS (Geographic Information System) utile per la gestione, l'analisi e l'elaborazione di dati spaziali e georeferenziati, come nel caso specifico, le concentrazioni elementari nelle diverse stazioni di monitoraggio. La realizzazione di queste mappe spaziali rappresenta uno strumento particolarmente efficace per la comprensione della variabilità spaziale degli elementi analizzati e della loro capacità di dispersione, sebbene il software non tenga conto dei dati meteorologici e di quelli relativi a velocità e direzione dei venti, fattori sicuramente in grado d'influenzare la dispersione degli inquinanti.

A partire dai dati sperimentali ottenuti nelle diverse stazioni di monitoraggio è stata effettuata un'interpolazione basata sull'algoritmo IDW (Distanza Inversa Ponderata) per stimare il valore delle concentrazioni elementari anche nelle aree non coperte direttamente dalle stazioni di monitoraggio.

Dal corposo database dei dati ambientali di concentrazione dei metalli di maggior interesse sia annuali medi che per i singoli mesi di tutto il periodo di monitoraggio sono stati calcolati i rischi inalatorio cancerogeno e non cancerogeno per la popolazione esposta di adulti e bambini. Il rischio inalatorio per la salute umana (cancerogeno e non cancerogeno) è stato valutato sulla base delle concentrazioni medie annuali di esposizione della popolazione ai metalli pesanti selezionati, analizzati e presenti nel particolato utilizzando le metodologie EPA. Il rischio inalatorio non cancerogeno è stato ottenuto dal calcolo del quoziente di pericolo HQ per ogni metallo considerato dall'indice di pericolo cumulativo per adulti e bambini. Il rischio cancerogenico inalatorio è stato calcolato dalla probabilità incrementale di sviluppare il cancro (ECR) nell'arco della vita considerando l'esposizione totale al cancerogeno sull'essere umano.

La analisi multivariata PMF è stata condotta separatamente per ogni sito con lo scopo di evidenziare le possibili differenze sito correlate dell'impatto delle sorgenti al rischio inalatorio dovuto ai metallici presenti nel PM10. Le variabili chimiche utilizzate nella PMF sono state le stesse per ogni sito. La PMF è stata eseguita sulle concentrazioni degli elementi frazionati chimicamente per migliorare l'identificazione delle diverse sorgenti emmissive

nella conca ternana (acciaieria, combustione di biomasse, polveri da abrasione, polveri stradali e terrigene) e per valutare il loro contributo ai valori di rischio cancerogeno e non cancerogeno per adulti e bambini. Sono state effettuate 3 analisi PMF diverse, una per valutare il contributo di ogni sorgente emissiva al rischio cancerogeno adulti, una per il rischio non cancerogeno adulti e una per il rischio non cancerogeno bambini. In queste elaborazioni, come variabili sono stati utilizzati solamente gli elementi frazionati chimicamente e come Total Variable da apporzionare (su cui valutare il contributo delle singole sorgenti emissive identificate utilizzando gli elementi come traccianti di sorgente) è stato utilizzato il rischio. La stima dell'errore dei fattori analitici di PMF delle soluzioni è stata effettuata con classical bootstrap (BS), displacement of factor elements (DISP), and bootstrap enhanced by displacement (BS-DISP), disponibile nel PMF v 5.0 package. Le concentrazioni degli elementi determinati nei 23 siti di campionamento sono state utilizzate per calcolare i rischi inalatori (cancerogeni e non cancerogeni per adulti e bambini) i cui valori sono stati interpolati mediante *ordinary kriging*, utilizzando il modello semivariogramma sferico (Johnston et al., 2001), con lo scopo di creare una mappatura spaziale degli elementi che stimi i valori di concentrazione anche nei punti non misurati (Kumar et al., 2007).

La distribuzione spaziale del rischio inalatorio cancerogeno e non cancerogeno per adulti e bambini è stato rappresentato attraverso l'utilizzo del software ArcMap 10.3.1 (ArcGis Desktop; ESRI, Redlands, CA, USA). I valori di rischio inalatorio determinati sui 23 siti di campionamento sono stati interpolate con metodo kriging (Johnston et al., 2001) per ottenere superfici continue nelle mappe. Per identificare le sorgenti di emissione critiche del PTTEs e le aree di sorgenti critiche, i contributi di rischio specifici della sorgente ottenuti presso i 23 siti di campionamento mediati per l'intero periodo di monitoraggio sono stati interpolati utilizzando il modello semivariogramma sferico (Jian et al., 1996) del kriging ordinario (OK) (Johnston et al., 2001), per creare una superficie continua dai 23 punti di campionamento e per prevedere i valori in posizioni non misurate (Kumar et al., 2007).

OK è una delle tecniche di kriging più utilizzate per rappresentare la continuità spaziale dei dati (Gia Pham et al., 2019). Utilizzando semivarianze sperimentali adattate da una funzione sferica, lo stimatore OK è ottenuto da una combinazione lineare di valori osservati con pesi calcolati utilizzando equazioni di kriging (Xie et al., 2011).

Per mappare il rischio associato a ogni sorgente, sono stati calcolati i dati medi annuali del contributo di ogni sorgente al rischio su ogni sito, interpolando i dati del contributo di ciascuna sorgente (ottenuto dalla PMF) mediante Ordinary Kriging. Il software ArcMap 10.3 è stato quindi utilizzato per mappare il contributo di ciascuna fonte di emissione identificata al rischio cancerogeno per gli adulti, al rischio non cancerogeno per gli adulti e al rischio non cancerogeno per i bambini nell'area di studio.

4.4 RISCHIO INALATORIO DOVUTO AI METALLI PRESENTI NEL PM

Il rischio inalatorio dovuto ai metalli presenti nel particolato atmosferico è stato valutato per alcuni dei metalli di maggiore interesse quali: Sb, As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn. Di seguito sono rappresentati i dati relativi ai singoli metalli.

Elemento	simbolo	n. CAS	Classificazione armonizzata	Class IARC	Rif.	IUR (µg/m ³)-1	RfD inal /mg/kg-giorno)
Antimonio	Sb	7440-36-0	Carc.2 H351, STOT RE 2 H373, Rep.1°, Acute tox 4 H302 Acute tox2 H300, Acute tox 3 H301				5,71E-05
Arsenico	As	7440-38-2	Carc.1° H350, Rep.1 H360, STOT Re 1 H372, Acute tox 3 H331, Acute tox 3 H301 Skin irrit H315, Eye dam. H318	1 (arsenico e composti dell'arsenico inorganico)	Mon. 100C (2012)	4,30E-03	4,29E-06
Cadmio	Cd	7440-43-9	Carc 1B H350, Muta 2 H341 Repr 2 H361fd, Acute Tox 2 H330, STOT RE 1 H372	1(cadmio e composti del cadmio)	Mon. 100C (2012)	1,8E-3	2,86E-06
Cobalto	Co	7440-48-4	Resp.sens 1 H334, Skin sens 1 H317, Muta 2 H341, Carc 1B H350 Repr.1B H360F	-		-	1,71E-06
Cromo VI	Cr	18540-29-9	Carc 1B H350, Skin sens 1 H317	1 (cromo VI e composti)	Mon. 100C (2012)	0.012	2,86E-5
Rame	Cu	7440-50-8	Acute tox.4 H302, Eye irrit. 2 H319, Skin itt 2 H315 Acute tox.3 H331, STOT 3 H335 STOT 2 H371, STOT SE 2 H371			-	4,02E-2
Manganese	Mn	7439-96-5	Eye irr. 2 H319, STOT RE 2 H373, Repr. 1B H360 Muta 1B H340, STOT SE 1 H370 H372, Rep 2 H362			-	1,43E-5
Nichel	Ni	7440-02-0	H351, H317, H372	1 (nickel e composti)	Sup 7,49,100C 2012	0.00024	3,52E-3
Piombo	Pb	7439-92-1	H360FD, H362	2A (Pb e composti inorganici) 3 (Pb e composti organici)	Sup 7, 87 2006 23,sup 7, 87 2006	0.000012	3,52E-3
Zinco	Zn	7440-66-6	H250			-	3,01E-1

Tab.13 classificazione metalli Sb, As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn

4.4.1 RISCHIO INALATORIO CANCEROGENO E NON CANCEROGENO IN ADULTI E BAMBINI

I dati ad alta risoluzione spaziale e relativi alle concentrazioni elementari, sono stati utilizzati per calcolare i rischi inalatori e per la realizzazione di mappature spaziali, tramite il software QGis Essen 2.14.1. Questo software open-source, è un esempio di sistema informativo GIS (Geographic Information System) utile per la gestione, l'analisi e l'elaborazione di dati spaziali e georeferenziati, come nel caso specifico, applicato alle concentrazioni elementari nelle diverse stazioni di monitoraggio. La realizzazione di queste mappature rappresenta uno strumento particolarmente efficace per la comprensione della variabilità spaziale degli elementi analizzati e della loro capacità di dispersione e di concorrere al rischio per la popolazione. A partire dai dati sperimentali ottenuti nelle stazioni di monitoraggio sono stati calcolati i livelli di rischio inalatorio cancerogeno e non cancerogeno per adulti e bambini ed è stata quindi effettuata un'interpolazione basata sull'algoritmo IDW (Distanza Inversa Ponderata) anche nelle aree non coperte direttamente dalle stazioni di monitoraggio (in assenza delle concentrazioni elementari) per ottenere mappe di rischio rappresentative di tutte le zone.

4.4.1.1 RISCHIO INALATORIO DI ESPOSIZIONE DA METALLI PRESENTI NEL PM 10 CANCEROGENO NEGLI ADULTI (Cr, Ni, Pb, As) E NON CANCEROGENO NEGLI ADULTI E BAMBINI Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn, Cd, Co, Sb SUI VALORI MEDI ANNUALI

Sulla base del ricco database disponibile nell'area di interesse (Terni) dal campionamento esteso ad alta risoluzione spaziale del PM10 e dei suoi componenti è stato possibile calcolare i rischi inalatori associati ad essi e in particolar modo alla componente dei metalli presente nel PM10.

Per la popolazione adulta e per i bambini sono stati riportati nelle tabelle 14 i valori del rischio inalatorio dovuto alla presenza dei metalli cancerogeni e non cancerogeni selezionati presenti e contenuti nel PM10 (cancerogeni Cr, Ni, Pb, As, non cancerogeni Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn, Cd, Co, Sb) il valore medio, la deviazione standard e il rischio totale ad essi associato per ogni sito di campionamento. In particolare dalle tabelle è possibile rilevare che la deviazione standard in tutti i casi evidenzia una variabilità spaziale significativa del rischio sia per i cancerogeni che per i non cancerogeni tra varie stazioni di campionamento, indicando una distribuzione non omogenea nell'intera area della piana ternana, dovuta a composizioni elementari delle polveri di PM molto variabili. Ciò rende particolarmente interessante adottare una metodologia di elevata risoluzione spaziale al fine di localizzare il reale impatto del PM sulla salute della popolazione residente valutando in quali aree il rischio è maggiormente rilevante. Tale disomogeneità è compatibile con quanto visto nei lavori precedenti circa la forte disomogeneità spaziale delle concentrazioni elementari. Si evidenzia inoltre che i valori maggiori di rischio riguardano le stazioni RO e PR, poste nelle vicinanze dell'acciaieria, sia nel caso dei cancerogeni che dei non cancerogeni in adulti e bambini. Per i cancerogeni (tabella 14 figura 45 e figura 46) concorrono in maggiore misura cromo e nichel e nelle stazioni RO e PR vicino all'acciaieria viene superato il livello di riferimento dell'EPA. Il Cromo considerato è stato quello presente nella frazione solubile in quanto maggiormente rappresentativo della frazione associate al Cr VI che è classificato cancerogeno IARC. La rappresentazione spaziale della distribuzione del rischio cancerogeno, non cancerogeno per adulti e bambini ottenuta dall'interpolazione dei dati acquisiti su tutti i siti evidenzia la disomogeneità del rischio nell'intera area geografica di interesse sia cancerogeno che non cancerogeno e i livelli maggiori in prossimità dell'acciaieria con valore maggiore su PR nel rischio cancerogeno consentendo anche di conoscere i livelli di rischio nell'intera area e non solamente nelle stazioni di campionamento.

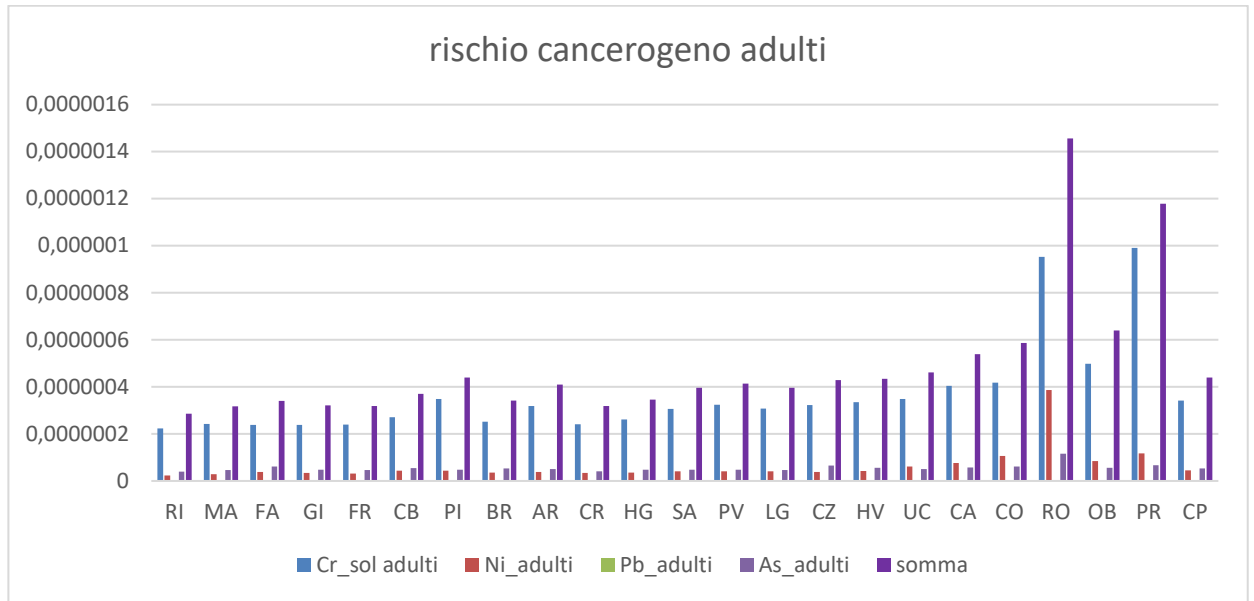


Fig.45 rappresentazione del rischio cancerogeno Cr, Ni, Pb, As e totale

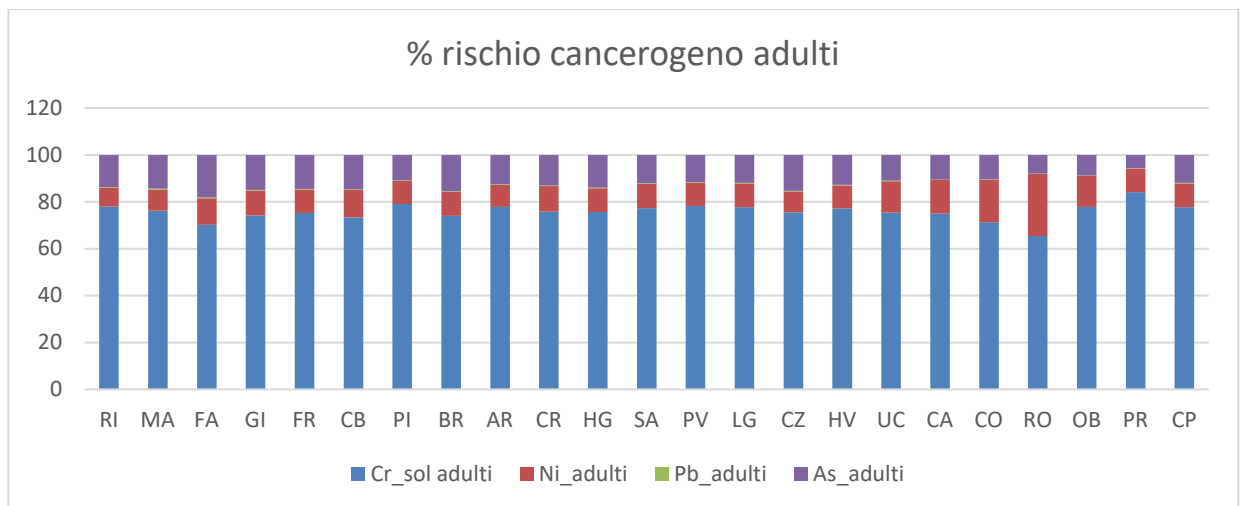


Fig.46 rappresentazione percentuale del rischio cancerogeno Cr, Ni, Pb, As e totale

In generale i valori maggiori sono stati rilevati nell'area Est della città ove si trova il polo industriale dell'acciaieria. I valori di rischio inalatorio cancerogenico totale dovuto ai metalli Cr, Ni, Pb, As negli adulti sono più alti dei livelli di riferimento accettabili per EPA ed anche in più alte nell'area nelle due stazioni RO e PR vicino all'acciaieria. RO è vicino all'impianto di laminazione. PR è stato identificato dai modelli di dispersione come il maggior punto di fallout dal camino industriale dell'impianto

Anche nel caso del rischio inalatorio non cancerogeno per adulti la deviazione standard evidenzia una redistribuzione significativamente disomogenea del rischio nell'area in studio (tabella 14). I valori di rischio inalatorio totale non cancerogeno negli adulti sono superiori

a quelli di riferimento EPA in due stazioni RO e PR vicino all'acciaiera (tabella 14). Concorrono maggiormente al rischio non cancerogeno Cr, Mn e Co e nei pressi dell'acciaiera il cromo maggiormente nel sito RO mentre Mn su PR (figure 47 e 48)

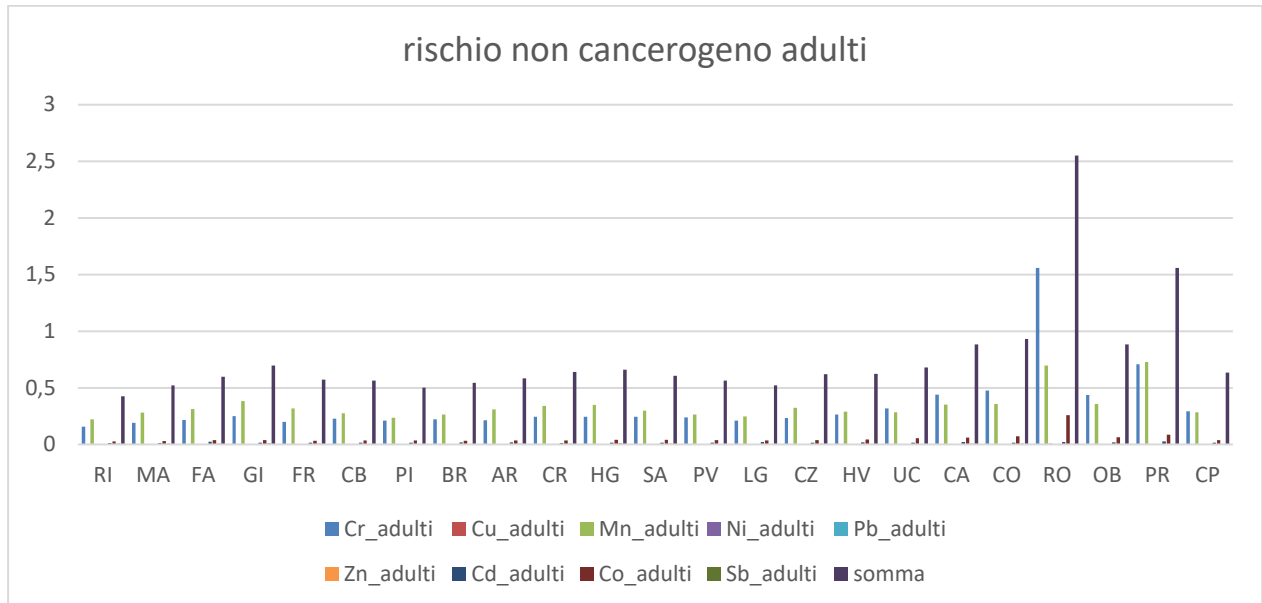


Fig.47 rappresentazione del rischio non cancerogeno negli adulti per Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn, Cd, Co, Sb e totale

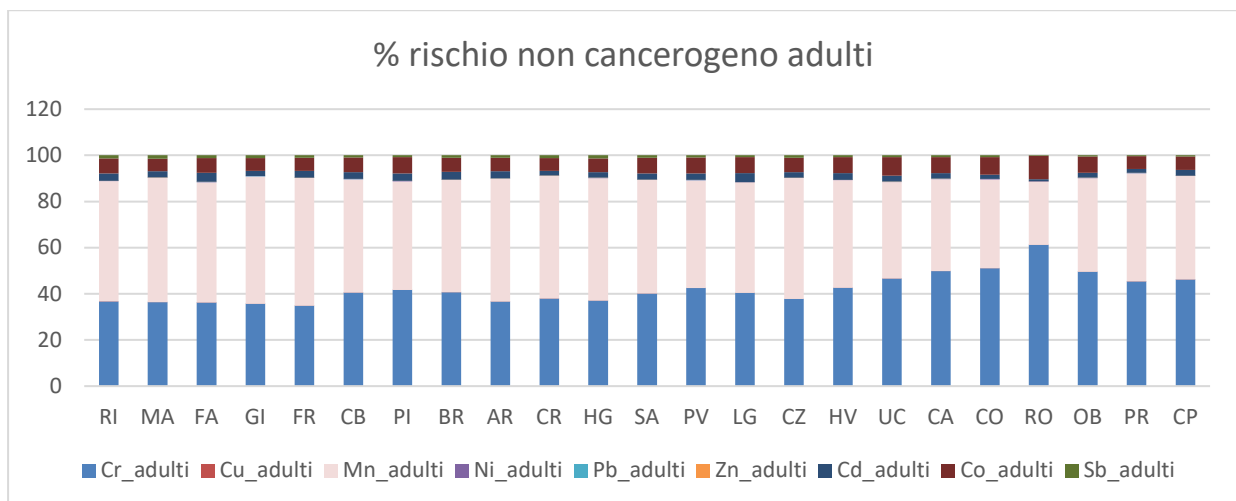


Fig.48 rappresentazione % del rischio non cancerogeno negli adulti da Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn, Cd, Co, Sb e totale

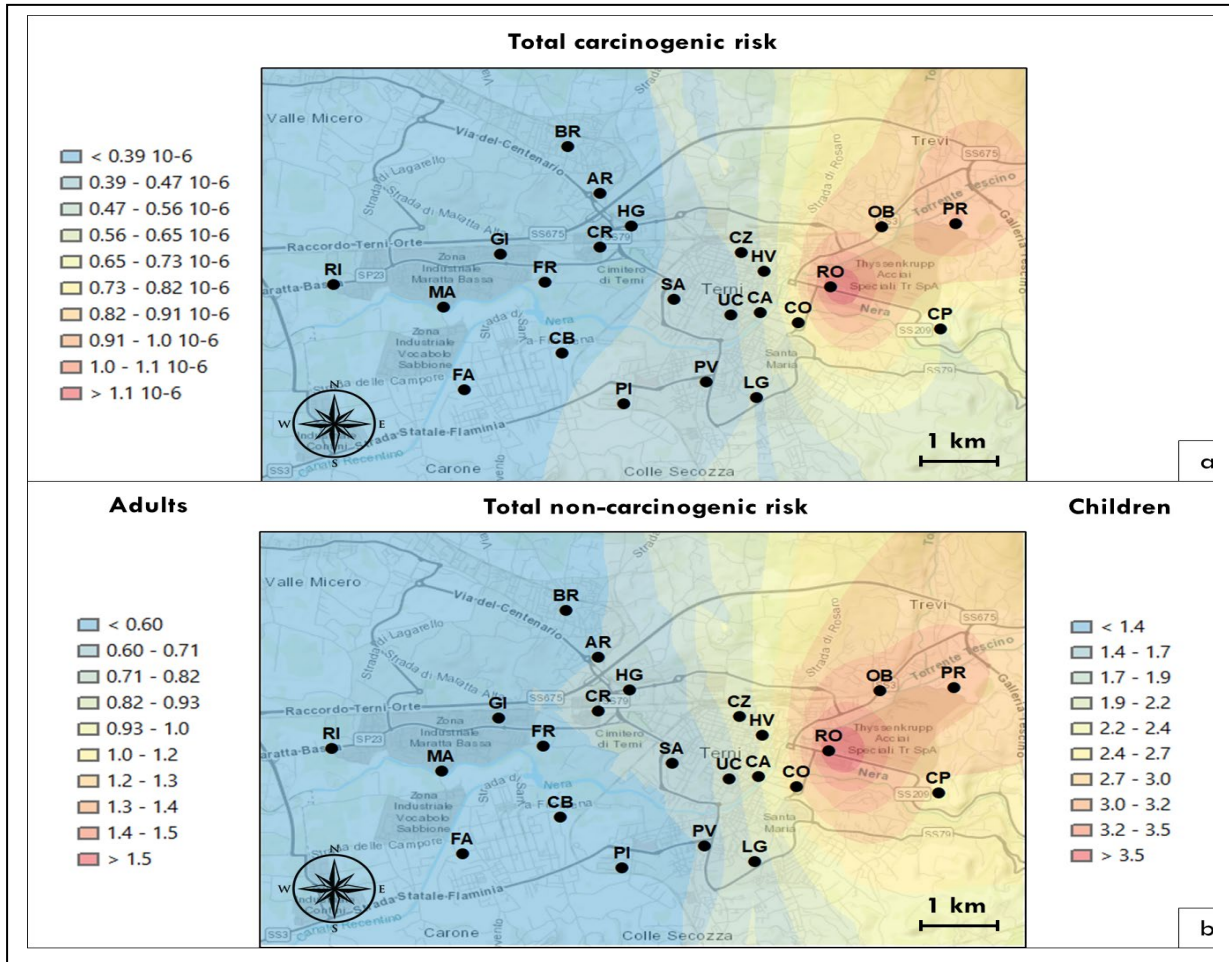


Fig.49 mappa del rischio totale medio cancerogenico (riquadro a) e non cancerogenico (riquadro b) negli adulti e bambini del PTTEs contenuto nel PM_{10} dell'intero periodo di monitoraggio (ArcMap 10.3.1, ArcGis Desktop; ESRI, Redlands, CA, USA).

La rappresentazione nella mappa di rischio corrispondente è simile a quella del rischio cancerogeno. L'acciaiera è la principale sorgente di emissione e in particolare nella stazione RO durante la laminazione.

Nel caso del rischio non cancerogeno nei bambini (tabella 14) è confermata dalla deviazione standard la forte variabilità nelle diverse stazioni di campionamento, compatibile con quanto visto nei lavori precedenti che indica forte disomogeneità delle concentrazioni elementari. È evidente che in tutte le stazioni ad eccezione di RI (lontano dall'acciaiera) vengono superati i livelli di rischio dell'EPA. La popolazione dei bambini è certamente maggiormente fragile e a parità di emissioni nell'aria risente maggiormente degli effetti negativi, risultando esposta a livelli di rischio per essa maggiori. Anche in questo caso i livelli di rischio maggiori si rilevano vicino all'acciaiera (stazioni RO e PR) come evidente nella tabella 14 e figure 50 e 51

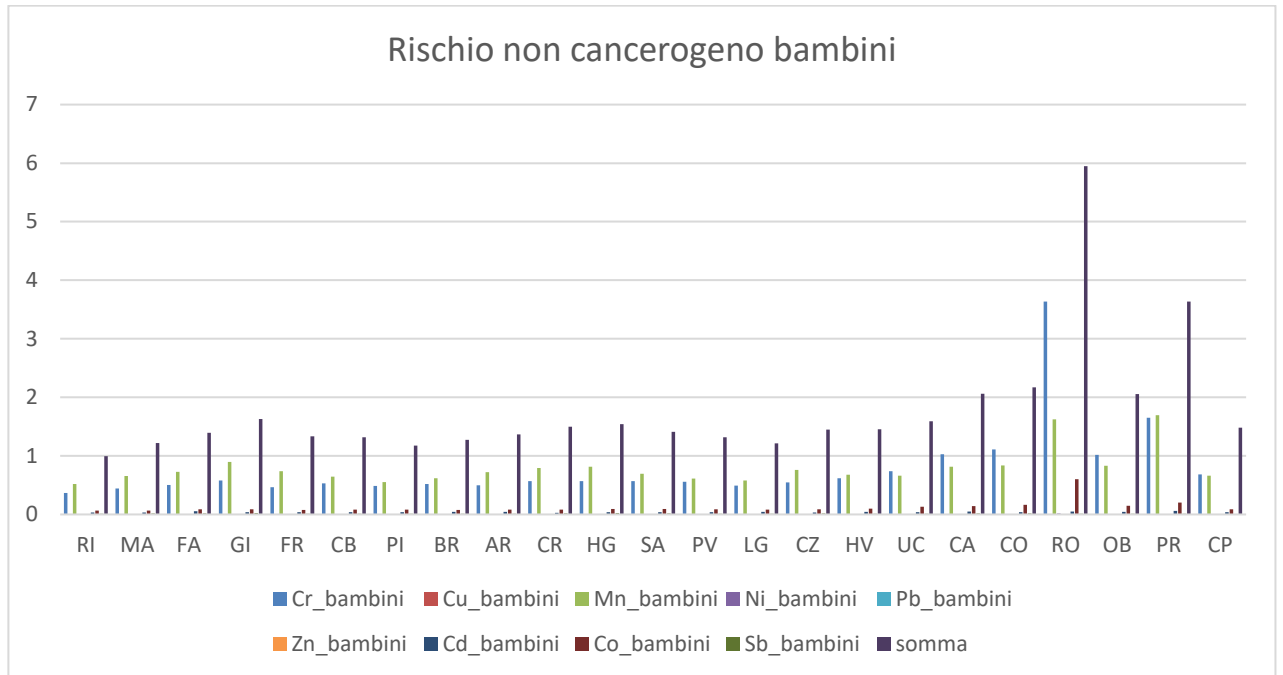


Fig.50 rappresentazione del rischio non cancerogeno nei bambini per Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn, Cd, Co, Sb e totale

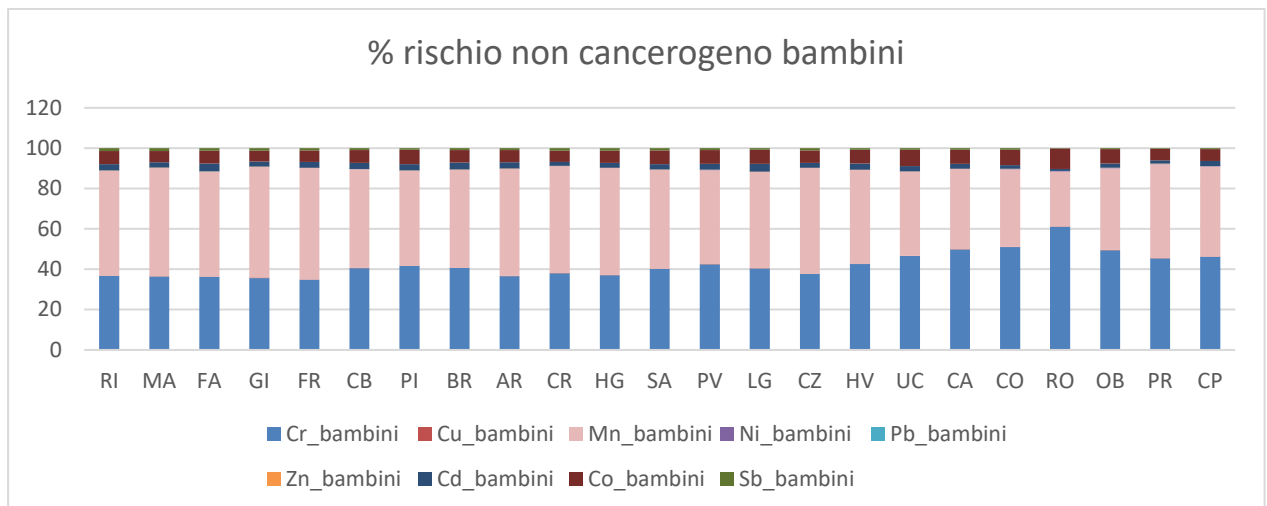


Fig.51 rappresentazione % del rischio non cancerogeno nei bambini per Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Zn, Cd, Co, Sb e totale

La rappresentazione della mappa di rischio inalatorio non cancerogeno nei bambini è simile a quelle precedenti tuttavia. I valori di rischio superano invece quelli di riferimento EPA in tutte le stazioni e nell'intera area il rischio supera il valore di riferimento pari ad 1

4.5 PROFILI DI SORGENTE

Nella figura 52 sono rappresentati i grafici dei profili di sorgente identificati attraverso l'applicazione della PMF e l'individuazione del contributo delle singole sorgenti identificate nelle analisi per rischio cancerogeno adulti, non cancerogeno adulti e non cancerogeno bambini. Nei grafici si osserva che la PMF ha identificato 5 sorgenti emissive: acciaieria, biomass burning, brake dust, soil dust, road dust con composizione chimica diversa. La variabile rappresentata nella prima colonna esprime il peso percentuale della singola sorgente emissiva al rischio complessivo, valutato come media su tutta la piana ternana. Il resto del grafico definisce il profilo chimico della sorgente ed indica quale percentuale di ciascun elemento è associata a tale sorgente (quadratini neri associate agli elementi) e quali specie chimiche sono presenti a concentrazione maggiore nella sorgente, rappresentate dagli istogrammi.

In particolare nel rischio cancerogenico (fig 52), le due sorgenti che contribuiscono maggiormente sono steel plant e biomass burning che emettono rispettivamente come cancerogeni Ni, Cr la prima e Cd la seconda, mentre per la sorgente road dust probabilmente per l'emissione di Cr.

Per la sorgente steel plant che concorre significativamente al rischio prevalgono Cr, Fe, Mn, K, Mo, Ni, Zn (istogramma verde), mentre Mo, Nb, Ni, provengono principalmente da tale sorgente, il Fe solo in parte, il Nichel quasi completamente.

Analoghe considerazioni possono essere fatte per il rischio non cancerogenico negli adulti, per il quale si riduce però sensibilmente la componente del biomass burning, mentre diventa rilevante il contributo della brake dust (abrasion meccanica dei freni traffico non veicolare), che contiene concentrazioni significative di Sb. Il rischio non cancerogenico nei bambini si ripartisce esattamente come quello per gli adulti, rispetto al quale si differenzia solo per la scala del rischio (sono considerati i medesimi elementi, con diversi fattori moltiplicativi).

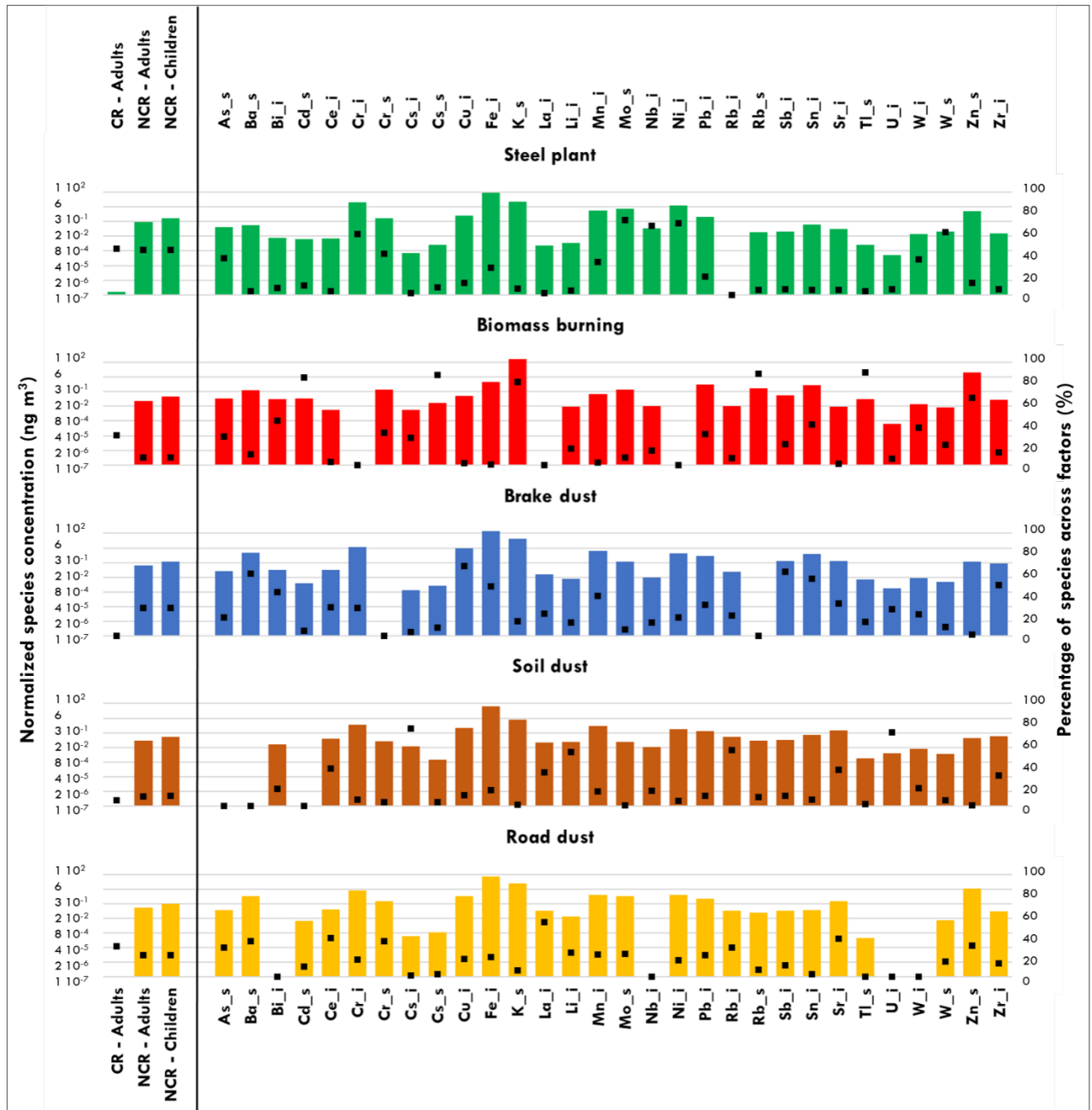


Fig. 52. Profilo chimico dei fattori identificati dalla PMF per I 23 siti di campionamento durante l'intero periodo di monitoraggio.

4.5.1 CONTRIBUTO AL RISCHIO SPECIFICO DI OGNI SORGENTE SU OGNI SITO DI CAMPIONAMENTO

Nei grafici seguenti fig. 53 sono rappresentati i contributi delle sorgenti emissive ad ogni sito specifico, cosa che permette di visualizzare come i contributi relativi delle sorgenti identificate sui valori di rischio varino all'interno dell'area di studio. In accordo con quanto discusso in precedenza, i valori di rischio più elevati sono stati calcolati nei siti RO, PR e, in modo meno evidente CA, CO, OB e CP; in questi siti, posti nelle vicinanze dell'impianto siderurgico, il contributo al rischio nettamente prevalente è associato all'impianto stesso. Allontanandosi dall'area industriale, il rischio diventa decisamente inferiore e aumenta la rilevanza relativa delle restanti sorgenti. Si può osservare come per il rischio cancerogeno nei siti non vicini all'acciaieria diventino predominanti il contributo del biomass burning e della polvere stradale risolleata, mentre per il rischio non cancerogeno la sorgente maggiormente influente diviene quella legata all'abrasione delle pastiche dei freni (brake dust). Anche in questo caso, la differenza tra adulti e bambini dipende unicamente dalla scala del rischio che, come già più volte ricordato, riflette la maggiore suscettibilità di tale popolazione.

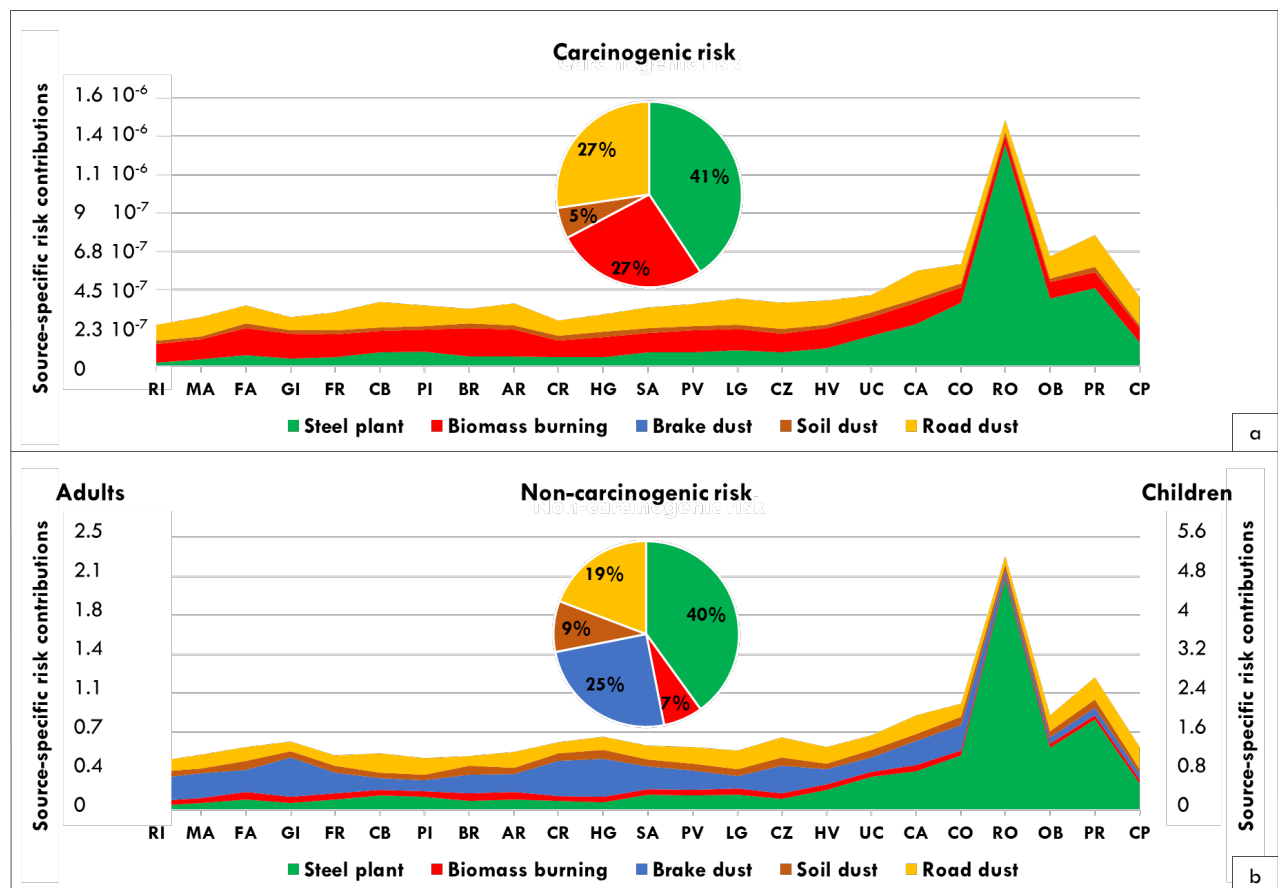


Fig. 53. Contributi specifici di sorgente per ognuno dei 23 siti di campionamento alla media totale cancerogena (grafico a, non cancerogena (grafico b) per adulti e bambini del PTTEs nel PM10 durante tutto il periodo di campionamento

Nelle figure da 54 e 55 sono rappresentate spazialmente il contributo delle singole sorgenti al rischio non cancerogeno e cancerogeno totale dei metalli considerati contenuti nel PM 10 in adulti e bambini nell'intera area della conca ternana, consentendo una stima del rischio anche in aree non direttamente sottoposte a monitoraggio. Le mappe consentono di individuare su tutta l'area il rischio determinato dalla singola sorgente ed eventualmente di ricavare la riduzione del rischio sulla popolazione esposta laddove fossero contenute le emissioni della sorgente.

Nel caso del rischio non cancerogeno le aree che hanno i maggiori livelli di rischio per adulti e bambini per singola sorgente sono:

- per "steel plant" la zona a rischio più elevato si estende in tutta l'area a est della città, arrivando a comprendere anche parte del centro storico e le aree abitate a nord e a sud dell'impianto industriale.

- per "biomass burning" le aree con un maggior contributo al rischio sono quelle poste intorno al sito BR, area della città caratterizzata dalla prevalenza di abitazioni individuali, presumibilmente riscaldate a legna. La combustione delle biomasse risulta rilevante anche nell'area industriale a sud-ovest, dove è presente un importante impianto di lavorazione industriale del legno.

- per "soil dust", il contributo è distribuito in modo più omogeneo, con incrementi del rischio nell'area urbana e nelle vicinanze di strade ad alto scorrimento, in accordo con la capacità del traffico veicolare di causare il risollevarsi di polveri naturali depositate al suolo.

- per "brake dust" l'area a rischio maggiore non è posta in corrispondenza delle zone a traffico veicolare maggiore, ma lungo il percorso della ferrovia e più in particolare nel tratto che precede la stazione ferroviaria, probabilmente a causa della riduzione di velocità dei convogli.

- per "Road dust" il contributo del transito veicolare è più evidente ed il rischio associato a questa sorgente è piuttosto omogeneo, con incrementi modesti nelle aree a maggiore densità abitativa e/o soggette al traffico di mezzi pesanti.

Nel caso del rischio cancerogeno, le mappature di rischio sono molto simili, anche se cambiano le scale. Non contenendo concentrazioni significative degli elementi utilizzati per il calcolo del rischio, diviene in questo caso trascurabile il contributo della sorgente "brake dust".

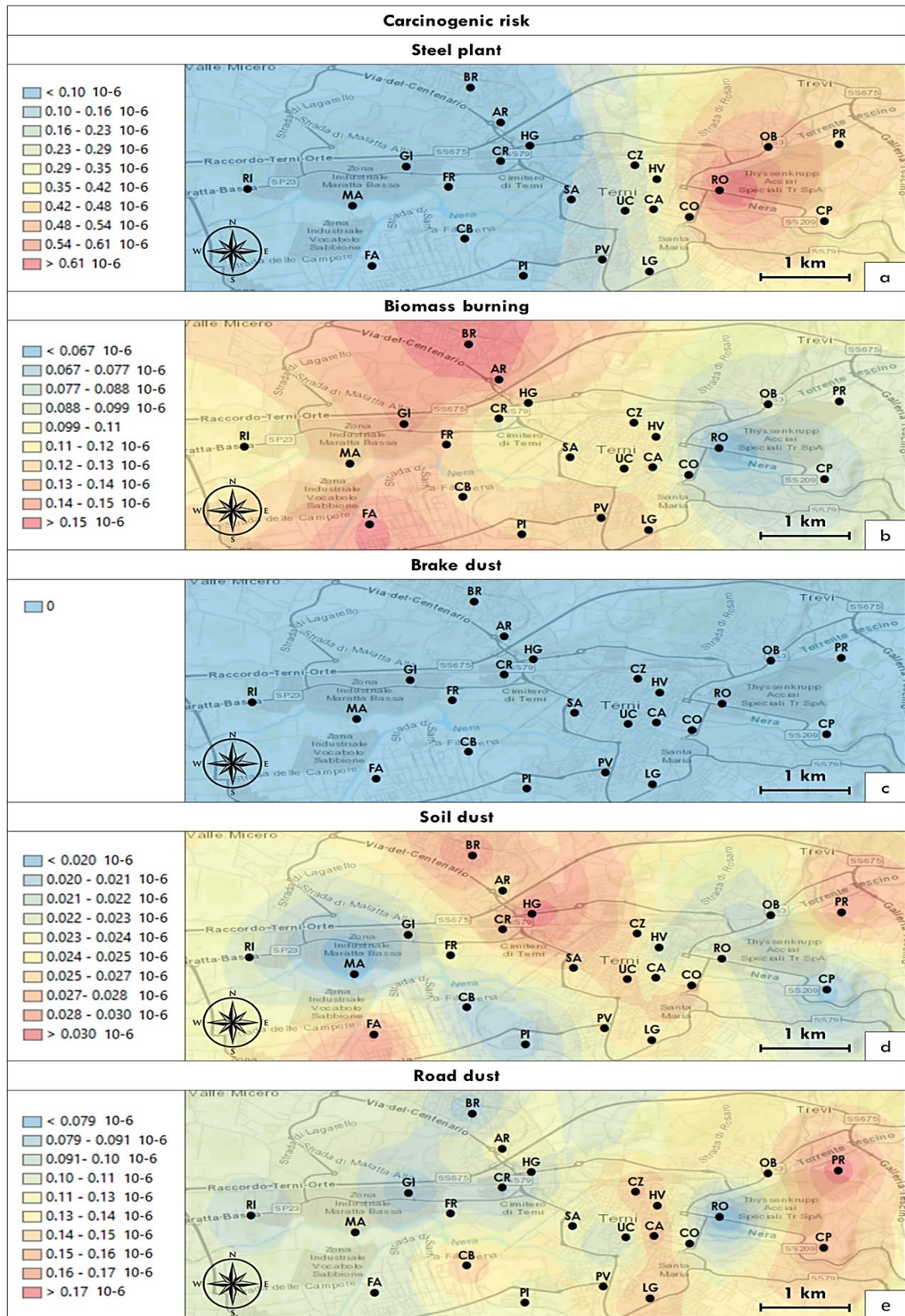


Fig. 54. Mappe di the steel plant (panel a), biomass burning (panel b), brake dust (panel c), soil dust (panel d) and road dust (panel e) contribute al rischio cancerogenico medio totale del PTTEs in PM_{10} durante l'intero period di campionamento (ArcMap 10.3.1, ArcGis Desktop; ESRI, Redlands, CA, USA).

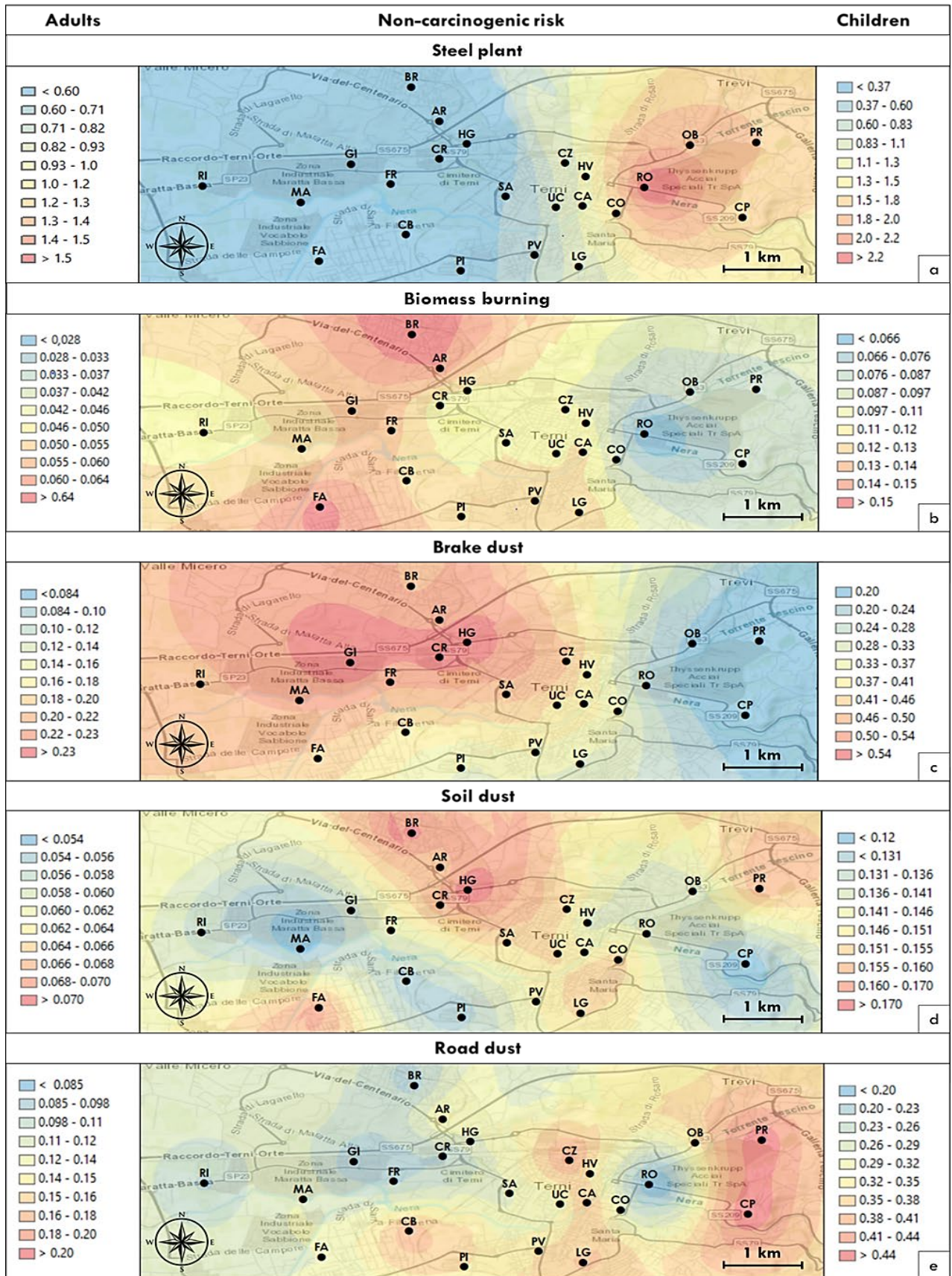


Fig. 55. Mappe di: the steel plant (panel a), biomass burning (panel b), brake dust (panel c), soil dust (panel d) e road dust (panel e) contribute alla media totale del rischio non cancerogenico per adulti e bambini del PTEs nel PM10 durante l'intero period di monitoraggio (ArcMap 10.3.1, ArcGis Desktop; ESRI, Redlands, CA, USA).

CONCLUSIONI

Il ristretto territorio della conca ternana, caratterizzato da una peculiare conformazione geomorfologica e da differenti e numerose sorgenti emmissive, è risultato essere un'area ideale per la realizzazione di uno studio sulla elaborazione di mappe di rischio inalatorio per la popolazione residente di adulti e bambini dovuto all'esposizione ad alcuni metalli pesanti contenuti nel particolato, partendo da una estesa campagna di monitoraggio ad elevata risoluzione spaziale effettuata nell'area di interesse e capace di rappresentare l'esposizione della popolazione, tenendo conto della variabilità spaziale e della capacità di dispersione del PM₁₀ e delle sue componenti elementari.

Attraverso l'utilizzo dei campionatori Smart Sampler (low-cost, automatici ed autoalimentati) è stato possibile costruire una rete di monitoraggio estesa grazie alla quale ottenere dati ad elevata risoluzione spaziale, utilizzati per la valutazione del rischio inalatorio da metalli contenuti nel PM₁₀ sulla popolazione della particolato dovuto anche all'impatto delle diverse sorgenti emmissive e della variabilità spaziale e stagionale del particolato e delle sue componenti.

Tramite la procedura del frazionamento chimico per solubilità e la caratterizzazione chimica delle due frazioni, solubile e residua, delle polveri campionate nelle diverse stazioni di monitoraggio, è stato possibile aumentare la selettività degli elementi utilizzati come traccianti nell'analisi del PMF.

L'esteso database ottenuto nell'ampia campagna di monitoraggio ad elevata risoluzione ha consentito di elaborare un approccio innovativo di elevato valore descrittivo capace di fornire complete mappe di rischio inalatorio dovuto all'esposizione a metalli cancerogeni e non cancerogeni per la popolazione adulta e di bambini residente nell'area ternana. In questo studio, abbiamo utilizzato per la prima volta un approccio sperimentale innovativo per il campionamento e l'analisi ad alta risoluzione spaziale del PM₁₀ per georeferenziare i rischi per la salute associati all'esposizione ai PTE nel PM₁₀ rilasciati da sorgenti spazialmente disaggregate in un contesto urbano inquinato da più sorgenti.

È stato possibile elaborare il contributo di ogni sorgente al rischio sulla popolazione di adulti e bambini e l'interpolazione su tutta l'area geografica della conca ternana (anche quella non direttamente campionata). Le elaborazioni delle mappe del rischio mostrano evidenti contributi al rischio determinati dall'acciaieria. La valutazione del rischio cancerogeno e non cancerogeno per adulti e bambini a causa delle concentrazioni di elementi in traccia pericolosi (PTE) nel PM₁₀ ha rivelato un rischio cancerogeno (CR) non significativo associato all'esposizione ad As, Ni e Pb, mentre l'esposizione al Cr rilasciato dall'acciaieria è risultata essere un CR e un NCR per i cittadini adulti nell'area orientale del bacino (siti RO e PR) e un NCR per i bambini anche nel centro urbano densamente popolato (siti CA, CO, RO, OB e PR). Inoltre, il totale NCR per i bambini cittadini è

risultato significativo nell'intera area di studio e ben al di sopra del valore soglia di rischio nell'area limitrofa all'acciaieria, che è risultata essere la fonte di emissione con il maggior contributo al totale CR e NCR per adulti e bambini.

Inoltre, la ripartizione del rischio specifica per sorgente eseguita utilizzando le concentrazioni risolte spazialmente si è rivelata molto efficace per ottenere profili elementari robusti delle principali fonti di PTTE nel PM10. In effetti, l'uso innovativo di concentrazioni risolte spazialmente anziché temporalmente nell'analisi PMF ci ha permesso di ridurre la distorsione dei profili sorgente a causa di gran parte della varianza spiegata dalle diverse condizioni di stabilità atmosferica.

Nel complesso, la mappatura spaziale dei contributi di rischio specifici della fonte si è rivelata altamente efficace per identificare le aree critiche di esposizione alle PTTE nel PM10. Riteniamo che questo approccio sperimentale sia uno strumento molto potente per localizzare i potenziali rischi per la salute dei PTTE in contesti urbani inquinati da più fonti.

Tale strumento si è dimostrato particolarmente efficace per una rappresentazione puntuale dei fattori di rischio nell'intera area, anche al fine di adottare opportune misure di prevenzione della salute e di attenuazione dell'impatto di tali sorgenti emissive e dei loro contributi al rischio sulla popolazione residente potendo anche simulare il miglioramento della qualità dell'aria che si verificherebbe rimuovendo o riducendo il contributo di una o più specifiche sorgenti di emissione.

RINGRAZIAMENTI

Desidero ringraziare la prof.ssa Silvia Canepari relatore di questa tesi di dottorato e il dott. Lorenzo Massimi ricercatore del suo gruppo, per la loro grande disponibilità, cortesia, per la preziosa collaborazione e supporto fornito in tutto il percorso di dottorato fatto insieme che ha costituito una notevole occasione di arricchimento di nuove conoscenze in un clima sereno di forte crescita ed elevata professionalità.

BIBLIOGRAFIA

- Abbas, Z., Steenari, B. M., & Lindqvist, O. (2001). A study of Cr (VI) in ashes from fluidized bed combustion of municipal solid waste: leaching, secondary reactions and the applicability of some speciation methods. *Waste Management*, 21(8), 725-739.
- Abbasi, S., Olander, L., Larsson, C., Olofsson, U., Jansson, A., Sellgren, U., 2012. A field test study of airborne wear particles from a running regional train. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit* 226 (1), 95–109.
- Adachi K., Tainosho Y. (2004), “Characterization of heavy metal particles embedded in tire dust”, *Environ Int*, 30: 1009–1017.
- Adam Reff, Shelly I. Eberly & Prakash V. Bhave (2007) Receptor Modeling of Ambient Particulate Matter Data Using Positive Matrix Factorization: Review of Existing Methods, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 57:2, 146-154, DOI: 10.1080/10473289.2007.10465319
- Adorno S., Neri Serneri S. (2009), “Industria, ambiente e territorio”, *Il Mulino*.
- Agenzia provinciale per la protezione dell’ambiente, Provincia Autonoma di Trento (2018), “Caratterizzazione tramite modello a recettore delle fonti emissive di particolato aerodisperso a Borgo Valsugana”, Prot. N. RFS301-731823.
- Ahmad, H. R., Mehmood, K., Sardar, M. F., Maqsood, M. A., Rehman, M. Z. U., Zhu, C., Li, H. 2019. Integrated risk assessment of potentially toxic elements and particle pollution in urban road dust of megacity of Pakistan. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*.
- Ahn Y, Kim S, Nah H. The Great Attack of Fine Dust from China. *Chosun Ilbo*, 2013; 25-27. *Airkorea*. Available at: Offing CC Tsai SS, Ho SC, Yang CY. Air pollution and hospital admissions for cardiovascular disease in Taipei, Taiwan. *Environ Res* 2005; 98:114-9.
- Almeida, S. M., Pio, C. A., Freitas, M. C., Reis, M. A., & Trancoso, M. A. (2006), “Source apportionment of atmospheric urban aerosol based on weekdays/weekend variability: evaluation of road re-suspended dust contribution”, *Atmospheric Environment*, 40(11), 2058-2067.
- Alves, C., Rienda, I. C., Vicente, A., Vicente, E., Gonçalves, C., Candeias, C., Tchepel, O. 2021. Morphological properties, chemical composition, cancer risks and toxicological potential of airborne particles from traffic and urban background sites. *Atmospheric Research*, 264, 105837.
- Andersen A, Berge SR, Engeland A, Norseth T (1996). Exposure to nickel compounds and smoking in relation to incidence of lung and nasal cancer among nickel refinery workers. *Occup Environ Med*, 53: 708–713. doi: 10.1136/oem.53.10.708 PMID:8943837
- Anderson, J.O., Thundiyil, J.G., Stolbach, A., 2012. Clearing the air: a review of the effects of particulate matter air pollution on human health. *J. Med. Toxicol.* 8 (2), 166–175.
- Argyropoulos, G., Manoli, E., Kouras, A., & Samara, C. (2012), “Concentrations and source apportionment of PM 10 and associated major and trace elements in the Rhodes Island, Greece”, *Science of the Total Environment*, 432, 12-22.
- ARPA Valle d’Aosta, ARPA Umbria, ARPA Veneto. Progetto per la valutazione degli impatti sulla qualità dell’aria provocati dagli stabilimenti di produzione dell’acciaio. Report finale, 2018.
- Atkinson RW, Fuller GW, Anderson HR, Harrison RM, Armstrong B. Urban ambient particle metrics and health. A time series analysis. *Epidemiology* 2010; 21:501-11
- Aust AE, Ball JC, Hu AA, Lighty JS, Smith KR, Straccia AM, et al. Particle characteristics responsible for effects on human lung epithelial cells. *Res Rep Health Eff Ins* 2002; 110:67-76.
- Avino, P., Brocco, D., Lepore, L. Carbonio organico e carbonio elementare nelle particelle atmosferiche. *Ann Istituto Superiore di Sanità* 2003;39(3):365-369.
- Awassada Phongphiphat, Changkook Ryu, Karen N. Finney, Vida N. Sharifi, Jim Swithenbank (2011). Ash deposit characterisation in a large-scale municipal waste-to-energy incineration plant.

Journal of hazardous materials. Volume 186, Issue 1, 15 February 2011, Pages 218-226

- B.R. Larsen, S. Gilardoni, K. Stenström, J. Niedzialek, J. Jimenez, C.A. Belis (2012), "Sources for PM air pollution in the Po Plain, Italy: II. Probabilistic uncertainty characterization and sensitivity analysis of secondary and primary sources", *Atmos. Environ.*, 50, pp. 203-213.
- Balakrishnan K, Sankar S, Parikh J., Padmavathi R, Srividya K, Venugopal V, et al. Daily average exposures to respirable particulate matter from combustion of biomass fuels in rural households of southern India. *Environ Health Perspect* 2002; 110 (11):1069-75.
- Barbara J. Finlayson-Pitts, James N. Pitts, Jr., *Chemistry of the upper and lower atmosphere*. 1999
- Beelen, R., Hoek, G., Pebesma, E., Vienneau, D., de Hoogh, K., Briggs, D. J. (2009), "Mapping of background air pollution at a fine spatial scale across the European Union", *Science of the Total Environment*, 407(6), 1852-1867.
- Belis C.A., Cancelinha J., Duane M., Forcina V., Pedroni V., Passarella R., Tanet G., Douglas K., Piazzalunga A., Bolzacchini E., Sangiorgi G., Perrone M.G., Ferrero L., Fermo P., Larsen B.R. (2011), "Sources for PM air pollution in the Po Plain, Italy: I. Critical comparison of methods for estimating BB contributions to benzo (a) pyrene", *Atmos. Environ.*, 45, pp. 7266-7275.
- Belis, C.A., Karagulian, F., Amato, F., Almeida, M., Artaxo, P., Beddows, D.C.S., Hopke, P.K., 2015. A new methodology to assess the performance and uncertainty of source apportionment models II: The results of two European intercomparison exercises. *Atmospheric Environment* 123, 240–250.
- Biondi E., Calandra D., Gigante D., Pignattelli S., Rampiconi E. & Venanzoni R. – *Il paesaggio vegetale della provincia di Terni*, Provincia di Terni, 2002.
- Bodor, K., Bodor, Z., Szép, R. 2021. Spatial distribution of trace elements (As, Cd, Ni, Pb) from PM10 aerosols and human health impact assessment in an Eastern European country, Romania. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(4), 1-17.
- Boulter P.G. (2006), "A review of emission factors and models for road vehicle non-exhaust particulate matter", TRL report PPR065, TRL Limited, Wokingham.
- Branis M, Vyskovska J, Maly M, Hovorka J. Association of size-resolved number concentrations of particulate matter with cardiovascular and respiratory hospital admissions and mortality in Prague, Czech Republic. *Inhal Toxicol* 2010; 22:21-8.
- Brasseur, G.P., Orlando, J.J. and Tyndall, G.S., 1999. *Atmospheric Chemistry and Global Change*. Oxford University Press, Oxford. 654.
- Brauer M, Amann M, Burnett RT, Cohen A, Dentener F, Ezzati M, et al. Exposure assessment for estimation of the global burden of disease attributable to outdoor air pollution *Environ. Sci Technol* 2012; 46:652-60
- Brown JS, Gordon T, Price O, Asgharian B. Thoracic and respirable particle definitions for human health risk assessment, *Part Fibre Toxicol* 2013;12. <http://dx.doi.org/10.1186/1743-8977-10-12>.
- Bukowiecki N., Lienemann P., Hill M., Figi R., Richard A., Furger M., Rickers K., Falkenberg G., Zhao Y., Cliff S., Prevot A., Baltensperger U., Buchmann B., and Gehrig R. (2009). Real-World Emission Factors for Antimony and Other Brake Wear Related Trace Elements: Size-Segregated Values for Light and Heavy Duty Vehicles. *Environmental Science & Technology* 2009 43 (21), 8072-8078. DOI: 10.1021/es9006096
- C. Farao, S. Canepari, C. Perrino, R.M. Harrison (2014), "Sources of PM in an industrial area: comparison between receptor model results and semiempirical calculations of source contributions", *Aerosol Air Qual. Res.*, 14 (6), pp. 1558-1572.
- Cadelis G, Tourres R, Molinie J. Short-term effects of the particulate pollutants contained in Saharan dust on the visits of children to the emergency department due to asthmatic conditions

- in Guadeloupe (French Archipelago of the Caribbean). PLoS ONE 2014;9(3):e91136. <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0091136>.
- Caggiano, R., Sabia, S., Speranza, A. 2019. Trace elements and human health risks assessment of finer aerosol atmospheric particles (PM₁). *Environmental Science and Pollution Research*, 26(36), 36423-36433.
 - Canepari S., Cardarelli E., Giuliano A., Pietrodangelo A. (2006), "Determination of metals, metalloids and non-volatile ions in airborne particulate matter by a new two-step sequential leaching procedure. Part A: Experimental design and optimization", *Talanta*, 69: 581–587.
 - Canepari, S., Astolfi, M.L., Catrambone, M., Frasca, D., Marcocchia, M., Marcovecchio, F., Massimi, L., Rantica, E., Perrino, C., 2019. A combined chemical/size fractionation approach to study winter/summer variations, ageing and source strength of atmospheric particles. *Environ. Pollut.* 253, 19–28.
 - Canepari, S., Astolfi, M.L., Farao, C., Maretto, M., Frasca, D., Marcocchia, M., Perrino, C., 2014. Seasonal variations in the chemical composition of particulate matter: a case study in the Po Valley. Part II: concentration and solubility of micro-and trace-elements. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 21 (6), 4010–4022.
 - Canepari, S., Marconi, E., Astolfi, M. L., & Perrino, C. (2010), "Relevance of Sb (III), Sb (V), and Sb-containing nano-particles in urban atmospheric particulate matter", *Analytical and bioanalytical chemistry*, 397(6), 2533-2542.
 - Canepari, S., Perrino, C., Olivieri, F., & Astolfi, M. L. (2008), "Characterisation of the traffic sources of PM through size-segregated sampling, sequential leaching and ICP analysis", *Atmospheric Environment*, 42(35), 8161-8175.
 - Canepari, S., Pietrodangelo, A., Perrino, C., Astolfi, M. L., & Marzo, M. L. (2009), "Enhancement of source traceability of atmospheric PM by elemental chemical fractionation", *Atmospheric Environment*, 43(31), 4754-4765.
 - Canepari, S.; Astolfi, M.L.; Catrambone, M.; Frasca, D.; Marcocchia, M.; Marcovecchio, F.; Massimi, L.; Rantica, E.; Perrino, C. (2019); "A combined chemical/size fractionation approach to study winter/summer variations, ageing and source strength of atmospheric particles", *Environmental Pollution*, Vol. 253, p19-28.
 - Capelli, L., Sironi, S., Del Rosso, R., Céntola, P., Rossi, A., Austeri, C., 2011. Olfactometric approach for the evaluation of citizens' exposure to industrial emissions in the city of Terni, Italy. *Sci. Total. Environ.* 409 (3), 595–603.
 - Casati P, Scheer V, Vogt R, Benter T. Measurement of nucleation and soot mode particle emission from a diesel passenger car in real world and laboratory in situ dilution. *Atmos Environ* 2007; 41:2125-35.
 - Castellani F., (2018), "Identificazione e attribuzione delle sorgenti emissive del particolato atmosferico mediante campionamenti ad elevata risoluzione spaziale", Tesi di Laurea in Chimica Analitica, Università La Sapienza Roma.
 - Cecinato, A., Marino, F., Filippo, P.D., Lepore, L., Possanzini, M. Distribution of n-alkanes, polynuclear aromatic hydrocarbons and nitrated polynuclear aromatic hydrocarbons between the fine and coarse fractions of inhalable atmospheric particulates. *Chromatography*. 1999. Vol. 846.P. 255-264
 - Célia Alves, Ismael Casotti Rienda, Ana Vicente, Estela Vicente, Càtia Gonçalves, Candeias, Fernando Rocha, Franco Lucarelli, Giulia Pazzi, Nora Kovàts, Katalin Hubai, Casimiro Pio, Oxana Tchepel Morphological properties, chemical composition, cancer risks and toxicological potential of airborne particles from traffic and urban background sites *Atmospheric Research* 2021: 105837

- Charlesworth, S., De Miguel, E., Ordonez, A. 2011. A review of the distribution of particulate trace elements in urban terrestrial environments and its application to considerations of risk. *Environmental Geochemistry and Health* 33, 103-123.
- Cheung K, Daher N, Kam W, Shafer MM, Ning Z, Schauer JJ, et al. Spatial and temporal variation of chemical composition and mass closure of ambient coarse particulate matter (PM_{10-2.5}) in the Los Angeles area. *Atmos Environ* 2011; 45:2651-62.
- Chuang K-J, Yan Y-H, Chiu S-Y, Cheng TJ. Long-term air pollution exposure and risk factors for cardiovascular diseases among the elderly in Taiwan. *Occup Environ Med* 2011; 68:64-8.
- Cole P & Rodu B (2005). Epidemiologic studies of chrome and cancer mortality: a series of meta-analyses. *Regul Toxicol Pharmacol*, 43: 225–231. doi:10.1016/j.yrtph.2005.06.009 PMID:16099572
- *Computers & Geosciences*, 22(4), 387-397.
- Curci, G., Ferrero, L., Tuccella, P., Barnaba, F., Angelini, F., Bolzacchini, E., Carbone, C., Denier van der Gon, H. A. C., Facchini, M. C., Gobbi, G. P., Kuenen, J. P. P., Landi, T. C., Perrino, C., Perrone, M. G., Sangiorgi, G., Stocchi, P. 2015. How much is particulate matter near the ground influenced by upper-level processes within and above the PBL? A summertime case study in Milan (Italy) evidences the distinctive role of nitrate. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15(5), 2629-2649.
- Cvjetko, P., Cvjetko, I., Pavlica, M., 2010. Thallium toxicity in humans. *Arch. Ind. Hyg. Toxicol.* 61 (1), 111–119.
- DeKok TMM, Driessche HAL, Hogervorst JGF, Briede JJ. Toxicological assessment of ambient and traffic-related particulate matter: a review of recent studies. *Mutat Res* 2006; 613 (2-3):103-22.
- Della Torre M. (2001), “Applicazione di tecniche di intelligenza artificiale per lo studio della relazione fra l’inquinamento atmosferico e le sue cause”, Tesi di Laurea Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia.
- Diociaiuti M, Balduzzi M, De Berardis B, Cattani G, Stacchini G, Ziemacki G. The two PM_{2.5} (fine) and PM_{2.5-10} (coarse) fractions: evidence of different biological activity. *Environ Res* 2001; 86; 254-62.
- Direttiva 2006/12/CE del parlamento europeo e del consiglio, 5 aprile 2006, in materia di gestione dei rifiuti.
- Dominici F, Peng RD, Bell MI, Pham I, McDermott A, Zeger SI, et al. Fine particulate air pollution and hospital admission for cardiovascular and respiratory diseases. *JAMA* 2006; 295:1127-34.
- Easton DF, Peto J, Morgan LG et al. (1992). Respiratory cancer mortality in Welsh nickel refiners: Which nickel compounds are responsible? In: *Nickel and human health: current perspectives. Advances in environmental*
- Enterline PE, Henderson VL, Marsh GM (1987). Exposure to arsenic and respiratory cancer. A reanalysis. *Am J Epidemiol*, 125: 929–938. PMID: 3578251
- Esworthy R. Air quality: EPA's 2013 changes to the particulate matter (PM) standard. Congressional Research Service 7-5700, n. R42934; 2013. p.6.
- F. Divita, J.M. Ondov, A.E. Suarez (1996), “SuarezSize spectra and atmospheric growth of V-containing aerosol in Washington DC”, *Aerosol Science and Technology*, 25, pp. 256-273.
- Fang Y, Naik V, Horowitz LW, Manzerall DL Air pollution and associated human mortality: the role of air pollutants emissions, climate change and methane concentration increases from the preindustrial period to present *Atmos Chem Phys* 2013; 13:1377-94 .
- Ferrero, L., Cappelletti, D., Moroni, B., Sangiorgi, G., Perrone, M. G., Crocchianti, S., Bolzacchini, E. 2012. Wintertime aerosol dynamics and chemical composition across the mixing layer over basin valleys. *Atmospheric Environment*, 56, 143-153.

- Frasca D., (2012), "Studio delle distribuzioni dimensionali del particolato atmosferico in un'area industriale", Tesi di Laurea in Monitoraggio Ambientale, Università La Sapienza Roma.
- Frasca, D., Marcoccia, M., Tofful, L., Simonetti, G., Perrino, C., Canepari, S., 2018. Influence of advanced wood-fired appliances for residential heating on indoor air quality. *Chemosphere* 211, 62–71.
- Fu M, Zheng F, Xu X, Niu L Advances of study on monitoring and evaluation of PM2.5 pollution. *Meteorol Disaster Reduc Res* 2011; 34:1 -6.
- G. Marcazzan, S. Vaccaro, G. Valli, R. Vecchi (2001), "Characterisation of PM10 and PM2.5 particulate matter in the ambient air of Milan (Italy)", *Atmospheric Environment*, 35: 4639– 4650.
- Gakidou, E., Afshin, A., Abajobir, A. A., Abate, K. H., Abbafati, C., Abbas, K. M., Duncan, S. 2017. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990–2016: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2016. *The Lancet*, 390(10100), 1345-1422.
- Gia Pham, T., Kappas, M., Van Huynh, C., & Hoang Khanh Nguyen, L. 2019. Application of ordinary kriging and regression kriging method for soil properties mapping in hilly region of Central Vietnam. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(3), 147.
- Gilli G, Traversi D, Rovere R, Pignata C, Schilirò T. Chemical characteristics and mutagenic activity of PM in Torino, a Northern Italian City. *Sci Total Environ* 2007;385: 97-107.
- Gonzalez-Flecha B. Oxidant mechanisms in response to ambient air particles. *Mol Aspects Med* 2004; 25:169-82.
- Guaita R, Pichiule M, Mate T, Linares C Diaz J. Short-term impact of particulate matter (PM2.5) on respiratory mortality in Madrid. *Int J Environ Health Res* 2011; 21:260-74
- Guerrini, R. 2012. Qualità dell'aria nella provincia di Terni tra il 2002 e il 2011. *Quad ARPA Umbria*, 81-87.
- Guo, C., Zhang, Z., Lau, A. K., Lin, C. Q., Chuang, Y. C., Chan, J., Lao, X. Q. 2018. Effect of long-term exposure to fine particulate matter on lung function decline and risk of chronic obstructive pulmonary disease in Taiwan: a longitudinal, cohort study. *The Lancet Planetary Health*, 2(3), e114-e125.
- Halonen JI, Lanki T, Tuomi TY, Tittanem P, Kulmala M, Pekkanen J. Particulate air pollution and acute cardiorespiratory hospital admissions and mortality among the elderly. *Epidemiology* 2009; 20:143-53.
- Hamanaka, R. B., Mutlu, G. M. 2018. Particulate matter air pollution: effects on the cardiovascular system. *Frontiers in endocrinology*, 9, 680.
- Harrison R.M., Yin J. (2000), "Particulate matter in the atmosphere: which particle properties are important for its effects on health?" *the Science of the Total Environment*, 249: 85-101.
- Harrison R.M., Van Grieken R.E. (1999), "Atmospheric Particles" Vol 5, John Wiley & Sons.
- Hien, P.D.; Bac, V.T.; Thinh, N.T.H. Investigation of Sulfate and Ni- trate Formation on Mineral Dust Particles by Receptor Modeling; *Atmos. Environ.* 2005, 39, 7231-7239.
- Hitzfeld B, Friedrichs KH, Ring.] Behrendt H. Airborne particulate matter modulates the production of reactive oxygen species in human polymorphonuclear granulocytes. *Toxicology* 1997; 120(3):185-95.
- Hjortenkrans D, Bergback B, Haggerud A. New metal emission patterns in road traffic environments. *Environ Monit Assess* 2006;117(1-3)85-98.
- Hjortenkrans DST, Bergback BG, Haggerud AV (2007), "Metal emissions from brake linings and tires: case studies of Stockholm, Sweden 1995/1998 and 2005", *Environ Sci Technol*, 41: 5224–5230.
- Hoek, G., Meliefste, K., Cyrys, J., Lewné, M., Bellander, T., Brauer, M., Fischer, P., Gehring, U., Heinrich, J., Van Vliet, P., Brunekreef, B., 2002. Spatial variability of fine particle concentrations

- in three European areas. *Atmos. Environ.* 36, 4077–4088.
- Huang M, Wang W, Chan CY, Cheung KC, Man YB, Wang X, Wong MH (2014) Contamination and risk assessment (based on bio-accessibility via ingestion and inhalation) of metal (loid) s in outdoor and indoor particles from urban centers of Guangzhou, China. *Sci Total Environ*, 479, 117-124. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.01.115>
 - Hwang, I.; Hopke, P.K. Estimation of Source Apportionment and Potential Source Locations of PM_{2.5} at a West Coastal IMPROVE Site. *Atmos. Environ.* 2007, 4, 506–518.[CrossRef]
 - International Agency for Research on Cancer, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 87, Inorganic and Organic Lead Compounds, 2006.
 - International Agency for Research on Cancer, IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Volume 109. Outdoor Air Pollution. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 2013
 - International Agency for Research on Cancer Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. IARC Monographs, Volume 100, 2012.
 - International Agency for Research on Cancer, Overall evaluation of carcinogenicity: an updating of IARC Monographs. Vol. 1-42. Supplement 7, IARC, Lyon, 1987.
 - IRIS (Integrated Risk Assessment System), 1995. United States Environmental Protection Agency, www.epa.gov/IRIS/
 - Irwin, J.S., 2014. A suggested method for dispersion model evaluation. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 64 (3), 255–264.
 - Izhar, S., Goel, A., Chakraborty, A., Gupta, T. 2016. Annual trends in occurrence of submicron particles in ambient air and health risk posed by particle bound metals. *Chemosphere*, 146, 582-590.
 - J. Hlavay, K. Polyák and M. Weisz (2001), “Monitoring of the natural environment by chemical speciation of elements in aerosol and sediment samples”, *Journal of Environmental Monitoring* 3: 74-80.
 - Jean Louis Battan - Ciel sporchi - Monografie Scientifiche Zanichelli, 1967
 - Jennings S.G... *Wet Processes Affecting Atmospheric Aerosol. Atmospheric Particles*, Vol 5, John Wiley & Sons, (1999).
 - Jian, X., Olea, R. A., & Yu, Y. S. (1996), “Semivariogram modeling by weighted least squares”,
 - Jimenez IA, Thompson J, Brown DA, Rahman I, Antonicelli F, Duffin R. Activation of NF- κ B by PM₁₀ occurs via an iron mediated mechanism in the absence of I κ B degradation. *Toxicol Appl Pharmacol* 2000;166:101-10
 - Johanson C, Norman M, Gidhagen L Spatial & temporal variations of PM₁₀ and particle number concentrations in urban air. *Environ Monit Assess* 2007;127(1-3):477-87.
 - Johnston, K., Ver Hoef, J. M., Krivoruchko, K., Lucas (2001), “Using ArcGIS geostatistical analyst”, Vol. 380, Redlands: Esri.
 - Jong-Myoung Lim, Jin-Hong Lee, Jong-Hwa Moon, Yong-Sam Chung, Ki-Hyun Kim (2009). Source apportionment of PM₁₀ at a small industrial area using Positive Matrix Factorization. *Atmospheric Research* 95 (2010) 88–100
 - Kadiiska MB, Mason RP, Dreher KL, Costa DI, Ghio AJ. In vivo evidence of tree radical formation in the rat lung after exposure to an emission source air pollution particle. *Chem Res Toxicol* 1997; 10:1104-8.
 - Kam, W., Delfino, R.J., Schauer, J.J., Sioutas, C., 2013. A comparative assessment of PM_{2.5} exposures in light-rail, subway, freeway, and surface street environments in Los Angeles and estimated lung cancer risk. *Environ Sci Process Impacts* 15 (1), 234–243.
 - Karagulian, F., Belis, C. A., Dora, C. F. C., Prüss-Ustün, A. M., Bonjour, S., Adair-Rohani, H.,

- Amann, M. 2015. Contributions to cities' ambient particulate matter (PM): A systematic review of local source contributions at global level. *Atmospheric environment*, 120, 475-483.
- Karanasiou A., Moreno N., Moreno T., Viana M., de Leeuw F., Querol X. (2012), "Health effects from Sahara dust episodes in Europe: Literature review and research gaps", *Environment International*, 47: 107-114.
 - Karar K., Gupta A.K. (2007), "Source apportionment of PM10 at residential and industrial sites of an urban region of Kolkata, India", *Atmospheric research*, Volume: 84(1).
 - Karar, K., Gupta, A. K., Kumar, A., Biswas, A. K. 2006. Characterization and identification of the sources of chromium, zinc, lead, cadmium, nickel, manganese and iron in PM 10 particulates at the two sites of Kolkata, India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 120(1), 347-360.
 - Karbowska, B., 2016. Presence of thallium in the environment: sources of contaminations, distribution and monitoring methods. *Environ. Monit. Assess.* 188 (11), 640.
 - Khanna, I. 2015. Health risks associated with heavy metals in fine particulate matter: a case study in Delhi city, India. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 3(02), 72.
 - Kim, B.U., Bae, C., Kim, H.C., Kim, E., Kim, S., 2017. Spatially and chemically resolved source apportionment analysis: Case study of high particulate matter event. *Atmos. Environ.* 162, 55–70.
 - Kim, K. H., Kabir, E., Kabir, S. 2015. A review on the human health impact of airborne particulate matter. *Environment international*, 74, 136-143.
 - Kinney PL. Climate change, air quality, and human health. *Am J Prev Med* 2008;35 (5): 459-67
 - Kiss G., Varga B., Gelencser A, Krivacsy Z., Molnar A., Alberg T., Persson L., Hansson HC., Facchini MC., 2001. Characterisation of polar organic compounds in fog water. *Atmos Environ* 35(12); 2193-2200.
 - Krewski D. Evaluating the effects of ambient air pollution on life expectancy. 2009; 360:413-5.
 - Kumar, A., Maroju, S., Bhat, A. (2007), "Application of ArcGIS geostatistical analyst for interpolating environmental data from observations", *Environmental Progress*, 26(3), 220-225.
 - Kurilić, S. M., Božilović, Z., Milošević, R. 2020. Contamination and health risk assessment of trace elements in PM10 from mining and smelting operations in the Bor Basin, Serbia. *Toxicology and Industrial Health*, 36(3), 135-145.
 - Laden F, Schwartz J, Speiser FE, Dockery DW. Reduction in fine particulate air pollution and mortality: extended follow-up of the Harvard on cities study. *Am J Respir Crit Care Med* 2006;173;667-72.
 - Lepore L., Brocco D., Avino P. (2003), "Carbonio organico e carbonio elementare nelle particelle atmosferiche", *Ann Ist Super Sanità*, 39(3):365-369.
 - Limbeck, A., Handler, M., Puls, C., Zbiral, J., Bauer, H., Puxbaum, H. 2009. Impact of mineral components and selected trace metals on ambient PM10 concentrations. *Atmospheric Environment*, 43(3), 530-538.
 - Linak W.P., Yoo J.I., Wasson S.J., Zhu W., Wendt J.O.L., Huggins F.E., Chen Y., Shah N., Huffman G., Gilmour M.I. (2007), "Ultrafine ash aerosols from coal combustion: characterization and health effects", *Proc. Combust. Inst.*, 31, pp. 1929-1937.
 - Liu J., Wu D., Fan S., Mao X., Chen H. (2017), "A one-year, on-line, multi-site observational study on water-soluble inorganic ions in PM2.5 over the Pearl River Delta region, China", *Science of the Total Environment*, Vol. 601/602, p1720-1732.
 - Londahl J., Pagels J, Swietlicki E, Zhou JC, Ketzel M, Massling A. et al. A set-up for field studies of respiratory tract deposition of fine and ultrafine particles in humans. *J Aerosol Sci* 2006; 37(9)1152-63.
 - Lorenzo Massimia,*, Martina Ristorinib, Maria Luisa Astolfia, Cinzia Perrinoc, Silvia Caneparia High resolution spatial mapping of element concentrations in PM10: A powerful tool for

localization of emission sources *Atmospheric Research* 244 (2020) 105060

- Lubczyńska, M.J., Sunyer, J., Tiemeier, H., Porta, D., Kasper-Sonnenberg, M., Jaddoe, V.W., Xavier Basagaña, X., Dalmau-Bueno, A., Forastiere, F., Wittsiepe, J., Hoffmann, B., Nieuwenhuijsen, M., Hoek, G., de Hoogh, K., Brunekreef, B., Guxens, M., 2017. Exposure to elemental composition of outdoor PM_{2.5} at birth and cognitive and psychomotor function in childhood in four European birth cohorts. *Environ. Int.* 109, 170–180.
- M.J. Zufall, C.I. Davidson (1999), "Dry Deposition of Particel" in: R.M. Harrison, R.E. VanGrieken, *Atmospheric Particles Vol 5*, Wiley & Sons.
- M.S. Reinard, K. Adou, J.M. Martini, M.V. Johnston (2007), "Source characterization and identification by real-time single particle mass spectrometry", *Atmos. Environ.*, 41, pp. 9397-9409.
- Ma L., Dadashazar H., Braun R.A., MacDonald A.B., Aghdam M.A., Maudlin L.C., Sorooshian A. (2019), "Size-resolved characteristics of water-soluble particulate elements in a coastal area: source identification, influence of wildfires, and diurnal variability", *Atmos. Environ.*, 206: 72-84.
- Madureira J, Paciencia I, Fernandes EO. Levels and indoor-outdoor relationships of size-specific particulate matter in naturally ventilated Portuguese schools. *J Toxicol Environ Health A* 2012;75(22-23)1423-36.
- Mallone S, Stafoggia M, Faustini A, Gobi GP, Marconi A. Forastiere F. Saharan dust and association between particulate matter and daily mortality in Rome, Italy. *Environ Health Perspect* 2011;119:1409-14
- Mangia, C., Gianicolo, E.A., Bruni, A., Vigotti, M.A., Cervino, M., 2013. Spatial variability of air pollutants in the city of Taranto, Italy and its potential impact on exposure assessment. *Environ. Monit. Assess.* 185 (2), 1719–1735.
- Masiol, M., Rampazzo, G., Ceccato, D., Squizzato, S., Pavoni, B. (2010). Characterization of PM₁₀ sources in a coastal area near Venice (Italy): an application of factor-cluster analysis. *Chemosphere*, 80(7), 771-778.
- Massimi L., Ristorini M., Eusebio M., Florendo D., Adeyemo A., Brugnoli D., Canepari S. (2017). Monitoring and Evaluation of Terni (Central Italy) Air Quality through Spatially Resolved Analyses. *Atmosphere* 2017, 8, 200; doi:10.3390/atmos8100200
- Massimi, L., Conti, M.E., Mele, G., Ristorini, M., Astolfi, M.L., Canepari, S., 2019. Lichen transplants as indicators of atmospheric element concentrations: a high spatial resolution comparison with PM₁₀ samples in a polluted area (Central Italy). *Ecol. Indic.* 101, 759–769.
- Massimi, L., Giuliano, A., Astolfi, M.L., Congedo, R., Masotti, A., Canepari, S. (2018), "Efficiency evaluation of food waste materials for the removal of metals and metalloids from complex multi-element solutions", *Materials*, 11(3), 334.
- Massimi, L., Pietrodangelo, A., Frezzini, M. A., Ristorini, M., De Francesco, N., Sargolini, T., Amoroso, A., Di Giosa, A., Canepari, S., Perrino, C. 2021b. Effects of COVID-19 lockdown on PM₁₀ composition and sources in the Rome Area (Italy) by elements' chemical fractionation-based source apportionment. *Atmospheric Research*, 105970.
- Massimi, L., Simonetti, G., Buiarelli, F., Di Filippo, P., Pomata, D., Riccardi, C., Ristorini, M., Astolfi, M.L., Canepari, S., 2020. Spatial distribution of levoglucosan and alternative biomass burning tracers in atmospheric aerosols, in an urban and industrial hot spot of Central Italy. *Atmos. Res.* 104904.
- Massimi, L., Wesseling, J., van Ratingen, S., Javed, I., Frezzini, M. A., Astolfi, M. L., Canepari, S., Vermeulen, R. 2021a. Identification and spatial mapping of tracers of PM₁₀ emission sources using a high spatial resolution distributed network in an urban setting. *Atmospheric Research*, 262, 105771.

- Men, C., Liu, R., Xu, L., Wang, Q., Guo, L., Miao, Y., Shen, Z. 2020. Source-specific ecological risk analysis and critical source identification of heavy metals in road dust in Beijing, China. *Journal of hazardous materials*, 388, 121763.
- Minguillón M.C., Querol X., Baltensperger U., Prévôt A.S.H. (2012), “Fine and coarse PM composition and sources in rural and urban sites in Switzerland: Local or regional pollution?”, *Science of the Total Environment*, 427-428:191-202.
- Minguillón, M.C., Rivas, I., Aguilera, I., Alastuey, A., Moreno, T., Amato, F., Sunyer, J., Querol, X., 2012. Within-city contrasts in PM composition and sources and their relationship with nitrogen oxides. *J. Environ. Monit.* 14, 2718–2728.
- Misra C, Geller MD, Shah P, Sioutas C, Solomon PA. Development and evaluation of a continuous coarse (PM10-PM2.5) particle monitor. *J Air Waste Manage Assoc* 2001;51: 1309-17.
- Moore J. W., Ramamoorthy S. (1994), “Heavy Metals in Natural Waters”, Springer-Verlag, New York.
- Moreno, T., Karanasiou, A., Amato, F., Lucarelli, F., Nava, S., Calzolari, G., Gibbons, W. 2013. Daily and hourly sourcing of metallic and mineral dust in urban air contaminated by traffic and coal-burning emissions. *Atmospheric Environment*, 68, 33-44.
- Morena T., Gibbons W., Jones T., Richards R. (2003), “The geology of ambient aerosols: characterising urban and rural/coastal silicate PM10-2.5 and PM2.5 using highvolume cascade collection and scanning electron microscopy”, *Atmospheric Environment*, 37, 4265-4276.
- Morini, E., Touchaei, A., Castellani, B., Rossi, F., Cotana, F. 2016. The impact of albedo increase to mitigate the urban heat island in Terni (Italy) using the WRF model. *Sustainability*, 8(10), 999.
- Moroni B., Ferrero L., Crocchianti S., Perrone M.G., Sangiorgi G., Bolzacchini E., Cappelletti D. (2013). Aerosol dynamics upon Terni basin (Central Italy): results of integrated vertical profile measurements and electron microscopy analyses. *Rendiconti Lincei*, December 2013, Volume 24, Issue 4, pp 319–328.
- Namgung, H.G., Kim, J.B., Woo, S.H., Park, S., Kim, M., Kim, M.S., Bae, G.N., Park, D., Kwon, S.B., 2016. Generation of nanoparticles from friction between railway brake disks and pads. *Environ. Sci. Technol.* 50 (7), 3453–3461.
- Naraki, H., Keshavarzi, B., Zarei, M., Moore, F., Abbasi, S., Kelly, F. J., Jaafarzadeh, N. 2021. Urban street dust in the Middle East oldest oil refinery zone: Oxidative potential, source apportionment and health risk assessment of potentially toxic elements. *Chemosphere*, 268, 128825.
- Nie, D., Wu, Y., Chen, M., Liu, H., Zhang, K., Ge, P., Ge, X. 2018. Bioaccessibility and health risk of trace elements in fine particulate matter in different simulated body fluids. *Atmospheric Environment*, 186, 1-8.
- P. Zannetti (1990), “Air pollution modelling. Theories, computational methods and available software”, Computational mechanics Publications, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Paatero, P. (1999). The multilinear engine—a table-driven, least squares program for solving multilinear problems, including the n-way parallel factor analysis model. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 8(4), 854-888.
- Paatero, P. and Tapper, U. 1994. Positive matrix factorization: A non-negative factor model with optimal utilization of error estimates of data values. *Environmetrics*, 5: 111-126.
- Pacyna J. M. (1999), *Source Inventories for Atmospheric Trace Metals in: R. M. Harrison, R. E. Van Grieken, Atmospheric Particles, Wiley & Sons, (1999).*
- Pant, P., Harrison, R.M., 2013. Estimation of the contribution of road traffic emissions to particulate matter concentrations from field measurements: a review. *Atmos. Environ.* 77, 78–97.
- Parkin D, Whelan S, Ferlay J et al., editors (1997). *Cancer Incidence in Five Continents. volume VII.* Lyon: IARC Press.

- Pearson JF, Bachireddy C Shyamprasad S, Goldfine AB. Brownstein JS. Association between fine particulate matter and diabetes prevalence in the US. *Diabetes Care* 2010; 33(10):2196
- Perez L, Tobias A, Querol X, Pey J, Alastuey A. Saharan dust, particulate matter and cause-specific mortality: a case-crossover study in Barcelona (Spain). *Environ Int* 2012; 48:150-5.
- Perez, L., Medina-Ramón, M., Künzli, N., Alastuey, A., Pey, J., Pérez, N., Garcia, R., Tobias, A., Querol, X., Sunyer, J., 2009. Size fractionate particulate matter, vehicle traffic, and case-specific daily mortality in Barcelona, Spain. *Environ. Sci. Technol.* 43, 4707–4714.
- Perrino, C., Canepari, S., Cardarelli, E., Catrambone, M., Sargolini, T., 2007. Inorganic constituents of urban air pollution in the Lazio region (Central Italy). *Environ. Monit. Assess.* 128, 133–151.
- Perrino, C., Canepari, S., Catrambone, M., Dalla Torre, S., Rantica, E., Sargolini, T. (2009). Influence of natural events on the concentration and composition of atmospheric particulate matter. *Atmospheric Environment*, 43(31), 4766-4779. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2008.06.035>
- Perrino, C., Catrambone, M., Canepari, S. 2020. Chemical composition of PM10 in 16 urban, industrial and background sites in Italy. *Atmosphere*, 11(5), 479.
- Phongphiphat, Changkook Ryu, Karen N. Finney, Vida N. Sharifi, Jim Swithenbank (2011), “Ash deposit characterisation in a large-scale municipal waste-to-energy incineration plant”, *Journal of hazardous materials*, Volume 186, Issue 1, 15 February 2011, Pages 218-226.
- Pope III CA, Burnett RT, Thurston GD, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, et al. Cardiovascular mortality and long-term exposure to particulate air pollution: epidemiological evidence of general pathophysiological pathways of disease. *Circulation* 2004; 109:71-7.
- Pope III, C.A., Dockery, D.W., 2006. Health effects of fine particulate air pollution: lines that connect. *J. Air Waste Manag. Assoc.* 56 (6), 709–742.
- Pope, C. A., Burnett, R.T., Thun, M.J., Calle, E.E., Krewski, D., Kazuhiko, I., Thurston, G.D., 2002. Lung cancer, cardiopulmonary mortality and longterm exposure to fine particulate air pollution. *J. Amer. Med. Assoc.* 287, 1132-1141.
- Qiu, H., Gui, H., Song, Q. 2018. Human health risk assessment of trace elements in shallow groundwater of the Linhuan coal-mining district, Northern Anhui Province, China. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 24(5), 1342-1351.
- Querol, X., Moreno, T., Karanasiou, A., Reche, C., Alastuey, A., Viana, M., Font, O., Gil, J., de Miguel, E., Capdevila, M., 2012. Variability of levels and composition of PM10 and PM2.5 in the Barcelona metro system. *Atmos. Chem. Phys.* 12 (11), 5055–5076.
- Querol, X., Viana, M., Alastuey, A., Amato, F., Moreno, T., Castillo, S., Pey, J., de la Rosa, J., Sánchez de la Campa, A., Artíñano, B., Salvador, P., García Dos Santos, S., Fernández-Patier, R., Moreno-Grau, S., Negral, L., Minguillón, M.C., Monfort, E., Gil, J.I., Inza, A., Ortega, L.A., Santamaría, J.M., Zabalza, J., 2007. Source origin of trace elements in PM from regional background, urban and industrial sites of Spain. *Atmos. Environ.* 41 (34), 7219–7231.
- Raaschou-Nielsen, O., Beelen, R., Wang, M., Hoek, G., Andersen, Z. J., Hoffmann, B., Vineis, P. 2016. Particulate matter air pollution components and risk for lung cancer. *Environment international*, 87, 66-73.
- Radaelli L., Calamai L. (2001), “Chimica del terreno”, Ed. Piccin Nuova Libraia s.p.a.: 287 pp.
- Rajšić, S., Mijić, Z., Tasić, M., Radenković, M., & Joksić, J. 2008. Evaluation of the levels and sources of trace elements in urban particulate matter. *Environmental Chemistry Letters*, 6(2), 95-100.
- Rampazzo, G., Innocente, E., Pecorari, E., Squizzato, S., Vallotto, G., 2014. Potentially harmful elements in the atmosphere. In: Bini, C., Jaume, B., 2014. Potentially harmful elements in the

- environment and the impact on human health. Springer science + business media Dordrecht.
- S. Engelstaedter, I. Tegen, R. Washington (2006), "North African dust emissions and transport", *Earth Sci Rev*, 79, pp. 73-100.
 - S.E. Manahan. *Chimica dell'ambiente*, ed L. Zoccolillo cap 10, Piccin, (2000)
 - Samoli E, Peng R, Ramsay T, Pipikou M, Touloumi C, Dominici F, et al. Acute effects of ambient particulate matter on mortality in Europe and North America: results from the APHENA Study. *Environ Health Perspect* 2008;116(11):1480-6.
 - Sanderson P., Delgado-Saborit J.M., Harrison R.M. (2014), "A review of chemical and physical characterisation of atmospheric metallic nanoparticles", *Atmos. Environ.*, 94, pp. 353-365.
 - Schmitz, O., Beelen, R., Strak, M., Hoek, G., Soenarjo, I., Brunekreef, B., Vaartjes, I., Dijst, M. J., Grobbee, D. E., Karssen, D. 2019. High-resolution annual average air pollution concentration maps for the Netherlands. *Scientific data*, 6, 190035.
 - Schütz L., Seibert M. (1987), "Mineral aerosols and source identification", *J Aerosol Sci*, 18, pp. 1-10.
 - Seinfeld J.H., Pandis S.N. (2016), "Atmospheric Chemistry and Physics: from Air Pollution to Climate Change", John Wiley & Sons.
 - Senlin, L., Longyi, S., Minghong, W., Zheng, J., Xiaohui, C. 2007. Chemical elements and their source apportionment of PM10 in Beijing urban atmosphere. *Environmental Monitoring and Assessment*, 133(1), 79-85.
 - SENTIERI-ReNaM, GdL, Binazzi, A., Mangone, L. 2016. SENTIERI - Epidemiological study of residents in national priority contaminated sites: incidence of mesothelioma. *Epidemiologia e prevenzione*, 40(5Suppl1), 1-116.
 - Sgrigna, G., Sæbø, A., Gawronski, S., Popek, R., Calfapietra, C. 2015. Particulate Matter deposition on *Quercus ilex* leaves in an industrial city of central Italy. *Environmental Pollution*, 197, 187-194.
 - Shah ASV, Langrish JP, Nair H, Mc Allister DA, Hunter AL, Donaldson K, et al. Global association of air pollution and heart failure: a systematic review and meta-analysis. *The Lancet* 2013;382:1039-48.
 - Shahab, A., Zhang, H., Ullah, H., Rashid, A., Rad, S., Li, J., & Xiao, H. 2020. Pollution characteristics and toxicity of potentially toxic elements in road dust of a tourist city, Guilin, China: Ecological and health risk assessment☆. *Environmental Pollution*, 266, 115419.
 - Sharma, S. K., Mandal, T. K., Jain, S., Sharma, A., Saxena, M. (2016). Source apportionment of PM 2.5 in Delhi, India using PMF model. *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, 97(2), 286-293.
 - Shi X, Mao Y, Knapton AD et al. (1994). Reaction of Cr (VI) with ascorbate and hydrogen peroxide generates hydroxyl radicals and causes DNA damage: role of a Cr (IV) mediated Fenton like reaction. *Carcinogenesis*, 15: 2475–2478. doi:10.1093/carcin/15.11.2475 PMID:7955094
 - Simonetti, G., Frasca, D., Marcoccia, M., Farao, C., Canepari, S., 2018a. Multi-elemental analysis of particulate matter samples collected by a particle-into-liquid sampler. *Atmospheric Pollution Research* 9 (4), 747–754.
 - Singh DK, Gupta T (2016) Source apportionment and risk assessment of PM1 bound trace metals collected during foggy and non-foggy episodes at a representative site in the Indo-Gangetic plain. *Sci Total Environ* 550:80–94. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.01.037>
 - Singh M., Jaques P.A., Sioutas C. (2002), "Size distribution and diurnal characteristics of particle-bound metals in source and receptor sites of the Los Angeles Basin", *Atmos. Environ.*, 36, pp. 1675-1689.
 - Sorahan T, Lister A, Gilthorpe MS, Harrington JM (1995). Mortality of copper cadmium alloy workers with special reference to lung cancer and non-malignant diseases of the respiratory

- system, 1946–92. *Occup Environ Med*, 52: 804–812. doi:10.1136/oem.52.12.804 PMID:8563843
- Srimuruganandam B, Nagendra S. Source characterization of PM and PM_{2.5}, mass using a chemical mass balance model at urban roadside. *Sci Total Environ* 2012; 433:8-19
 - Stafoggia, M., Bellander, T., Bucci, S., Davoli, M., De Hoogh, K., De'Donato, F., Schwartz, J. 2019. Estimation of daily PM₁₀ and PM_{2.5} concentrations in Italy, 2013–2015, using a spatiotemporal land-use random-forest model. *Environment international*, 124, 170-179.
 - Stafoggia, M., Renzi, M., Forastiere, F., Ljungman, P., Davoli, M., de'Donato, F., Zengarini, N. 2021. Short-term effects of particulate matter on cardiovascular morbidity in Italy: a national analysis. *European Journal of Preventive Cardiology*.
 - Stafoggia, M., Schwartz, J., Badaloni, C., Bellander, T., Alessandrini, E., Cattani, G., Kloog, I. 2017. Estimation of daily PM₁₀ concentrations in Italy (2006–2012) using finely resolved satellite data, land use variables and meteorology. *Environment international*, 99, 234-244.
 - Strak, M., Janssen, N. A., Godri, K. J., Gosens, I., Mudway, I. S., Cassee, F. R., Lebrecht, E., Kelly, F.G., Harrison, M.R., Brunekreef, B., Steenhof, M., Hoek, G. 2012. Respiratory health effects of airborne particulate matter: the role of particle size, composition, and oxidative potential - the RAPTES project. *Environmental Health Perspectives*, 120(8), 1183-1189.
 - Sun Q, Hong X, Wold LE Cardiovascular effects of ambient particulate air pollution exposure. *Circulation* 2010; 121:2755-65.
 - Suwa T, Hogg JC, Quinlan KB, Ohgami A, Vincent R, van Eeden SF Particulate air pollution induces progression of atherosclerosis. *J Am Coll Cardiol* 2002; 39:935-42.
 - Taghvaei, S., Sowlat, M. H., Hassanvand, M. S., Yunesian, M., Naddafi, K., Sioutas, C. 2018. Source-specific lung cancer risk assessment of ambient PM_{2.5}-bound polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in central Tehran. *Environment international*, 120, 321-332.
 - Taiwo, A.M., Harrison, R.M., Shi, Z., 2014. A review of receptor modelling of industrially emitted particulate matter. *Atmos. Environ.* 97, 109–120.
 - Tian, Y., Wu, J., Shi, G., Wu, J., Zhang, Y., Zhou, L., Zhang, P., Feng, Y. (2013) Long-term variation of the levels, compositions and sources of size-resolved particulate matter in a megacity in China. *Science of The Total Environment*, 463, 462-468, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.06.055>.
 - USEPA (U.S. Environmental Protection Agency), -540-R-070-002 OSWER 9285.7-82 January (2009). Risk assessment guidance for superfund volume I: human health evaluation manual (part F, supplemental guidance for inhalation risk assessment). Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, Washington, D.C.
 - USEPA (United States Environmental Protection Agency), (2015). User's guide/technical background document for US EPA region 9's RSL (Regional Screening Levels) tables. <http://www.epa.gov/region9/superfund/prg/>
 - USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2009. Risk assessment guidance for superfund volume I: human health evaluation manual (part F, supplemental guidance for inhalation risk assessment). Office of Superfund Remediation and Technology Innovation, Washington, D.C.
 - USEPA (United States Environmental Protection Agency). 2011. Risk assessment guidance for superfund. In: Part, A. (Ed.), Human health evaluation manual; part E, supplemental guidance for dermal risk assessment; part F, supplemental guidance for inhalation risk assessment, I.
 - Valavanidis A, Fiotakis K, Vlachogianni T, Airborne particulate matter and human health: toxicological assessment and importance of size and composition of particles for oxidative damage and carcinogenic mechanisms. *J Environ Sci Health C Environ Carcinog Ecotoxicol Rev* 2008;26(4):339-62.
 - Valko M, Rhodes CJ, Moncol J et al. (2006). Free radicals, metals and antioxidants in oxidative

- stress-induced cancer. *Chem Biol Interact*, 160: 1–40. doi:10.1016/j.cbi.2005.12.009 PMID:16430879
- Visser S., Slowik J.G., Furger M., Zotter, P., Bukowiecki N., Canonaco F., Flechsig U., Appel K., Green D.C., Tremper A.H., Young D.E., Williams P. I., Allan J.D., Coe H., Williams L.R., Mohr C., Xu L., Ng N. L., Nemitz E., Barlow J.F. (2015), “Advanced source apportionment of size-resolved trace elements at multiple sites in London during winter”, *Atmospheric Chemistry & Physics*, Vol. 15 Issue 20, p11291-11309.
 - Vitali, L., Morabito, A., Adani, M., Assennato, G., Ciancarella, L., Cremona, G., Giua, R., Pastore, T., Piersanti, A., Righini, G., Russo, F., Spagnolo, S., Tanzarella, A., Tinarelli, G., Zanini, G., 2016. A Lagrangian modelling approach to assess the representative-ness area of an industrial air quality monitoring station. *Atmospheric Pollution Research* 7 (6), 990–1003.
 - Vlasov, D., Kosheleva, N., Kasimov, N. 2021. Spatial distribution and sources of potentially toxic elements in road dust and its PM10 fraction of Moscow megacity. *Science of the Total Environment*, 761, 143267.
 - Wang TS, Chung CH, Wang AS et al. (2002). Endonuclease III, formamidopyrimidine-DNA glycosylase, and proteinase K additively enhance arsenic-induced DNA strand breaks in human cells. *Chem Res Toxicol*, 15: 1254–1258. doi:10.1021/tx025535f PMID:1238762
 - Watson John G., Zhu Tan, Chow Judith C., Engelbrecht Johann, Fujita Eric M., Wilson William E. (2002). Receptor modeling application framework for particle source apportionment. *Chemosphere* 49 (2002) 1093–1136
 - Weckwerth, G., 2001. Verification of traffic emitted aerosol components in the ambient air of Cologne (Germany). *Atmos. Environ.* 35 (32), 5525–5536.
 - Wellenius GA, Bateson TF, Mittleman MA, Schwartz J. Particulate air pollution and the rate of hospitalization for congestive heart failure among medicare beneficiaries in Pittsburgh, Pennsylvania_ *Am J Epidemiol* 2005;161:1130-6.
 - Wellenius GA, Schwartz J. Mittleman MA Particulate air pollution and hospital admissions for congestive heart failure in seven United States cities. *Am J Cardiol* 2006; 97:404-8.
 - Wetterhahn KE, Hamilton JW, Aiyar J et al. (1989). Mechanism of chromium (VI) carcinogenesis. Reactive intermediates and effect on gene expression. *Biol Trace Elem Res*, 21: 405–411. doi:10.1007/BF02917282 PMID:2484620
 - World Health Organization (WHO). Health effects of particulate matter. Policy implications for countries in Eastern Europe, Caucasus and central Asia. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe; 2013 http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0006/189051/Health-effects-of-particulate-matter-final-Eng.pdf, accessed 27 August 2013
 - World Health Organization. Air quality guideline. Global update 2005. Copenhagen: WHO regional Office for Europe; 2006.
 - Wu CF, Wu SY, Wu YH, Cullen AC, Larson TV, Williamson J, Liu LJ (2009) Cancer risk assessment of selected hazardous air pollutants in Seattle. *Environ Int* 35(1):516–522. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2010.06.006>
 - Xie, Y., Chen, T. B., Lei, M., Yang, J., Guo, Q. J., Song, B., & Zhou, X. Y. (2011), “Spatial distribution of soil heavy metal pollution estimated by different interpolation methods: Accuracy and uncertainty analysis”, *Chemosphere*, 82(3), 468-476.
 - Xinlei Liu, Wanyue Ouyang, Yiling Shu, Yingze Tian, Yinchang Feng, Tong Zhang, Wei Chen- Incorporating bioaccessibility into health risk assessment of heavy metals in particulate matter originated from different sources of atmospheric pollution- *Environ Pollut.* 2019 Nov; 254 (Pt B):113113. doi: 10.1016/j.envpol.2019.113113. Epub 2019 Aug 26.
 - Yao H, Guo L, Jiang BH et al. (2008). Oxidative stress and chromium (VI) carcinogenesis. *J Environ Pathol Toxicol Oncol*, 27: 77–88. PMID:18540844

- Zanobetti A. Schwartz J. The effects of fine and coarse particulate air pollution on mortality: a national analysis. *Environ Health Perspect* 2009; 117:898-903.
- Zerbi G., Marchiol L. (2004), "Introduzione". In Zerbi G. e Marchiol L. eds, "Fitoestrazione di metalli pesanti, contenimento del rischio ambientale e relazioni suolo-microrganismi- pianta", Ed. Forum, Udine: 9-36.
- Zhao, S., Yu, Y., Xia, D., Yin, D., He, J., Liu, N., Li, F. 2015. Urban particle size distributions during two contrasting dust events originating from Taklimakan and Gobi Deserts. *Environmental Pollution*, 207, 107-122.
- Zheng N, Liu J, Wang Q, Liang Z (2010) Science of the total environment health risk assessment of heavy metal exposure to street dust in the zinc-smelting district. Northeast of China 408(4):726–733. [https:// doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.10.075](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2009.10.075)

SITOGRAFIA

- [1] <https://www.google.it/intl/it/earth/>
- [2] <https://www.google.it/intl/it/earth/inceneritore+terni>
- [3] <https://www.google.it/maps>
- [4] <http://www.xearpro.com/aerosol/>

APPENDICE A Valori annuali medi sulle 23 stazioni di campionamento - frazioni residuale ed insolubile concentrazioni (ng/m³) ottenuti tramite ICP-MS.

AVERAGE	SEASON	SITE	PM ₁₀ Mass conc.	Residual Al_i	Soluble Al_s	Residual As_i	Soluble As_s	Residual B_i	Soluble B_s
AM	Year	RI	34,182	140,322	6,788	0,290	0,263	2,515	4,106
AM	Year	MA	31,688	199,091	8,163	0,385	0,265	3,097	3,422
AM	Year	FA	30,972	209,088	11,692	0,534	0,336	4,018	5,167
AM	Year	GI	31,079	185,908	8,076	0,421	0,255	5,624	4,206
AM	Year	FR	30,634	164,106	9,826	0,403	0,250	2,718	4,722
AM	Year	CB	34,053	152,653	6,555	0,500	0,265	3,688	5,314
AM	Year	PI	31,984	258,094	7,564	0,399	0,277	3,480	4,261
AM	Year	BR	37,748	204,938	7,760	0,495	0,250	3,906	4,948
AM	Year	AR	27,709	265,307	12,445	0,423	0,302	5,871	5,043
AM	Year	CR	33,310	188,210	6,973	0,330	0,259	2,407	3,300
AM	Year	HG	30,410	196,629	7,503	0,375	0,307	3,391	4,077
AM	Year	SA	31,361	230,672	7,593	0,392	0,286	3,055	4,434
AM	Year	PV	33,969	172,859	7,799	0,382	0,298	3,785	4,834
AM	Year	LG	35,406	231,750	7,662	0,381	0,283	2,504	4,958
AM	Year	CZ	34,936	173,262	7,534	0,593	0,336	3,006	5,048
AM	Year	HV	29,897	252,031	7,286	0,466	0,321	2,768	4,696
AM	Year	UC	33,494	170,275	6,727	0,407	0,310	2,717	4,274
AM	Year	CA	38,061	222,009	9,379	0,410	0,392	2,740	4,045
AM	Year	CO	42,034	221,588	7,257	0,444	0,426	3,268	5,890
AM	Year	RO	31,764	173,327	10,896	0,670	0,964	2,341	5,663
AM	Year	OB	28,637	163,944	8,307	0,424	0,372	1,971	5,981
AM	Year	PR	33,051	272,801	21,271	0,471	0,477	2,796	4,632
AM	Year	CP	29,896	225,478	6,873	0,468	0,279	1,636	3,133

SITE	Residual Ba_i	Soluble Ba_s	Residual Bi_i	Soluble Bi_s	Residual Ca_i	Soluble Ca_s	Residual Cd_i	Soluble Cd_s	Residual Ce_i	Soluble Ce_s
RI	12,108	5,828	0,238	0,015	1236,999	866,972	0,048	0,090	0,252	0,016
MA	10,470	5,910	0,214	0,014	1235,387	818,575	0,028	0,111	0,260	0,019
FA	13,401	5,012	0,285	0,019	1237,318	1128,700	0,079	0,162	0,331	0,016
GI	12,592	7,297	0,274	0,013	1263,854	801,170	0,043	0,124	0,283	0,019
FR	9,503	4,609	0,242	0,011	1011,952	813,594	0,060	0,112	0,302	0,013
CB	10,266	4,097	0,172	0,013	1083,855	807,960	0,053	0,119	0,296	0,010
PI	10,168	4,531	0,152	0,013	1000,448	602,429	0,040	0,125	0,276	0,018
BR	11,057	5,916	0,217	0,014	1068,330	759,095	0,038	0,152	0,306	0,029
AR	9,915	7,255	0,198	0,017	948,347	742,519	0,027	0,159	0,257	0,027
CR	18,435	7,850	0,336	0,012	792,329	838,332	0,040	0,092	0,292	0,020
HG	14,347	7,850	0,331	0,014	1582,086	801,130	0,054	0,111	0,367	0,025
SA	12,421	6,387	0,218	0,012	1021,685	712,059	0,048	0,118	0,311	0,017
PV	12,388	6,051	0,228	0,013	1072,637	937,587	0,046	0,121	0,295	0,019
LG	10,404	5,821	0,197	0,015	858,949	796,534	0,074	0,133	0,296	0,018
CZ	15,409	7,560	0,250	0,014	1115,523	886,907	0,034	0,116	0,363	0,017
HV	12,076	5,508	0,191	0,014	894,745	694,871	0,054	0,137	0,282	0,017
UC	11,553	4,958	0,215	0,013	1052,468	663,001	0,066	0,110	0,291	0,016
CA	10,606	5,948	0,270	0,017	904,466	832,943	0,053	0,166	0,322	0,016
CO	14,545	5,966	0,251	0,012	1006,220	996,435	0,079	0,095	0,371	0,014
RO	8,307	5,031	0,174	0,016	978,770	932,969	0,072	0,152	0,254	0,013
OB	7,366	4,025	0,134	0,014	885,696	814,058	0,067	0,134	0,267	0,016
PR	10,874	4,800	0,211	0,021	1554,258	1410,655	0,109	0,166	0,276	0,014
CP	7,716	4,084	0,124	0,012	1010,188	557,074	0,055	0,107	0,264	0,042

SITE	Residual Co_i	Soluble Co_s	Residual Cr_i	Soluble Cr_s	Residual Cs_i	Soluble Cs_s	Residual Cu_i	Soluble Cu_s	Residual Fe_i	Soluble Fe_s
RI	0,138	0,036	15,230	1,132	0,027	0,034	9,193	2,716	367,748	9,978
MA	0,145	0,032	18,603	1,227	0,025	0,037	9,659	3,290	412,661	11,703
FA	0,198	0,038	21,419	1,210	0,043	0,059	9,254	2,495	405,610	11,996
GI	0,198	0,040	24,782	1,207	0,032	0,047	15,818	5,535	653,412	19,963
FR	0,168	0,036	19,600	1,216	0,032	0,043	10,075	2,616	384,025	10,914
CB	0,192	0,032	22,498	1,375	0,027	0,045	6,934	1,900	353,520	11,790
PI	0,181	0,040	20,092	1,764	0,026	0,041	6,337	1,939	313,348	13,765
BR	0,173	0,034	21,866	1,279	0,040	0,063	7,967	2,428	379,972	11,600
AR	0,177	0,039	20,744	1,616	0,029	0,051	8,147	3,510	395,213	17,272
CR	0,189	0,033	24,202	1,225	0,034	0,038	14,613	4,138	588,899	15,186
HG	0,206	0,040	24,215	1,325	0,038	0,039	16,704	5,296	693,404	17,168
SA	0,217	0,039	23,831	1,556	0,031	0,041	9,476	2,938	473,340	10,596
PV	0,205	0,037	23,383	1,639	0,032	0,045	9,360	2,822	445,186	12,111
LG	0,188	0,036	20,400	1,560	0,034	0,046	7,498	2,213	357,108	10,538
CZ	0,197	0,042	22,834	1,638	0,035	0,039	11,660	4,195	530,362	14,987
HV	0,226	0,043	25,953	1,700	0,027	0,039	7,709	2,569	496,569	10,927
UC	0,301	0,046	31,391	1,765	0,033	0,043	7,738	2,079	429,863	9,259
CA	0,325	0,058	43,913	2,050	0,032	0,048	11,639	3,639	590,440	12,214
CO	0,401	0,043	47,479	2,120	0,034	0,040	12,544	3,021	691,142	11,139
RO	1,541	0,072	157,984	4,832	0,027	0,040	11,122	2,636	1516,938	18,058
OB	0,346	0,045	43,052	2,527	0,027	0,035	7,156	2,284	429,149	12,055
PR	0,508	0,038	68,881	5,022	0,034	0,052	9,188	2,053	533,406	14,119
CP	0,202	0,032	28,880	1,733	0,022	0,030	5,355	1,657	308,444	9,690

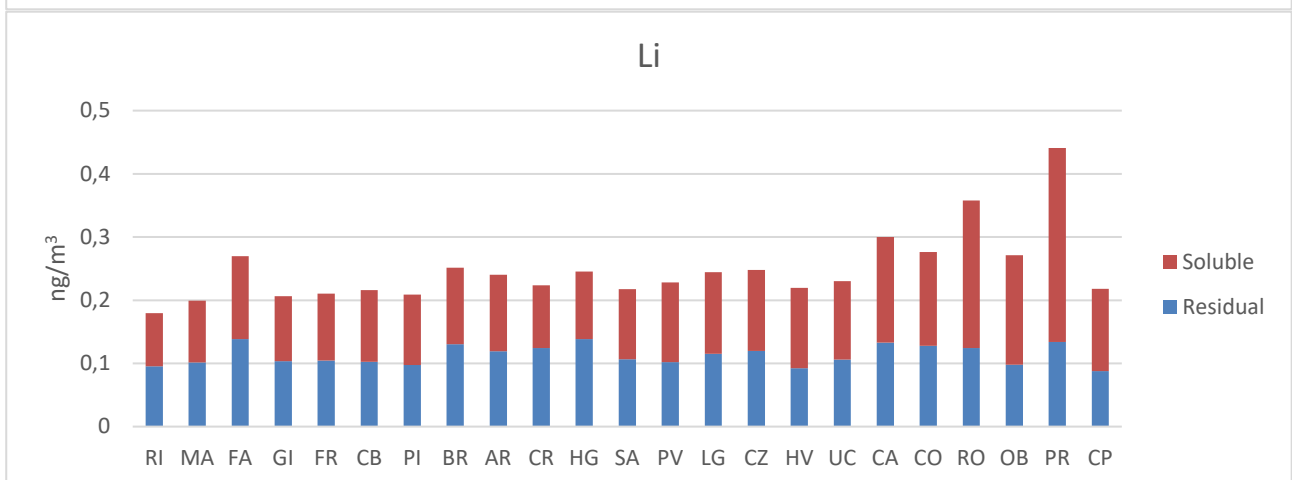
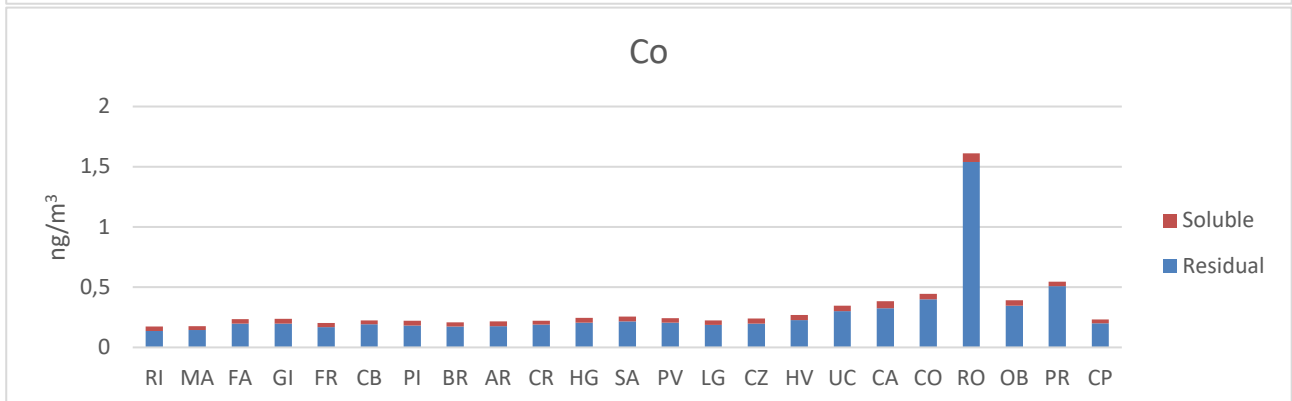
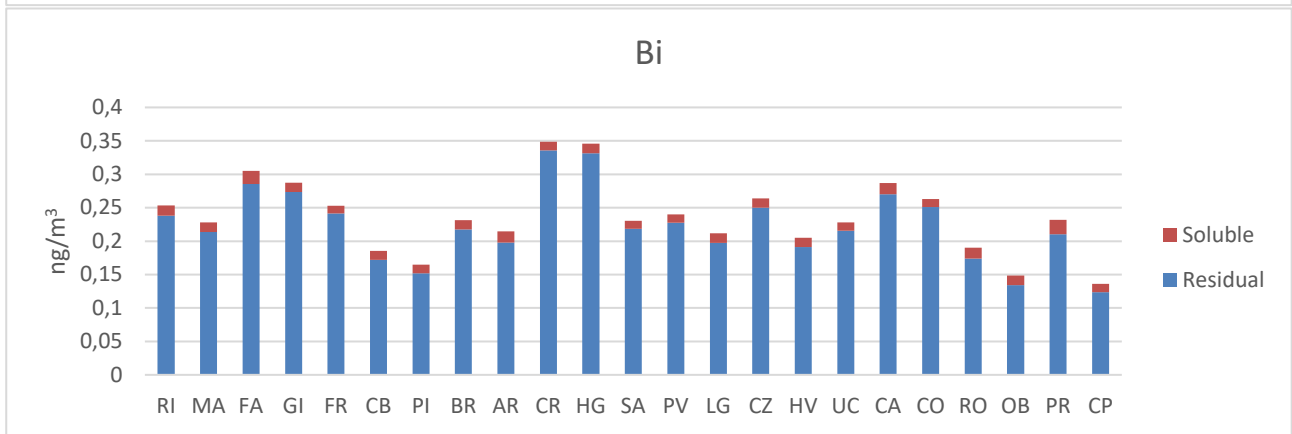
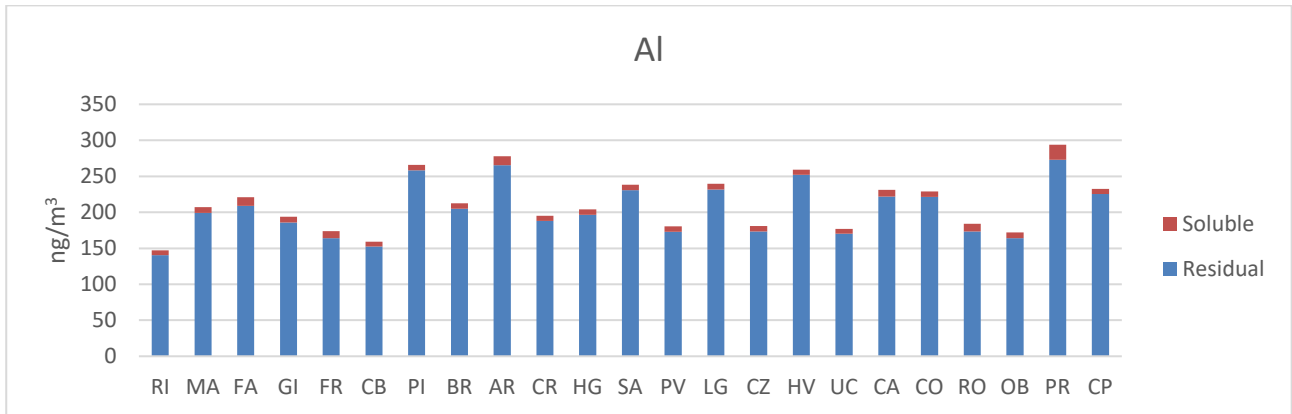
SITE	Residual Ga_i	Soluble Ga_s	Residual K_i	Soluble K_s	Residual La_i	Soluble La_s	Residual Li_i	Soluble Li_s	Residual Mg_i	Soluble Mg_s
RI	0,049	0,006	815,314	322,224	0,148	0,010	0,095	0,084	47,646	49,298
MA	0,068	0,008	1060,054	318,935	0,143	0,012	0,102	0,098	49,330	48,066
FA	0,082	0,009	1011,443	475,752	0,184	0,009	0,139	0,131	68,892	69,538
GI	0,069	0,008	957,561	379,798	0,150	0,010	0,104	0,103	55,648	53,606
FR	0,060	0,008	758,578	421,302	0,168	0,008	0,104	0,106	50,156	50,997
CB	0,059	0,008	708,923	361,227	0,180	0,008	0,102	0,113	51,361	58,497
PI	0,069	0,009	1034,682	351,630	0,143	0,009	0,098	0,112	53,511	58,126
BR	0,071	0,009	1336,173	472,015	0,161	0,016	0,131	0,121	65,388	63,453
AR	0,071	0,011	1256,811	402,161	0,151	0,017	0,119	0,121	59,279	73,745
CR	0,069	0,008	935,596	352,773	0,161	0,012	0,124	0,099	56,657	58,601
HG	0,077	0,009	1431,147	370,320	0,195	0,012	0,138	0,107	69,922	60,951
SA	0,073	0,008	1049,469	360,137	0,162	0,010	0,107	0,111	59,468	58,820
PV	0,065	0,009	952,044	365,495	0,157	0,012	0,102	0,126	50,357	63,572
LG	0,079	0,009	945,111	379,528	0,149	0,011	0,115	0,129	56,557	61,003
CZ	0,066	0,011	1440,018	323,140	0,211	0,010	0,120	0,128	66,445	73,531
HV	0,080	0,010	1006,179	320,857	0,159	0,009	0,093	0,127	53,873	61,614
UC	0,075	0,009	1082,933	354,099	0,149	0,007	0,106	0,125	54,987	61,211
CA	0,093	0,012	1442,434	451,280	0,171	0,008	0,133	0,167	63,583	60,886
CO	0,097	0,009	822,194	335,509	0,191	0,008	0,128	0,148	62,434	64,462
RO	0,140	0,014	829,281	306,733	0,128	0,007	0,124	0,234	51,982	80,576
OB	0,086	0,013	740,631	289,879	0,139	0,009	0,098	0,174	48,180	68,192
PR	0,171	0,024	890,330	337,073	0,140	0,009	0,134	0,307	90,821	115,236
CP	0,081	0,014	996,265	249,610	0,159	0,023	0,088	0,130	53,725	58,428

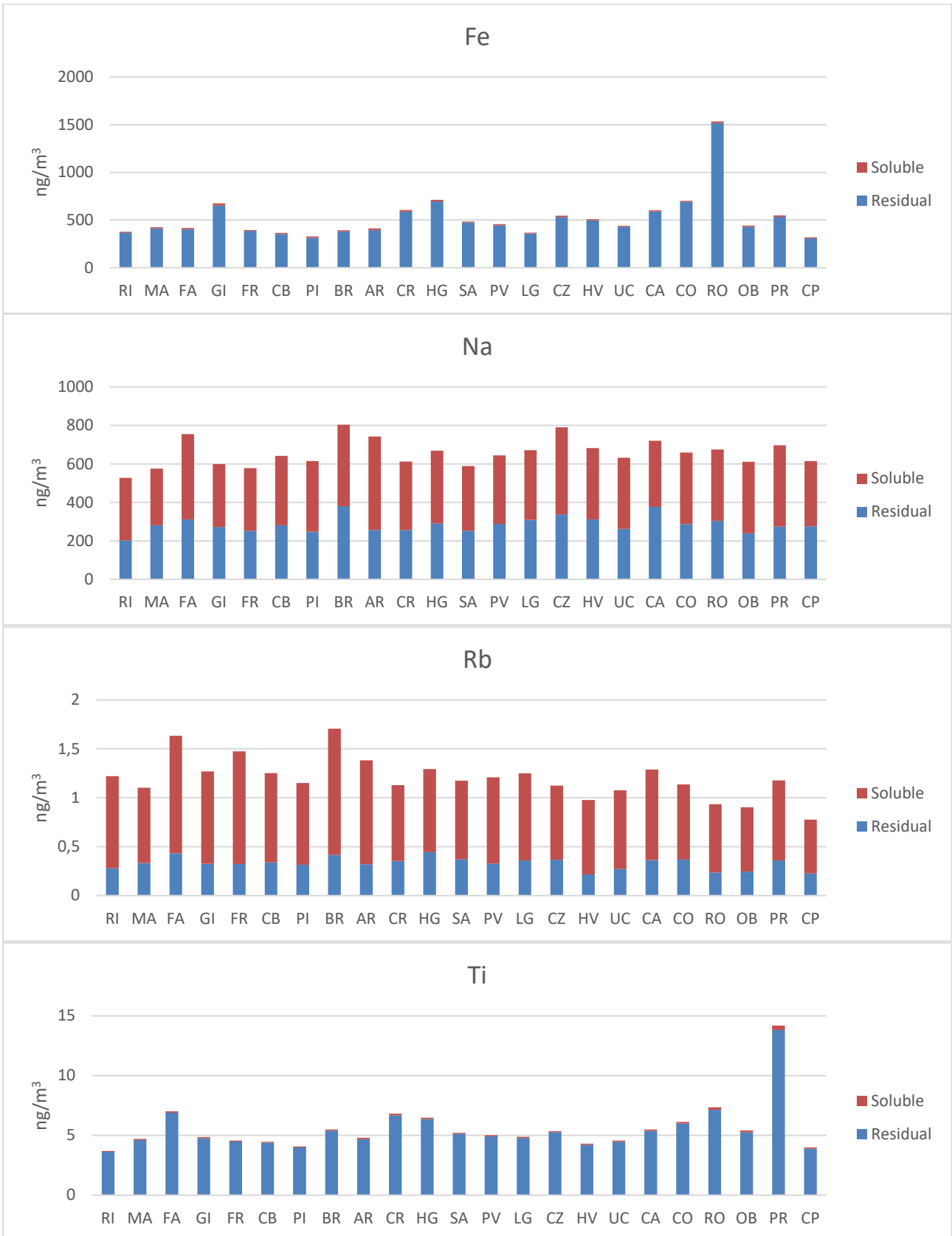
SITE	Residual	Soluble	Residual	Soluble	Residual	Soluble	Residual	Soluble	Residual	Soluble
	Mn_i	Mn_s	Mo_i	Mo_s	Na_i	Na_s	Nb_i	Nb_s	Ni_i	Ni_s
RI	6,852	4,742	1,962	3,041	202,491	324,767	0,062	0,002	4,968	0,909
MA	8,447	6,236	2,415	3,754	281,088	294,474	0,065	0,003	6,524	0,797
FA	9,309	6,933	3,143	4,261	311,960	443,359	0,096	0,003	9,098	0,716
GI	12,019	8,010	3,113	3,529	272,516	325,952	0,093	0,003	7,755	0,918
FR	9,238	7,290	2,898	3,784	252,342	325,828	0,079	0,002	7,032	1,032
CB	8,396	6,022	3,223	4,461	280,867	360,674	0,086	0,003	10,150	0,815
PI	6,839	5,504	3,513	4,052	247,866	367,024	0,088	0,003	9,952	1,072
BR	7,353	6,492	3,497	3,244	380,856	422,873	0,091	0,003	8,014	0,856
AR	8,718	7,492	3,045	4,171	255,980	485,978	0,086	0,003	8,655	1,130
CR	10,774	7,008	2,627	3,827	256,923	355,303	0,102	0,003	7,863	0,911
HG	11,006	7,240	2,879	4,051	290,765	378,724	0,112	0,003	8,083	0,816
SA	9,064	6,449	3,502	4,803	252,510	336,012	0,110	0,003	9,400	0,960
PV	7,754	5,998	3,607	5,299	288,602	355,927	0,097	0,003	9,472	0,936
LG	6,983	5,981	3,772	5,519	309,817	361,167	0,086	0,003	9,395	0,865
CZ	9,504	7,453	2,864	4,969	337,422	453,553	0,109	0,003	8,760	0,952
HV	8,641	6,487	3,006	5,285	312,271	370,632	0,120	0,003	9,823	1,010
UC	8,816	6,007	4,835	7,146	262,915	369,568	0,146	0,004	14,495	1,170
CA	10,683	7,616	5,372	10,218	376,742	343,186	0,167	0,005	18,002	1,501
CO	11,931	6,767	5,826	13,474	287,291	372,188	0,229	0,005	25,637	1,195
RO	27,310	9,044	14,984	49,342	303,937	371,595	0,918	0,024	93,290	4,666
OB	10,299	8,350	5,312	14,015	239,734	371,685	0,210	0,008	19,638	1,683
PR	23,525	14,468	6,559	16,096	274,597	422,131	0,577	0,023	28,323	1,479
CP	8,087	6,745	3,336	6,348	275,670	339,758	0,114	0,006	10,327	0,956

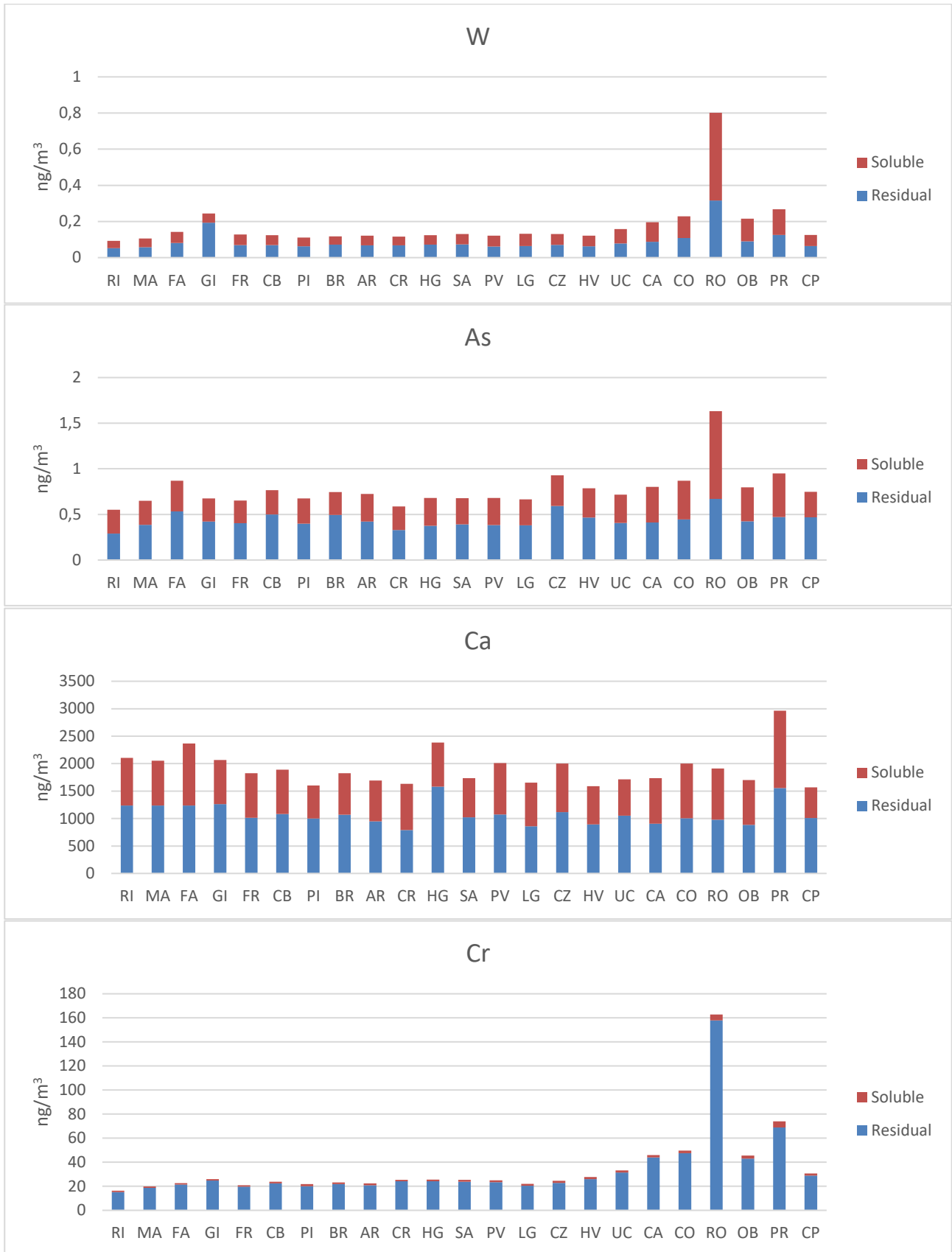
SITE	Residual	Soluble	Residual	Soluble	Residual	Soluble	Residual	Soluble	Residual	Soluble
	Pb_i	Pb_s	Rb_i	Rb_s	Sb_i	Sb_s	Sn_i	Sn_s	Sr_i	Sr_s
RI	3,932	0,536	0,280	0,940	0,832	0,371	4,216	0,191	1,747	2,106
MA	4,326	0,737	0,333	0,769	1,032	0,548	4,362	0,234	1,503	1,960
FA	5,927	1,052	0,432	1,201	0,923	0,624	4,084	0,200	2,081	2,612
GI	4,685	0,698	0,326	0,943	1,382	0,421	5,863	0,206	2,040	2,061
FR	4,558	0,660	0,322	1,153	0,817	0,433	4,117	0,171	1,468	2,074
CB	4,588	0,850	0,339	0,913	0,691	0,425	3,052	0,145	1,651	1,981
PI	4,189	0,923	0,316	0,834	0,541	0,313	2,779	0,124	1,604	1,902
BR	4,515	1,027	0,416	1,290	0,778	0,356	4,530	0,155	1,800	2,111
AR	4,373	1,271	0,320	1,061	0,774	0,431	4,490	0,192	1,795	2,059
CR	4,410	0,562	0,354	0,776	1,161	0,411	5,259	0,206	1,730	2,255
HG	4,490	0,644	0,442	0,851	1,370	0,423	6,384	0,242	2,284	2,204
SA	4,621	0,739	0,370	0,804	0,940	0,381	4,004	0,126	1,663	2,207
PV	4,613	0,760	0,329	0,881	0,760	0,357	3,507	0,137	1,787	2,501
LG	4,542	0,889	0,360	0,890	0,574	0,315	2,847	0,136	1,625	2,320
CZ	4,755	0,756	0,367	0,758	1,004	0,447	4,588	0,200	2,434	2,386
HV	4,720	0,812	0,216	0,761	0,595	0,361	3,159	0,157	1,628	1,934
UC	4,856	0,754	0,272	0,802	0,670	0,337	3,013	0,112	1,765	2,031
CA	5,592	0,938	0,364	0,925	0,961	0,513	4,022	0,182	2,034	2,237
CO	5,394	0,558	0,370	0,767	1,048	0,348	3,920	0,187	1,993	2,474
RO	7,394	0,999	0,237	0,697	0,644	0,403	2,438	0,267	1,476	2,824
OB	5,428	1,055	0,246	0,656	0,482	0,323	2,136	0,193	1,255	1,849
PR	14,797	2,112	0,358	0,820	0,599	0,447	2,278	0,214	2,110	2,758
CP	4,970	1,098	0,225	0,552	0,342	0,279	1,794	0,138	1,625	1,526

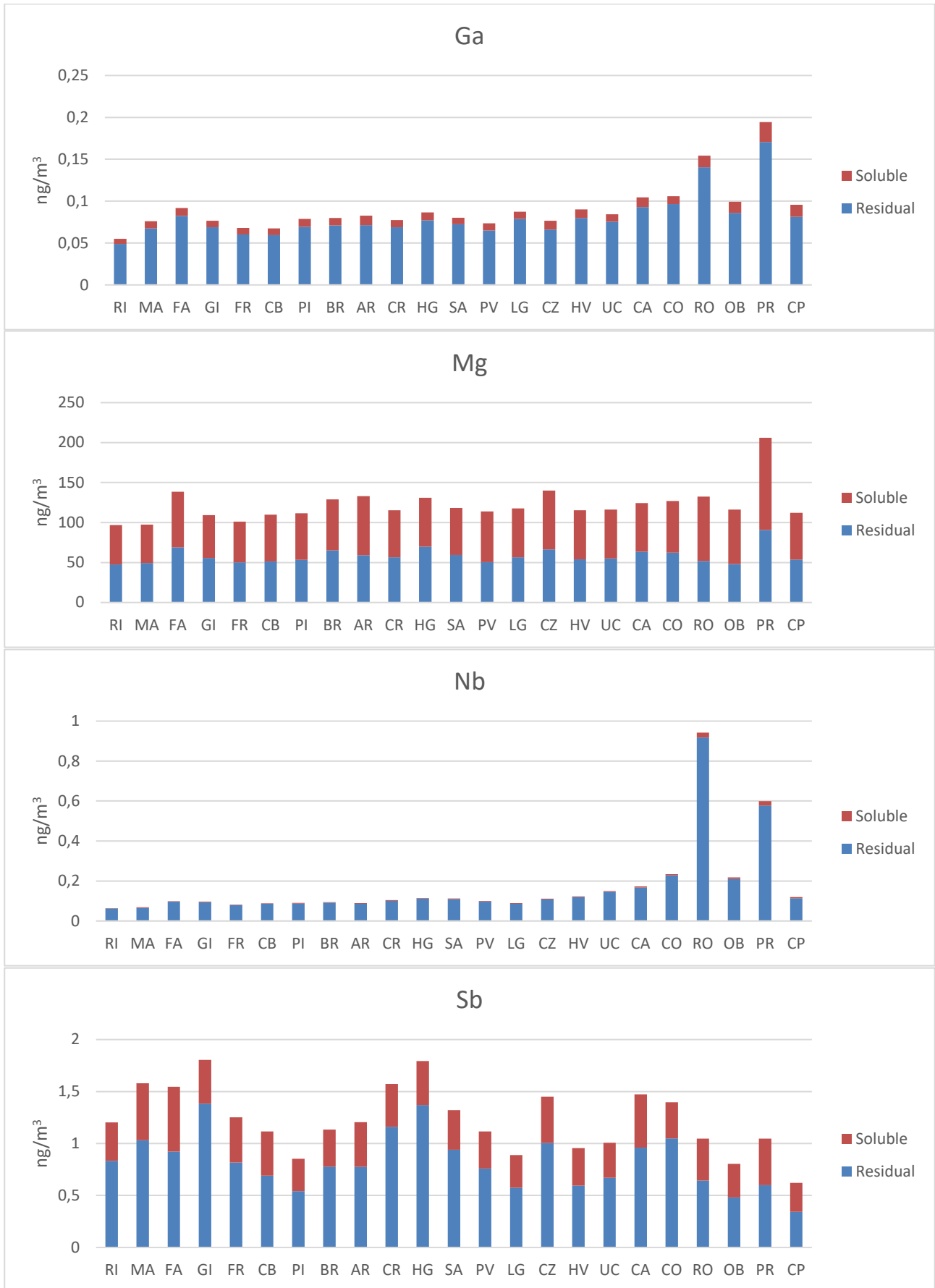
SITE	Residual	Soluble	Residual	Soluble	Residual	Soluble	Residual	Soluble
	Ti_i	Ti_s	Tl_i	Tl_s	U_i	U_s	V_i	V_s
RI	3,607	0,089	0,032	0,075	0,007	0,001	0,404	0,438
MA	4,602	0,099	0,030	0,093	0,006	0,002	0,432	0,564
FA	6,902	0,104	0,056	0,143	0,009	0,002	0,662	0,530
GI	4,765	0,096	0,045	0,113	0,008	0,001	0,481	0,442
FR	4,482	0,086	0,041	0,097	0,007	0,002	0,469	0,515
CB	4,377	0,089	0,034	0,099	0,006	0,001	0,471	0,510
PI	3,993	0,070	0,027	0,097	0,007	0,002	0,549	0,587
BR	5,387	0,096	0,041	0,152	0,008	0,002	0,728	0,777
AR	4,683	0,114	0,031	0,126	0,007	0,002	0,575	0,767
CR	6,686	0,131	0,039	0,084	0,009	0,002	0,655	0,599
HG	6,365	0,109	0,035	0,093	0,011	0,002	0,695	0,572
SA	5,129	0,082	0,036	0,090	0,008	0,001	0,545	0,524
PV	4,927	0,096	0,034	0,096	0,008	0,002	0,556	0,574
LG	4,786	0,099	0,030	0,099	0,008	0,002	0,693	0,612
CZ	5,248	0,111	0,030	0,086	0,009	0,002	0,488	0,718
HV	4,215	0,098	0,027	0,087	0,007	0,002	0,360	0,574
UC	4,469	0,090	0,036	0,089	0,008	0,001	0,458	0,559
CA	5,374	0,115	0,035	0,092	0,008	0,002	0,486	0,641
CO	5,989	0,133	0,039	0,072	0,009	0,002	0,369	0,590
RO	7,133	0,207	0,027	0,061	0,008	0,002	0,186	0,923
OB	5,250	0,159	0,024	0,067	0,008	0,002	0,320	0,722
PR	13,806	0,384	0,030	0,061	0,010	0,002	0,303	0,751
CP	3,885	0,112	0,019	0,060	0,006	0,002	0,451	0,534

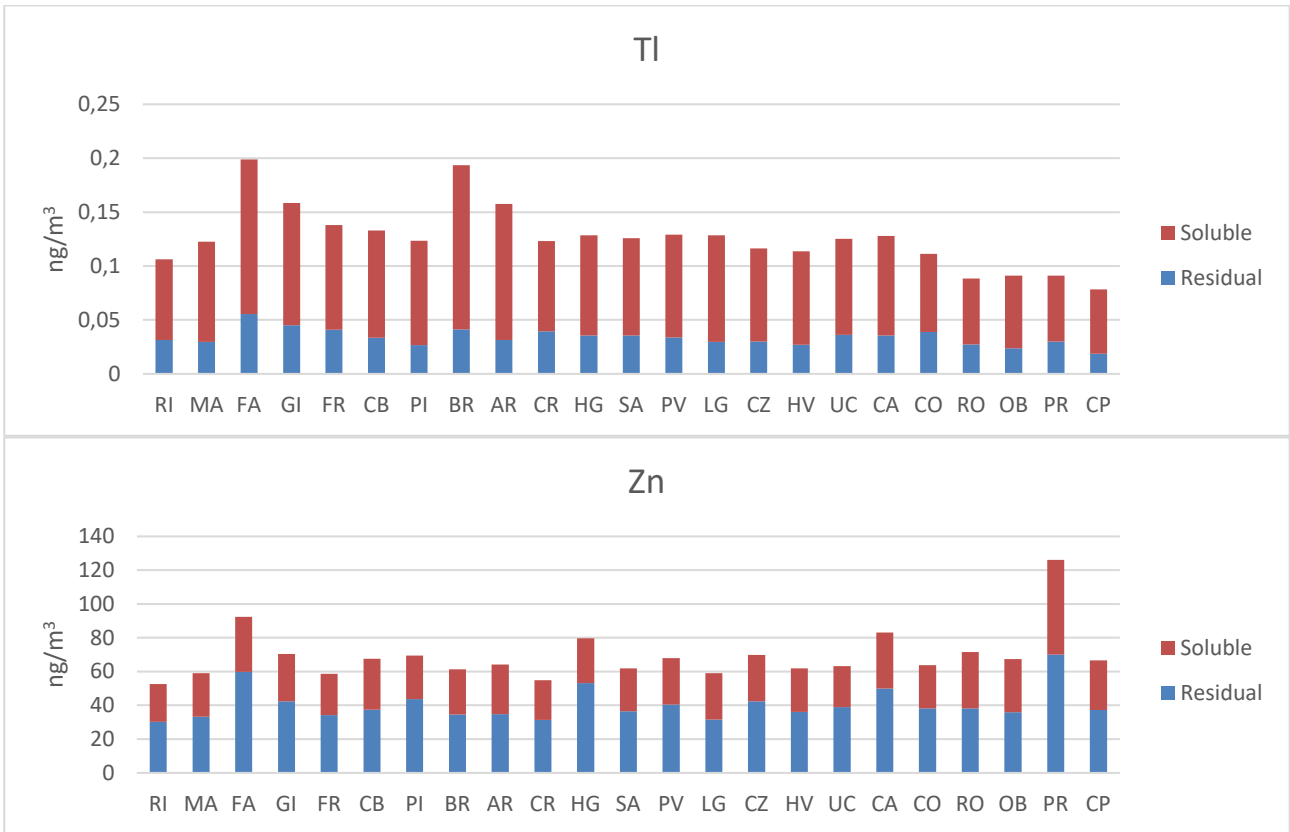
SITE	Residual	Soluble	Residual	Soluble	Residual	Soluble
	W_i	W_s	Zn_i	Zn_s	Zr_i	Zr_s
RI	0,052	0,041	30,158	22,353	0,725	0,077
MA	0,058	0,048	33,243	25,758	0,677	0,039
FA	0,081	0,062	59,716	32,603	0,679	0,029
GI	0,194	0,051	42,289	28,192	0,978	0,029
FR	0,069	0,059	34,217	24,451	0,646	0,015
CB	0,069	0,055	37,384	30,139	0,441	0,022
PI	0,062	0,049	43,605	25,870	0,400	0,019
BR	0,072	0,044	34,567	26,839	0,578	0,022
AR	0,068	0,054	34,811	29,440	0,632	0,031
CR	0,067	0,049	31,324	23,640	0,977	0,017
HG	0,072	0,052	53,160	26,562	1,146	0,027
SA	0,073	0,057	36,424	25,434	0,686	0,014
PV	0,061	0,060	40,417	27,600	0,633	0,016
LG	0,064	0,067	31,505	27,448	0,513	0,017
CZ	0,070	0,060	42,447	27,331	0,831	0,017
HV	0,062	0,059	36,121	25,788	0,532	0,024
UC	0,079	0,079	38,909	24,340	0,491	0,013
CA	0,088	0,108	50,031	33,161	0,719	0,025
CO	0,108	0,120	38,190	25,599	0,754	0,016
RO	0,316	0,485	38,113	33,370	0,505	0,030
OB	0,090	0,126	35,939	31,518	0,415	0,028
PR	0,125	0,142	70,110	55,937	0,586	0,022
CP	0,064	0,062	37,210	29,386	0,322	0,020











APPENDICE B Valori mensili sulle 23 stazioni di campionamento metalli: concentrazioni (ng/m³) degli elementi, ottenuti tramite ICP-MS.

		Mass Conc.	Residual	Soluble	Residual	Soluble	Residual	Soluble	Residual	Soluble	Residual	Soluble
mese	SITE	PM10	As_i	As_s	Cd_i	Cd_s	Co_i	Co_s	Cr_i	Cr_s	Cu_i	Cu_s
Dec-16	RI	43,497	0,328	0,654	0,007	0,258	0,307	0,051	27,973	1,743	17,237	5,499
Dec-16	MA	44,960	0,328	0,440	0,007	0,244	0,249	0,059	31,321	2,167	17,168	6,043
Dec-16	FA	61,454	0,328	0,342	0,077	0,316	0,319	0,046	33,698	1,535	12,781	5,151
Dec-16	GI	60,009	0,328	0,346	0,019	0,371	0,361	0,064	45,800	1,908	29,313	10,154
Dec-16	FR	62,399	0,328	0,565	0,050	0,267	0,300	0,040	37,171	1,961	19,185	3,951
Dec-16	CB	65,648	1,743	0,463	0,030	0,312	0,337	0,064	39,902	2,596	13,381	3,496
Dec-16	PI	51,195	0,841	0,413	0,028	0,267	0,298	0,052	34,732	2,222	17,055	3,299
Dec-16	BR	58,256	0,328	0,477	0,026	0,321	0,250	0,041	32,516	2,462	12,420	3,539
Dec-16	AR	46,032	0,328	0,922	0,007	0,356	0,272	0,077	34,163	4,133	14,725	6,558
Dec-16	CR	62,205	0,343	0,430	0,007	0,280	0,337	0,072	39,989	2,268	28,664	9,880
Dec-16	HG	55,544	0,328	0,464	0,007	0,273	0,328	0,067	36,947	2,589	25,889	10,146
Dec-16	SA	50,074	0,328	0,518	0,013	0,313	0,384	0,073	44,993	2,749	20,124	5,888
Dec-16	PV	56,692	0,499	0,445	0,045	0,294	0,363	0,063	42,986	2,522	13,648	3,283
Dec-16	LG	63,273	0,328	0,517	0,058	0,331	0,356	0,049	40,333	2,631	13,070	2,751
Dec-16	CZ	52,824	0,313	0,481	0,029	0,277	0,374	0,071	42,120	2,667	22,957	8,005
Dec-16	HV	50,105	0,298	0,498	0,051	0,282	0,420	0,076	47,294	2,745	20,024	5,864
Dec-16	UC	55,607	0,328	0,406	0,049	0,284	0,435	0,087	53,894	2,712	12,819	3,799
Dec-16	CA	54,196	0,328	0,772	0,113	0,374	0,622	0,098	65,228	3,757	27,372	5,406
Dec-16	CO	72,920	0,328	0,660	0,130	0,258	0,681	0,075	64,590	3,206	25,241	4,729
Dec-16	RO	41,651	0,252	1,024	0,058	0,241	1,063	0,068	112,058	4,700	13,496	3,243
Dec-16	OB	37,276	0,233	0,560	0,049	0,208	0,545	0,055	77,132	3,685	11,460	2,938
Dec-16	PR	51,823	0,328	0,773	0,073	0,382	0,878	0,065	131,276	6,435	18,845	3,712
Dec-16	CP	39,149	0,242	0,450	0,040	0,230	0,412	0,045	62,772	3,145	10,009	2,440
Gen-17	RI	69,444	0,254	0,516	0,114	0,198	0,248	0,086	30,779	3,369	18,000	6,086
Gen-17	MA	58,550	0,254	0,493	0,057	0,224	0,232	0,057	29,699	2,211	15,452	5,863
Gen-17	FA	67,493	0,254	0,618	0,129	0,362	0,337	0,042	34,909	1,592	14,398	4,252
Gen-17	GI	58,355	0,254	0,393	0,103	0,180	0,321	0,046	42,093	1,789	26,622	5,892
Gen-17	FR	67,674	0,254	0,574	0,136	0,282	0,320	0,058	42,110	2,600	21,017	5,546
Gen-17	CB	74,894	0,254	0,472	0,125	0,222	0,350	0,055	37,827	2,578	15,532	3,288
Gen-17	PI	70,542	0,254	0,463	0,069	0,228	0,273	0,091	30,099	5,134	9,411	2,457
Gen-17	BR	74,365	0,254	0,447	0,048	0,285	0,299	0,036	34,951	1,919	15,329	3,395
Gen-17	AR	53,188	0,254	0,497	0,021	0,250	0,351	0,046	41,113	2,507	11,130	4,838
Gen-17	CR	68,224	0,254	0,570	0,134	0,189	0,400	0,054	54,714	2,449	28,962	7,858
Gen-17	HG	56,614	0,510	0,492	0,055	0,212	0,346	0,070	51,390	2,550	25,150	8,168
Gen-17	SA	68,244	0,254	0,668	0,078	0,288	0,512	0,090	54,355	3,570	21,601	7,624
Gen-17	PV	66,954	0,385	0,504	0,082	0,247	0,379	0,083	43,137	3,380	13,840	3,331
Gen-17	LG	68,725	0,254	0,597	0,093	0,248	0,334	0,068	36,152	3,048	15,057	3,477
Gen-17	CZ	51,826	0,441	0,539	0,066	0,228	0,412	0,072	55,494	2,880	19,484	6,734
Gen-17	HV	46,041	0,499	0,644	0,114	0,194	0,518	0,075	72,971	3,424	14,345	4,030
Gen-17	UC	71,859	0,534	0,511	0,122	0,219	0,546	0,112	63,309	2,816	17,243	4,108
Gen-17	CA	75,622	0,254	0,755	0,138	0,584	0,630	0,166	71,494	0,000	24,542	8,157
Gen-17	CO	96,007	0,254	0,799	0,171	0,127	0,638	0,085	76,606	3,969	21,704	5,109
Gen-17	RO	56,712	0,331	1,078	0,112	0,173	1,041	0,076	106,516	5,048	14,714	3,760
Gen-17	OB	38,794	0,327	0,665	0,080	0,159	0,616	0,058	79,040	4,267	10,326	2,982
Gen-17	PR	49,378	0,591	1,007	0,166	0,178	1,001	0,065	122,147	7,619	12,811	3,266
Gen-17	CP	46,530	0,250	0,481	0,050	0,209	0,352	0,056	54,237	2,973	10,228	2,869

feb-17	RI	52,099	0,293	0,305	0,086	0,119	0,204	0,063	24,035	1,915	15,497	4,088
feb-17	MA	38,178	0,254	0,311	0,005	0,128	0,198	0,044	19,567	1,363	11,035	5,671
feb-17	FA	32,541	0,254	0,370	0,080	0,148	0,186	0,047	16,922	1,270	7,396	2,707
feb-17	GI	39,167	0,254	0,035	0,039	0,068	0,244	0,025	29,456	0,318	20,886	4,271
feb-17	FR	45,897	0,254	0,328	0,052	0,142	0,200	0,036	20,880	1,239	13,638	3,856
feb-17	CB	31,154	0,254	0,180	0,051	0,081	0,191	0,025	17,761	0,741	6,295	1,185
feb-17	PI	39,767	0,203	0,251	0,041	0,129	0,177	0,044	18,364	1,974	6,299	1,758
feb-17	BR	50,591	0,279	0,190	0,026	0,146	0,206	0,025	24,291	0,900	10,757	2,201
feb-17	AR	34,267	0,254	0,035	0,005	0,066	0,142	0,015	15,692	0,227	8,202	1,549
feb-17	CR	38,031	0,254	0,035	0,019	0,017	0,143	0,013	14,188	0,059	11,069	1,951
feb-17	HG	53,231	0,254	0,310	0,005	0,125	0,181	0,071	20,015	1,125	16,821	7,801
feb-17	SA	29,353	0,254	0,182	0,055	0,059	0,175	0,018	15,309	0,582	8,548	1,106
feb-17	PV	46,688	0,274	0,350	0,065	0,163	0,290	0,057	30,327	2,055	9,542	2,413
feb-17	LG	47,431	0,254	0,300	0,034	0,176	0,200	0,049	21,005	1,529	7,914	2,950
feb-17	CZ	48,259	0,300	0,317	0,022	0,127	0,217	0,055	27,023	1,496	11,341	4,880
feb-17	HV	44,731	0,254	0,385	0,014	0,138	0,238	0,063	29,502	1,620	6,866	3,583
feb-17	UC	32,600	0,254	0,343	0,102	0,100	0,404	0,051	38,802	1,338	10,115	1,612
feb-17	CA	45,941	0,254	0,514	0,053	0,130	0,404	0,081	41,162	2,068	13,430	4,709
feb-17	CO	44,081	0,254	0,624	0,072	0,118	0,465	0,067	52,466	2,328	12,608	4,399
feb-17	RO	39,810	0,228	1,481	0,054	0,148	1,461	0,085	115,252	3,905	10,847	3,423
feb-17	OB	41,366	0,254	0,626	0,048	0,138	0,485	0,072	61,553	2,778	9,805	3,634
feb-17	PR	32,024	0,588	0,430	0,162	0,100	0,906	0,032	84,422	2,641	13,085	2,490
feb-17	CP	31,714	0,254	0,397	0,018	0,149	0,310	0,054	63,787	2,727	5,619	2,689
Mar-17	RI	25,282	0,279	0,039	0,042	0,018	0,123	0,028	12,922	0,112	10,176	1,347
Mar-17	MA	30,334	0,254	0,035	0,011	0,017	0,135	0,018	13,943	0,223	10,959	1,451
Mar-17	FA	31,577	0,254	0,035	0,102	0,017	0,133	0,016	11,246	0,135	6,525	0,804
Mar-17	GI	15,744	0,251	0,035	0,061	0,017	0,199	0,018	23,232	0,217	13,352	1,408
Mar-17	FR	36,989	0,254	0,035	0,057	0,017	0,135	0,014	16,421	0,299	7,914	0,949
Mar-17	CB	28,711	0,178	0,153	0,052	0,058	0,116	0,015	13,622	0,787	5,407	1,382
Mar-17	PI	25,657	0,132	0,146	0,028	0,060	0,094	0,019	12,074	0,980	4,039	1,239
Mar-17	BR	29,344	0,254	0,035	0,019	0,048	0,121	0,017	15,605	0,308	5,806	1,058
Mar-17	AR	15,861	0,254	0,035	0,025	0,017	0,128	0,014	14,277	0,298	6,281	0,955
Mar-17	CR	33,330	0,254	0,035	0,048	0,017	0,169	0,013	18,684	0,246	20,212	1,470
Mar-17	HG	20,077	0,254	0,035	0,030	0,017	0,171	0,016	16,329	0,312	15,361	2,084
Mar-17	SA	27,484	0,198	0,119	0,042	0,043	0,138	0,021	18,635	0,705	6,739	1,382
Mar-17	PV	32,858	0,188	0,154	0,038	0,073	0,155	0,023	20,184	1,095	6,424	1,762
Mar-17	LG	42,145	0,254	0,035	0,042	0,042	0,153	0,017	16,709	0,563	6,332	0,864
Mar-17	CZ	43,248	0,252	0,035	0,005	0,017	0,037	0,016	3,081	0,359	2,192	1,401
Mar-17	HV	23,837	0,255	0,035	0,048	0,017	0,165	0,017	16,343	0,377	6,488	0,748
Mar-17	UC	28,818	0,254	0,035	0,050	0,035	0,215	0,017	26,372	0,452	5,043	0,724
Mar-17	CA	40,315	0,258	0,036	0,015	0,048	0,287	0,024	34,170	0,699	11,954	1,672
Mar-17	CO	39,131	0,254	0,035	0,060	0,017	0,359	0,016	36,348	0,645	14,067	1,271
Mar-17	RO	26,758	0,255	0,290	0,062	0,051	1,072	0,024	100,999	1,266	11,189	0,894
Mar-17	OB	26,766	0,255	0,076	0,050	0,034	0,350	0,026	41,539	0,694	6,819	0,891
Mar-17	PR	40,682	0,254	0,035	0,118	0,037	0,606	0,020	92,868	1,960	11,878	0,919
Mar-17	CP	37,788	0,254	0,035	0,063	0,017	0,195	0,006	20,805	0,545	5,176	0,270
apr-17	RI	20,869	0,025	0,189	0,004	0,060	0,025	0,013	8,315	0,734	5,473	2,475
apr-17	MA	21,876	0,025	0,202	0,004	0,044	0,025	0,006	15,289	0,930	12,784	2,942
apr-17	FA	21,322	0,025	0,179	0,004	0,069	0,025	0,006	11,602	0,931	9,473	1,823
apr-17	GI	15,288	0,025	0,202	0,004	0,065	0,024	0,006	9,574	1,112	7,561	4,192
apr-17	FR	12,224	0,025	0,045	0,004	0,055	0,061	0,006	10,002	0,294	2,847	0,976
apr-17	CB	23,401	0,025	0,243	0,004	0,076	0,025	0,006	11,859	1,486	3,399	2,155

apr-17	PI	17,664	0,025	0,290	0,004	0,073	0,025	0,021	11,675	1,577	2,159	2,193
apr-17	BR	23,594	0,076	0,099	0,004	0,037	0,025	0,006	14,875	0,623	4,363	1,736
apr-17	AR	13,968	0,025	0,172	0,004	0,070	0,025	0,006	10,827	1,054	3,932	2,741
apr-17	CR	20,791	0,025	0,205	0,004	0,061	0,025	0,006	11,650	1,309	7,143	3,797
apr-17	HG	10,363	0,025	0,200	0,004	0,061	0,025	0,016	15,960	1,249	10,608	5,177
apr-17	SA	14,777	0,029	0,222	0,005	0,062	0,028	0,035	16,437	1,487	5,453	2,749
apr-17	PV	20,983	0,025	0,206	0,004	0,065	0,025	0,006	15,436	1,426	7,163	3,570
apr-17	LG	27,927	0,025	0,207	0,004	0,071	0,025	0,006	14,637	1,625	3,403	1,758
apr-17	CZ	14,589	0,025	0,232	0,004	0,068	0,024	0,006	12,105	1,329	6,082	3,079
apr-17	HV	15,580	0,025	0,213	0,004	0,061	0,025	0,025	7,059	1,435	4,142	1,745
apr-17	UC	20,022	0,083	0,179	0,022	0,053	0,111	0,018	21,251	1,204	6,021	2,233
apr-17	CA	19,552	0,025	0,284	0,004	0,073	0,025	0,014	32,418	1,889	6,839	3,435
apr-17	CO	20,454	0,025	0,338	0,004	0,068	0,025	0,006	17,644	2,143	7,319	3,303
apr-17	RO	16,289	0,103	0,778	0,005	0,099	0,582	0,016	107,715	4,261	8,176	3,522
apr-17	OB	21,314	0,025	0,277	0,004	0,079	0,025	0,006	19,497	2,237	3,986	2,291
apr-17	PR	30,483	0,025	0,252	0,020	0,045	0,054	0,006	61,219	4,935	6,306	1,615
apr-17	CP	19,692	0,025	0,215	0,004	0,065	0,025	0,006	14,160	1,483	3,653	1,455
may-17	RI	18,984	0,025	0,240	0,004	0,019	0,025	0,041	8,462	1,216	7,143	2,644
may-17	MA	17,417	0,025	0,191	0,004	0,040	0,025	0,006	8,985	0,908	6,084	2,277
may-17	FA	17,283	0,025	0,221	0,004	0,030	0,025	0,006	11,497	0,518	7,002	0,955
may-17	GI	16,130	0,025	0,204	0,004	0,032	0,024	0,006	11,205	0,718	12,093	1,864
may-17	FR	15,155	0,025	0,045	0,004	0,039	0,103	0,006	10,707	0,798	4,808	1,501
may-17	CB	20,100	0,025	0,282	0,004	0,036	0,025	0,006	11,439	1,001	5,063	1,366
may-17	PI	21,855	0,025	0,045	0,004	0,009	0,025	0,012	11,318	0,271	5,664	0,529
may-17	BR	21,249	0,076	0,209	0,004	0,026	0,025	0,006	6,414	0,501	3,792	1,301
may-17	AR	18,855	0,025	0,285	0,004	0,036	0,025	0,006	9,933	0,648	5,757	2,034
may-17	CR	19,817	0,025	0,271	0,004	0,052	0,025	0,006	13,600	0,698	7,053	2,052
may-17	HG	21,051	0,025	0,223	0,004	0,039	0,025	0,030	7,634	0,557	9,506	2,303
may-17	SA	16,443	0,025	0,277	0,004	0,046	0,025	0,035	6,718	1,077	3,424	1,669
may-17	PV	16,556	0,025	0,259	0,004	0,035	0,025	0,006	7,857	0,866	7,150	2,374
may-17	LG	18,159	0,025	0,275	0,004	0,034	0,025	0,006	10,327	0,737	4,553	1,031
may-17	CZ	21,555	0,025	0,242	0,004	0,034	0,024	0,006	10,626	0,830	6,768	1,799
may-17	HV	19,891	0,025	0,320	0,004	0,026	0,025	0,028	12,194	1,111	4,286	1,335
may-17	UC	20,980	0,079	0,149	0,047	0,030	0,263	0,018	15,590	0,766	5,608	0,686
may-17	CA	18,273	0,026	0,347	0,004	0,048	0,025	0,037	47,603	1,861	8,644	2,201
may-17	CO	28,314	0,031	0,277	0,005	0,029	0,031	0,007	41,779	1,275	11,096	1,717
may-17	RO	22,400	0,729	1,058	0,004	0,120	2,000	0,064	245,042	4,602	10,991	2,147
may-17	OB	21,023	0,025	0,257	0,004	0,039	0,025	0,006	6,929	1,338	9,295	1,478
may-17	PR	16,189	0,025	0,345	0,038	0,032	0,288	0,006	28,065	2,854	6,003	0,952
may-17	CP	24,060	0,030	0,204	0,005	0,024	0,029	0,007	10,327	0,752	3,348	0,855
Lugl-17	RI	29,525	0,621	0,122	0,014	0,007	0,072	0,029	4,957	0,408	3,303	1,474
Lugl-17	MA	19,375	0,946	0,185	0,005	0,019	0,131	0,057	13,036	1,441	5,637	3,281
Lugl-17	FA	21,719	0,844	0,165	0,044	0,013	0,249	0,065	21,731	1,294	4,546	2,123
Lugl-17	GI	21,538	0,851	0,167	0,026	0,023	0,140	0,056	13,920	1,021	4,640	2,219
Lugl-17	FR	18,531	0,989	0,194	0,040	0,026	0,191	0,077	20,160	1,700	4,947	2,385
Lugl-17	CB	29,616	0,619	0,121	0,008	0,007	0,049	0,021	5,870	0,457	1,584	0,734
Lugl-17	PI	19,095	0,960	0,188	0,026	0,031	0,230	0,068	20,251	1,896	4,061	2,624
Lugl-17	BR	10,938	1,675	0,329	0,019	0,050	0,313	0,119	29,450	2,084	9,130	4,660
Lugl-17	AR	18,991	0,965	0,189	0,022	0,026	0,163	0,064	15,729	1,370	5,558	2,971
Lugl-17	CR	18,969	0,966	0,189	0,005	0,022	0,168	0,061	21,974	1,577	6,896	3,321
Lugl-17	HG	18,618	0,984	0,193	0,005	0,018	0,215	0,064	21,891	1,458	13,457	5,205
Lugl-17	SA	19,864	0,923	0,181	0,031	0,015	0,206	0,035	17,692	1,195	7,252	1,439

Lugl-17	PV	17,622	0,820	0,161	0,042	0,013	0,217	0,055	12,823	1,650	8,545	2,777
Lugl-17	LG	21,214	0,864	0,169	0,033	0,026	0,184	0,058	13,098	1,778	5,028	2,345
Lugl-17	CZ	18,704	0,980	0,192	0,027	0,028	0,194	0,067	12,215	1,843	7,191	3,660
Lugl-17	HV	21,826	0,840	0,165	0,029	0,026	0,127	0,045	10,572	1,580	3,836	1,975
Lugl-17	UC	19,574	0,936	0,429	0,040	0,045	0,318	0,066	24,310	2,864	5,405	2,410
Lugl-17	CA	16,487	1,111	0,468	0,042	0,038	0,452	0,087	45,768	3,497	9,580	3,345
Lugl-17	CO	17,748	1,032	0,506	0,030	0,041	0,729	0,082	83,454	3,452	10,564	3,711
Lugl-17	RO	22,244	0,824	0,875	0,051	0,055	2,057	0,113	151,264	5,678	9,714	2,580
Lugl-17	OB	17,020	1,077	0,211	0,047	0,049	0,432	0,097	32,491	3,403	6,317	3,101
Lugl-17	PR	26,651	0,688	0,405	0,039	0,002	0,338	0,038	41,074	4,264	5,252	1,563
Lugl-17	CP	18,931	0,968	0,190	0,047	0,034	0,159	0,058	18,628	2,073	4,201	1,736
Ago-17	RI	23,012	0,282	0,125	0,037	0,017	0,122	0,023	10,592	0,533	4,818	1,198
Ago-17	MA	20,118	0,389	0,133	0,027	0,022	0,150	0,031	16,290	0,823	5,512	1,661
Ago-17	FA	19,445	0,522	0,209	0,041	0,023	0,180	0,035	15,851	0,849	4,777	1,321
Ago-17	GI	20,160	0,426	0,193	0,036	0,049	0,158	0,037	15,491	0,921	7,706	2,834
Ago-17	FR	17,170	0,484	0,190	0,049	0,040	0,146	0,039	14,141	1,013	5,134	1,581
Ago-17	CB	12,604	0,174	0,168	0,020	0,040	0,262	0,054	31,497	1,216	4,240	1,416
Ago-17	PI	19,156	0,246	0,091	0,051	0,029	0,229	0,042	16,692	0,868	7,377	2,445
Ago-17	BR	20,759	0,236	0,080	0,063	0,007	0,225	0,010	18,053	0,241	5,512	0,284
Ago-17	AR	16,289	0,736	0,096	0,064	0,041	0,213	0,051	20,324	1,125	7,171	2,034
Ago-17	CR	22,722	0,143	0,183	0,041	0,034	0,223	0,043	22,027	1,024	8,514	1,786
Ago-17	HG	29,244	0,055	0,098	0,043	0,024	0,293	0,021	27,023	0,633	15,741	1,517
Ago-17	SA	38,498	0,287	0,140	0,040	0,030	0,357	0,040	30,163	1,089	6,419	1,303
Ago-17	PV	23,200	0,302	0,160	0,032	0,033	0,242	0,042	21,036	1,377	6,853	2,107
Ago-17	LG	21,190	0,471	0,140	0,039	0,029	0,219	0,047	16,942	1,341	6,419	2,299
Ago-17	CZ	29,201	0,719	0,255	0,028	0,039	0,235	0,045	20,620	1,424	10,804	3,053
Ago-17	HV	25,834	0,591	0,252	0,036	0,047	0,248	0,042	20,587	1,480	6,233	2,085
Ago-17	UC	22,344	0,095	0,182	0,035	0,041	0,332	0,045	23,813	1,648	4,485	1,187
Ago-17	CA	31,744	0,427	0,247	0,037	0,048	0,367	0,055	43,845	2,422	6,631	2,384
Ago-17	CO	25,109	0,458	0,291	0,020	0,035	0,471	0,041	33,725	1,435	8,838	1,751
Ago-17	RO	24,098	0,827	0,626	0,072	0,067	2,531	0,103	204,065	5,156	12,665	1,795
Ago-17	OB	21,841	0,287	0,151	0,022	0,038	0,275	0,052	20,970	1,285	4,008	1,467
Ago-17	PR	23,117	0,198	0,226	0,064	0,031	0,398	0,052	29,556	3,206	5,725	1,155
Ago-17	CP	19,466	0,372	0,120	0,026	0,028	0,153	0,036	15,204	1,109	3,508	1,263
Set-17	RI	27,377	0,211	0,163	0,050	0,025	0,129	0,019	13,952	0,606	5,730	1,237
Set-17	MA	33,315	0,246	0,190	0,051	0,035	0,175	0,021	24,367	0,761	7,179	1,407
Set-17	FA	27,069	0,538	0,299	0,051	0,034	0,175	0,029	18,081	0,871	5,823	1,339
Set-17	GI	26,961	0,458	0,259	0,047	0,073	0,209	0,035	23,183	1,168	9,995	3,582
Set-17	FR	25,165	0,456	0,268	0,062	0,051	0,148	0,031	16,444	0,965	6,147	1,582
Set-17	CB	29,415	0,469	0,150	0,039	0,040	0,277	0,020	33,572	1,034	5,874	1,044
Set-17	PI	26,933	0,248	0,118	0,015	0,046	0,160	0,026	25,469	1,281	3,334	1,372
Set-17	BR	42,361	0,027	0,283	0,027	0,062	0,087	0,024	20,515	0,835	3,185	1,740
Set-17	AR	30,534	0,447	0,287	0,032	0,101	0,176	0,040	22,211	1,262	6,358	2,835
Set-17	CR	27,488	0,271	0,296	0,044	0,050	0,199	0,034	21,606	1,109	10,663	2,885
Set-17	HG	25,903	0,260	0,309	0,111	0,051	0,232	0,029	22,687	0,988	13,312	3,134
Set-17	SA	30,653	0,341	0,261	0,041	0,052	0,232	0,031	23,959	1,244	7,263	2,128
Set-17	PV	30,079	0,026	0,176	0,005	0,048	0,161	0,031	23,826	1,326	6,531	2,923
Set-17	LG	25,635	0,248	0,158	0,022	0,039	0,190	0,039	20,384	1,333	6,475	2,611
Set-17	CZ	33,587	0,840	0,379	0,049	0,054	0,225	0,041	21,838	1,419	12,516	3,705
Set-17	HV	29,795	0,714	0,345	0,045	0,061	0,257	0,039	23,256	1,390	8,185	2,639
Set-17	UC	29,290	0,450	0,379	0,049	0,056	0,269	0,039	25,496	1,528	6,471	1,909

Set-17	CA	56,400	0,076	0,091	0,033	0,066	0,317	0,034	61,955	2,121	5,830	2,618
Set-17	CO	47,934	0,222	0,042	0,009	0,009	0,211	0,005	30,087	0,329	2,502	0,528
Set-17	RO	35,411	0,891	0,658	0,050	0,082	2,741	0,106	319,618	6,208	13,875	2,663
Set-17	OB	34,144	0,261	0,251	0,038	0,052	0,259	0,035	34,380	2,156	4,676	1,212
Set-17	PR	39,840	0,048	0,250	0,064	0,044	0,343	0,033	52,167	4,198	6,336	0,936
Set-17	CP	35,367	0,134	0,119	0,022	0,037	0,114	0,021	19,479	0,847	2,910	0,813
nov-17	RI	34,018	0,169	0,224	0,077	0,029	0,127	0,019	11,082	0,707	6,913	1,478
nov-17	MA	31,650	0,422	0,316	0,023	0,074	0,121	0,024	14,489	1,146	6,540	2,616
nov-17	FA	28,447	0,846	0,497	0,062	0,045	0,169	0,030	14,026	1,004	5,513	1,289
nov-17	GI	31,308	0,478	0,435	0,065	0,131	0,193	0,047	20,487	1,548	16,405	6,867
nov-17	FR	23,104	0,557	0,395	0,099	0,095	0,098	0,034	9,187	1,213	6,453	2,002
nov-17	CB	35,696	0,512	0,471	0,100	0,078	0,286	0,027	22,884	1,115	6,877	1,430
nov-17	PI	40,853	0,485	0,488	0,055	0,201	0,191	0,032	20,754	1,383	5,596	1,363
nov-17	BR	41,262	0,518	0,387	0,043	0,175	0,167	0,041	20,783	1,496	7,319	2,657
nov-17	AR	32,952	0,577	0,483	0,004	0,201	0,228	0,045	25,794	1,826	8,718	4,730
nov-17	CR	32,780	0,213	0,446	0,044	0,044	0,163	0,024	19,608	1,136	13,479	3,288
nov-17	HG	20,978	0,455	0,534	0,247	0,079	0,204	0,031	19,432	1,221	13,532	5,001
nov-17	SA	23,381	0,710	0,465	0,078	0,078	0,176	0,023	17,888	1,317	8,838	2,157
nov-17	PV	33,266	0,616	0,388	0,053	0,052	0,181	0,021	25,801	1,035	7,663	1,182
nov-17	LG	30,194	0,685	0,295	0,105	0,105	0,174	0,029	18,864	1,260	6,261	1,786
nov-17	CZ	45,656	1,540	0,571	0,009	0,071	0,210	0,049	22,205	1,844	13,433	4,928
nov-17	HV	29,964	0,711	0,405	0,051	0,082	0,297	0,033	27,344	1,270	5,807	2,125
nov-17	UC	34,369	0,650	0,730	0,075	0,068	0,255	0,042	30,957	1,829	5,953	1,682
nov-17	CA	46,823	0,629	0,510	0,033	0,116	0,252	0,032	26,424	1,909	6,356	2,620
nov-17	CO	49,193	0,879	0,611	0,153	0,065	0,533	0,053	48,659	2,075	15,874	2,547
nov-17	RO	47,706	1,436	1,055	0,093	0,088	1,488	0,062	139,432	5,255	9,014	1,633
nov-17	OB	39,527	0,575	0,483	0,042	0,089	0,304	0,034	44,905	2,292	5,450	1,631
nov-17	PR	44,989	0,510	0,576	0,084	0,075	0,250	0,050	28,676	3,584	4,582	1,548
nov-17	CP	35,461	1,491	0,404	0,039	0,069	0,177	0,027	15,278	1,438	3,927	1,370
Dec-17	RI	33,662	0,339	0,249	0,072	0,147	0,114	0,028	12,065	1,027	7,592	2,386
Dec-17	MA	33,306	0,509	0,274	0,066	0,265	0,102	0,036	13,048	1,348	8,271	3,295
Dec-17	FA	18,484	1,360	0,594	0,213	0,520	0,319	0,077	37,243	2,545	18,784	4,461
Dec-17	GI	23,432	0,746	0,421	0,038	0,256	0,208	0,052	25,787	1,534	21,235	9,505
Dec-17	FR	17,896	0,489	0,165	0,082	0,149	0,145	0,043	17,889	1,033	17,201	3,821
Dec-17	CB	24,496	0,785	0,253	0,126	0,261	0,202	0,039	21,447	1,579	9,544	2,642
Dec-17	PI	18,659	0,380	0,267	0,081	0,196	0,111	0,034	11,327	1,566	4,704	1,813
Dec-17	BR	21,820	0,310	0,241	0,022	0,230	0,092	0,029	9,605	1,193	5,330	1,958
Dec-17	AR	26,228	0,247	0,299	0,059	0,256	0,119	0,048	11,019	2,212	9,104	4,426
Dec-17	CR	21,995	0,366	0,177	0,051	0,133	0,180	0,028	24,429	1,046	17,174	4,302
Dec-17	HG	21,983	0,371	0,348	0,060	0,201	0,208	0,039	26,724	1,498	24,699	6,764
Dec-17	SA	22,264	0,298	0,336	0,102	0,189	0,142	0,028	14,141	1,517	9,496	3,736
Dec-17	PV	23,864	0,444	0,146	0,098	0,198	0,156	0,034	12,459	1,281	12,809	4,205
Dec-17	LG	26,414	0,385	0,230	0,304	0,260	0,146	0,028	13,993	1,235	6,977	1,980
Dec-17	CZ	29,244	0,771	0,399	0,082	0,143	0,190	0,040	22,272	1,692	14,666	4,670
Dec-17	HV	20,092	0,400	0,277	0,175	0,157	0,150	0,033	17,887	1,735	5,867	2,318
Dec-17	UC	33,599	0,258	0,263	0,118	0,162	0,165	0,026	18,817	1,602	6,629	2,131
Dec-17	CA	16,280	0,571	0,398	0,089	0,238	0,194	0,033	23,370	1,870	9,999	3,301
Dec-17	CO	24,971	0,631	0,405	0,135	0,154	0,351	0,034	46,962	1,922	11,101	2,968
Dec-17	RO	18,998	1,060	1,407	0,124	0,168	1,117	0,060	130,252	4,856	9,321	2,620
Dec-17	OB	25,082	0,802	0,584	0,336	0,183	0,411	0,047	47,468	3,166	7,420	2,875
Dec-17	PR	16,240	1,436	0,832	0,304	0,388	0,652	0,040	104,400	13,953	13,126	4,224
Dec-17	CP	28,986	0,893	0,406	0,226	0,171	0,245	0,034	25,579	1,946	6,108	2,075

feb-18	RI	32,418	0,651	0,330	0,075	0,185	0,157	0,029	17,632	1,215	8,438	2,680
feb-18	MA	31,174	0,963	0,411	0,078	0,222	0,199	0,030	23,199	1,402	9,285	2,973
feb-18	FA	24,829	1,162	0,502	0,145	0,371	0,259	0,054	30,221	1,973	14,034	3,717
feb-18	GI	44,855	0,963	0,366	0,078	0,222	0,290	0,087	37,153	2,229	20,014	13,633
feb-18	FR	25,402	0,726	0,194	0,080	0,186	0,167	0,045	20,091	1,475	11,605	3,245
feb-18	CB	32,908	0,962	0,224	0,078	0,222	0,189	0,047	22,293	1,916	6,009	2,668
feb-18	PI	32,430	0,982	0,567	0,079	0,227	0,355	0,043	28,347	2,011	6,348	2,175
feb-18	BR	58,440	1,912	0,223	0,154	0,442	0,269	0,057	35,332	2,789	12,660	4,604
feb-18	AR	25,345	0,962	0,319	0,078	0,493	0,277	0,056	27,849	2,727	10,823	6,455
feb-18	CR	33,365	0,841	0,269	0,073	0,206	0,238	0,047	27,952	1,782	15,529	7,064
feb-18	HG	31,316	0,976	0,472	0,079	0,225	0,248	0,029	24,546	1,715	16,368	6,250
feb-18	SA	35,292	1,059	0,062	0,085	0,245	0,232	0,043	25,680	2,137	8,559	4,072
feb-18	PV	38,860	0,984	0,630	0,079	0,227	0,263	0,027	24,722	1,660	12,154	3,941
feb-18	LG	32,568	0,784	0,476	0,154	0,238	0,255	0,033	22,354	1,635	8,493	2,699
feb-18	CZ	30,541	0,908	0,396	0,080	0,308	0,226	0,036	24,414	1,878	12,486	4,432
feb-18	HV	31,064	0,976	0,318	0,079	0,557	0,241	0,037	26,425	2,227	6,423	2,376
feb-18	UC	32,866	0,962	0,112	0,078	0,222	0,297	0,034	34,083	2,423	7,066	2,471
feb-18	CA	35,096	0,966	0,277	0,078	0,223	0,327	0,036	33,515	2,502	8,496	3,815
feb-18	CO	38,542	0,962	0,523	0,159	0,222	0,314	0,046	37,425	2,661	9,612	4,218
feb-18	RO	29,092	1,101	1,235	0,178	0,538	1,337	0,083	163,594	7,051	9,463	3,355
feb-18	OB	19,489	0,967	0,324	0,078	0,544	0,421	0,050	50,717	3,025	6,309	2,904
feb-18	PR	25,191	0,962	0,594	0,174	0,673	0,378	0,049	50,704	4,610	6,303	2,253
feb-18	CP	21,611	0,705	0,322	0,122	0,254	0,246	0,031	26,307	1,762	5,576	2,047

mese	SITE	PM10	Residual	Soluble	Residual	Soluble	Residual	Soluble	Residual	Soluble	Residual	Soluble
		Mass Conc.	Mn_i	Mn_s	Ni_i	Ni_s	Pb_i	Pb_s	Sb_i	Sb_s	Zn_i	Zn_s
Dec-16	RI	43,497	11,444	8,587	10,104	2,433	8,573	1,754	1,780	0,582	44,954	76,613
Dec-16	MA	44,960	13,749	10,733	10,731	0,981	7,926	1,864	2,042	0,823	44,954	53,198
Dec-16	FA	61,454	12,504	7,519	14,997	0,369	8,112	1,709	1,226	0,404	181,676	50,542
Dec-16	GI	60,009	18,608	12,254	14,344	2,706	9,257	1,843	2,409	0,582	114,252	57,270
Dec-16	FR	62,399	17,395	11,603	12,993	1,278	9,056	1,579	1,722	0,518	44,954	55,392
Dec-16	CB	65,648	14,813	11,306	18,819	1,143	9,247	2,386	1,193	0,504	44,954	83,937
Dec-16	PI	51,195	11,777	9,548	15,320	0,985	7,775	1,923	1,194	0,444	37,761	58,482
Dec-16	BR	58,256	9,624	10,524	11,635	1,463	8,909	3,038	1,323	0,414	44,954	54,972
Dec-16	AR	46,032	11,339	15,542	12,603	2,394	8,975	3,410	1,474	0,701	44,954	77,557
Dec-16	CR	62,205	18,433	14,521	14,526	3,225	9,598	1,976	2,457	0,627	46,989	63,799
Dec-16	HG	55,544	16,469	14,717	13,742	1,445	9,540	2,217	2,303	0,652	114,868	65,426
Dec-16	SA	50,074	15,914	13,517	16,968	1,376	9,797	1,781	2,043	0,643	44,954	58,347
Dec-16	PV	56,692	11,725	9,756	17,915	1,207	8,289	2,334	1,342	0,518	77,881	56,112
Dec-16	LG	63,273	10,684	9,327	18,451	1,025	8,730	2,624	1,215	0,460	44,954	54,865
Dec-16	CZ	52,824	15,340	13,191	15,704	1,541	9,190	2,194	2,106	0,632	115,586	60,807
Dec-16	HV	50,105	14,212	11,664	17,665	1,637	8,841	2,171	1,908	0,613	116,304	56,187
Dec-16	UC	55,607	12,715	10,394	19,974	1,610	8,362	2,453	1,617	0,649	150,929	54,990
Dec-16	CA	54,196	17,715	13,380	24,580	2,347	11,272	2,493	2,377	0,720	118,005	65,002
Dec-16	CO	72,920	18,319	12,765	30,926	2,278	10,755	1,713	2,409	0,614	102,492	62,880
Dec-16	RO	41,651	23,585	15,196	61,909	3,912	12,263	3,180	0,760	0,460	93,672	66,267
Dec-16	OB	37,276	15,631	13,959	30,155	1,988	10,357	2,876	0,721	0,410	83,864	61,545
Dec-16	PR	51,823	26,706	24,491	48,935	2,885	20,537	6,036	0,924	0,566	174,857	111,901
Dec-16	CP	39,149	12,606	11,474	21,970	1,473	9,522	2,944	0,660	0,367	67,897	56,596
Gen-17	RI	69,444	9,879	8,794	8,862	1,541	6,772	0,682	1,430	0,656	34,803	53,007
Gen-17	MA	58,550	11,335	10,619	8,833	0,913	7,670	1,044	1,656	1,196	80,027	55,282

Gen-17	FA	67,493	11,345	12,703	15,460	1,452	7,848	1,206	1,577	1,334	83,889	61,394
Gen-17	GI	58,355	14,914	9,966	12,050	0,757	6,968	0,671	1,715	0,528	34,803	41,356
Gen-17	FR	67,674	14,602	13,220	12,412	0,933	8,180	0,959	1,575	0,658	34,803	53,610
Gen-17	CB	74,894	12,310	10,411	15,011	1,149	7,259	1,153	1,071	0,504	34,803	55,843
Gen-17	PI	70,542	7,787	9,174	10,855	2,183	6,396	1,125	0,936	0,532	175,124	46,092
Gen-17	BR	74,365	8,010	8,395	18,700	1,028	6,319	1,283	0,960	0,388	34,803	59,963
Gen-17	AR	53,188	13,366	9,383	13,501	1,406	6,044	1,231	0,922	0,473	34,803	55,245
Gen-17	CR	68,224	16,812	12,278	14,964	1,053	7,690	0,607	2,004	0,635	34,803	52,487
Gen-17	HG	56,614	12,805	11,243	13,052	1,309	6,308	0,598	1,626	0,601	111,444	54,923
Gen-17	SA	68,244	13,531	11,730	17,627	1,664	7,122	1,217	1,599	0,626	34,803	57,952
Gen-17	PV	66,954	10,047	10,040	15,454	1,579	7,226	1,350	1,064	0,500	80,653	52,471
Gen-17	LG	68,725	8,856	11,321	12,966	1,177	6,771	1,150	0,922	0,488	34,803	56,842
Gen-17	CZ	51,826	13,519	11,721	16,096	1,504	7,541	1,243	1,357	0,572	90,531	54,946
Gen-17	HV	46,041	12,412	10,730	19,532	1,662	7,124	0,936	0,337	0,483	44,565	49,110
Gen-17	UC	71,859	11,822	9,907	20,082	1,749	7,450	0,790	1,057	0,461	34,803	50,837
Gen-17	CA	75,622	14,756	15,722	23,414	2,573	8,183	1,171	1,726	1,110	34,803	66,668
Gen-17	CO	96,007	15,175	11,351	24,420	1,621	8,433	0,695	1,570	0,544	34,803	44,749
Gen-17	RO	56,712	22,180	12,743	56,376	3,295	11,446	1,657	0,947	0,516	58,055	56,687
Gen-17	OB	38,794	15,994	12,075	32,884	1,817	10,412	1,765	0,701	0,449	57,937	56,167
Gen-17	PR	49,378	24,778	15,482	51,910	1,924	18,646	1,793	0,712	0,616	72,523	81,844
Gen-17	CP	46,530	10,448	10,668	16,645	1,422	7,578	2,158	0,640	0,401	45,835	52,969
feb-17	RI	52,099	8,722	5,991	6,288	1,020	5,536	0,503	1,233	0,480	40,163	31,655
feb-17	MA	38,178	10,463	7,370	8,416	0,810	4,403	1,275	1,352	0,758	34,803	32,704
feb-17	FA	32,541	6,856	5,848	8,634	0,925	5,312	0,952	0,868	0,652	34,803	38,093
feb-17	GI	39,167	13,328	4,399	8,775	0,286	5,034	0,447	1,566	0,290	34,803	17,970
feb-17	FR	45,897	9,929	7,181	8,370	0,666	5,012	1,074	1,344	0,488	34,803	33,349
feb-17	CB	31,154	6,038	3,146	9,218	0,695	3,970	0,528	0,783	0,214	34,803	28,184
feb-17	PI	39,767	5,376	5,160	7,901	1,041	4,173	0,800	0,676	0,304	65,261	29,772
feb-17	BR	50,591	6,949	5,027	11,209	0,586	4,684	0,803	0,797	0,242	38,305	28,738
feb-17	AR	34,267	5,980	2,760	6,944	0,286	3,587	0,581	0,876	0,127	34,803	14,265
feb-17	CR	38,031	6,077	2,473	5,602	0,286	2,624	0,258	0,847	0,077	34,803	11,828
feb-17	HG	53,231	9,552	7,706	7,413	0,819	3,953	1,025	1,641	0,468	34,803	37,145
feb-17	SA	29,353	6,746	2,668	8,067	0,286	3,414	0,348	0,878	0,089	34,803	14,598
feb-17	PV	46,688	8,134	6,851	13,115	1,164	5,724	1,038	0,908	0,357	53,880	36,482
feb-17	LG	47,431	6,335	7,031	9,554	1,027	5,283	1,345	0,814	0,393	34,803	37,368
feb-17	CZ	48,259	8,079	7,192	9,517	0,986	4,189	0,882	1,022	0,440	48,669	33,104
feb-17	HV	44,731	7,424	6,818	12,235	1,337	4,580	1,097	0,756	0,536	34,803	36,213
feb-17	UC	32,600	10,779	5,175	19,550	1,006	6,215	0,657	1,078	0,232	34,803	26,318
feb-17	CA	45,941	10,921	7,829	19,526	1,562	6,156	0,885	1,341	0,428	97,607	39,958
feb-17	CO	44,081	12,125	8,352	24,677	1,470	6,342	0,846	1,163	0,425	34,803	36,482
feb-17	RO	39,810	25,182	8,941	87,264	5,722	6,441	0,961	0,747	0,445	31,222	33,887
feb-17	OB	41,366	12,372	10,405	26,452	2,085	5,356	1,155	0,879	0,457	34,803	41,961
feb-17	PR	32,024	29,635	9,384	45,298	1,269	15,030	1,446	1,389	0,480	94,861	38,930
feb-17	CP	31,714	9,881	9,210	15,000	1,615	6,442	2,380	0,337	0,348	34,803	45,468
Mar-17	RI	25,282	5,979	2,099	2,570	0,314	3,293	0,232	0,811	0,217	38,220	4,548
Mar-17	MA	30,334	7,460	2,917	2,344	0,286	3,188	0,155	0,818	0,244	34,862	4,149
Mar-17	FA	31,577	5,845	2,078	5,276	0,286	3,614	0,180	0,338	0,341	128,978	4,149
Mar-17	GI	15,744	12,413	3,171	5,918	0,283	3,680	0,133	0,826	0,147	34,475	4,103
Mar-17	FR	36,989	9,313	2,872	5,072	0,286	3,821	0,166	0,338	0,235	34,879	4,151
Mar-17	CB	28,711	5,820	3,492	6,847	0,664	3,457	0,514	0,567	0,394	69,183	18,174
Mar-17	PI	25,657	4,100	3,094	5,694	0,643	2,795	0,546	0,358	0,238	43,186	14,775
Mar-17	BR	29,344	4,963	2,553	4,925	0,286	2,869	0,325	0,338	0,144	34,862	4,149

Mar-17	AR	15,861	5,885	2,305	5,196	0,286	3,080	0,187	0,338	0,199	34,861	4,149
Mar-17	CR	33,330	10,332	2,709	5,674	0,286	3,617	0,104	0,999	0,209	34,904	4,154
Mar-17	HG	20,077	8,584	2,800	5,288	0,286	3,383	0,124	1,138	0,236	89,032	4,149
Mar-17	SA	27,484	6,978	3,201	7,490	1,206	3,256	0,381	0,468	0,240	32,916	10,263
Mar-17	PV	32,858	5,792	3,823	8,602	0,688	3,797	0,538	0,466	0,267	39,552	16,591
Mar-17	LG	42,145	5,616	2,652	7,652	0,286	4,002	0,323	0,338	0,170	34,862	9,451
Mar-17	CZ	43,248	1,819	2,523	2,323	0,283	0,684	0,161	0,335	0,183	34,539	4,110
Mar-17	HV	23,837	7,153	2,304	6,581	0,287	4,020	0,168	0,339	0,153	34,960	4,160
Mar-17	UC	28,818	5,944	2,224	10,755	0,286	3,303	0,193	0,338	0,166	34,905	4,154
Mar-17	CA	40,315	9,125	3,020	14,518	0,291	4,957	0,357	0,857	0,211	35,423	11,131
Mar-17	CO	39,131	11,036	2,604	17,381	0,286	5,569	0,171	0,938	0,172	34,864	4,149
Mar-17	RO	26,758	20,851	3,174	63,588	1,180	6,548	0,209	0,339	0,156	34,989	12,295
Mar-17	OB	26,766	9,035	2,887	17,691	0,287	4,355	0,189	0,339	0,136	34,932	4,157
Mar-17	PR	40,682	28,851	5,819	36,306	0,286	12,342	0,642	0,338	0,217	34,862	16,994
Mar-17	CP	37,788	9,249	2,934	9,909	0,286	5,612	0,294	0,338	0,109	99,008	9,485
apr-17	RI	20,869	3,740	4,460	1,378	0,613	1,898	0,404	0,436	0,417	28,152	16,848
apr-17	MA	21,876	7,291	4,846	6,323	0,658	4,034	0,516	0,637	0,449	40,810	17,881
apr-17	FA	21,322	5,720	4,103	5,053	0,644	2,687	0,573	0,409	0,592	49,007	28,074
apr-17	GI	15,288	7,642	7,367	3,387	0,938	2,232	0,709	0,536	0,389	58,603	49,827
apr-17	FR	12,224	4,961	1,516	3,172	0,374	2,021	0,287	0,208	0,138	33,402	8,320
apr-17	CB	23,401	5,577	5,252	6,049	1,012	2,786	0,835	0,579	0,628	43,767	22,190
apr-17	PI	17,664	3,690	4,167	6,070	1,222	2,345	1,091	0,207	0,322	46,624	16,476
apr-17	BR	23,594	5,695	3,245	4,115	0,505	2,105	0,435	0,320	0,216	60,886	12,558
apr-17	AR	13,968	4,576	4,844	3,927	0,789	1,826	0,703	0,323	0,371	32,103	16,731
apr-17	CR	20,791	6,301	6,488	3,731	0,967	2,043	0,522	0,430	0,469	24,634	19,168
apr-17	HG	10,363	7,867	6,078	4,127	0,869	2,465	0,552	0,811	0,469	18,772	18,452
apr-17	SA	14,777	5,908	5,041	6,065	1,965	2,486	0,818	0,319	0,469	27,078	18,150
apr-17	PV	20,983	5,163	4,292	5,792	1,061	3,159	0,588	0,389	0,402	30,924	18,091
apr-17	LG	27,927	4,514	4,315	6,792	0,849	2,811	0,682	0,210	0,282	30,234	17,068
apr-17	CZ	14,589	5,473	5,358	4,312	0,813	2,548	0,826	0,531	0,424	32,012	19,499
apr-17	HV	15,580	3,825	4,500	1,374	0,978	2,421	0,799	0,042	0,363	25,581	20,356
apr-17	UC	20,022	6,417	3,725	9,525	0,935	3,141	0,504	0,412	0,418	28,817	14,793
apr-17	CA	19,552	7,320	5,146	13,882	1,116	3,514	0,600	0,729	0,921	18,701	23,019
apr-17	CO	20,454	6,731	5,883	10,737	1,103	3,427	0,517	0,578	0,400	36,886	22,653
apr-17	RO	16,289	18,807	7,108	66,187	2,606	5,423	1,129	0,389	0,357	37,741	35,770
apr-17	OB	21,314	7,007	6,594	11,204	1,196	3,711	0,889	0,245	0,376	23,928	26,934
apr-17	PR	30,483	19,411	10,664	20,016	1,231	14,221	2,214	0,235	0,336	71,869	32,886
apr-17	CP	19,692	6,050	5,778	4,544	0,787	3,418	0,931	0,097	0,281	32,393	18,920
may-17	RI	18,984	5,263	3,021	1,375	2,264	2,556	0,394	0,648	0,288	25,725	13,260
may-17	MA	17,417	4,781	3,354	5,790	1,639	2,259	0,360	0,590	0,414	20,620	17,437
may-17	FA	17,283	5,862	2,480	5,284	0,348	2,870	0,221	0,497	0,427	28,094	9,040
may-17	GI	16,130	8,124	5,041	4,148	0,528	2,509	0,199	0,443	0,314	25,987	10,656
may-17	FR	15,155	5,805	4,609	4,235	1,839	2,592	0,295	0,427	0,447	28,086	12,220
may-17	CB	20,100	6,138	3,763	6,122	0,638	3,036	0,309	0,276	0,413	58,621	15,099
may-17	PI	21,855	6,401	1,014	6,127	0,111	2,707	0,111	0,274	0,080	25,708	4,420
may-17	BR	21,249	2,803	3,179	1,377	0,330	1,632	0,337	0,159	0,215	32,420	9,896
may-17	AR	18,855	5,647	3,552	4,602	0,502	2,239	0,372	0,276	0,278	28,482	12,840
may-17	CR	19,817	6,870	4,081	5,267	0,501	2,437	0,317	0,633	0,363	17,862	13,108
may-17	HG	21,051	4,705	2,992	1,377	0,559	2,098	0,237	0,535	0,282	31,476	14,711
may-17	SA	16,443	3,064	4,136	1,379	0,475	2,123	0,335	0,695	0,337	26,129	19,753
may-17	PV	16,556	4,252	3,302	3,415	0,481	2,437	0,291	0,399	0,270	30,794	14,072
may-17	LG	18,159	5,219	2,808	7,103	0,428	2,552	0,361	0,257	0,181	34,456	10,974

may-17	CZ	21,555	6,332	3,424	5,195	0,397	3,812	0,481	0,404	0,221	40,833	13,044
may-17	HV	19,891	5,126	3,511	1,376	0,518	2,635	0,401	0,225	0,198	23,641	14,785
may-17	UC	20,980	7,751	1,919	11,132	0,249	3,243	0,321	0,286	0,132	32,476	10,551
may-17	CA	18,273	9,350	4,540	20,719	0,933	3,675	0,452	0,544	0,356	135,906	23,796
may-17	CO	28,314	10,972	3,555	25,548	0,573	3,636	0,210	0,599	0,187	43,248	17,500
may-17	RO	22,400	29,850	6,251	122,630	2,818	5,355	0,342	0,405	0,252	30,838	28,330
may-17	OB	21,023	1,476	4,725	1,374	0,686	0,436	0,356	0,044	0,173	35,776	16,951
may-17	PR	16,189	12,752	7,430	13,841	0,748	7,155	0,691	0,285	0,219	32,062	28,567
may-17	CP	24,060	5,112	2,835	4,209	0,253	2,954	0,360	0,132	0,129	42,895	15,112
Lug-17	RI	29,525	3,554	2,406	3,154	0,470	1,422	0,159	0,132	0,258	30,902	6,230
Lug-17	MA	19,375	5,753	5,601	4,652	1,102	2,604	0,242	0,604	0,682	24,628	13,322
Lug-17	FA	21,719	8,423	6,156	7,554	1,023	2,964	0,216	0,523	0,855	26,345	12,763
Lug-17	GI	21,538	6,590	5,291	3,862	0,778	1,847	0,218	0,380	0,330	50,014	10,030
Lug-17	FR	18,531	8,751	8,569	6,913	1,569	3,469	0,253	0,481	0,847	29,522	20,564
Lug-17	CB	29,616	2,270	1,894	1,693	0,342	0,888	0,159	0,085	0,200	11,574	5,814
Lug-17	PI	19,095	7,344	6,230	8,892	1,526	2,913	0,246	0,321	0,509	29,407	18,912
Lug-17	BR	10,938	12,432	10,418	9,573	1,785	6,111	0,429	0,856	0,837	43,444	21,044
Lug-17	AR	18,991	6,870	6,127	5,100	1,055	3,412	0,247	0,574	0,605	48,906	15,635
Lug-17	CR	18,969	8,365	6,966	5,800	1,162	3,227	0,248	0,712	0,648	24,742	19,634
Lug-17	HG	18,618	10,475	6,758	6,829	1,198	4,143	0,252	1,215	0,620	39,383	16,738
Lug-17	SA	19,864	9,156	3,636	8,348	0,674	4,275	0,236	0,538	0,321	28,146	12,303
Lug-17	PV	17,622	8,884	5,712	7,422	1,026	3,696	0,210	0,346	0,443	28,542	8,661
Lug-17	LG	21,214	6,769	5,515	7,918	1,283	3,574	0,221	0,262	0,404	32,339	17,320
Lug-17	CZ	18,704	7,961	6,825	5,726	1,318	4,180	0,251	0,541	0,538	24,704	18,823
Lug-17	HV	21,826	5,224	4,856	4,381	0,935	2,840	0,215	0,166	0,335	20,867	11,244
Lug-17	UC	19,574	8,787	6,889	16,077	1,829	5,034	0,240	0,439	0,509	24,449	17,907
Lug-17	CA	16,487	13,033	8,292	22,886	2,545	6,430	0,285	0,421	0,562	37,880	24,281
Lug-17	CO	17,748	15,698	7,168	36,906	2,489	5,363	0,265	0,789	0,486	45,906	20,504
Lug-17	RO	22,244	31,221	8,076	131,097	8,006	6,408	0,211	0,382	0,411	30,870	15,536
Lug-17	OB	17,020	11,382	8,231	25,037	4,538	5,055	0,808	0,393	0,472	41,127	22,355
Lug-17	PR	26,651	30,582	5,435	13,607	1,181	15,245	0,537	0,391	0,497	71,582	4,674
Lug-17	CP	18,931	9,601	7,753	6,918	1,135	5,185	0,248	0,130	0,545	32,602	28,371
Ago-17	RI	23,012	5,450	2,538	4,536	0,406	2,087	0,191	0,342	0,234	34,598	6,108
Ago-17	MA	20,118	6,615	3,316	5,821	0,641	2,267	0,254	0,498	0,337	39,551	11,981
Ago-17	FA	19,445	7,113	3,954	6,517	0,569	2,743	0,259	0,447	0,440	34,134	9,336
Ago-17	GI	20,160	8,483	5,348	5,373	0,633	2,666	0,285	0,645	0,322	38,778	12,907
Ago-17	FR	17,170	6,933	5,173	5,573	1,143	2,809	0,251	0,440	0,406	39,348	12,865
Ago-17	CB	12,604	7,428	5,060	10,739	1,023	2,751	0,528	0,429	0,584	19,952	19,743
Ago-17	PI	19,156	7,447	3,622	9,323	0,904	2,722	0,258	0,325	0,299	21,860	10,611
Ago-17	BR	20,759	9,803	0,989	5,794	0,173	2,527	0,048	0,334	0,042	36,407	5,045
Ago-17	AR	16,289	10,475	5,167	6,819	1,043	3,018	0,658	0,401	0,387	50,808	15,439
Ago-17	CR	22,722	10,165	4,868	7,072	0,737	2,902	0,404	0,508	0,369	40,369	11,889
Ago-17	HG	29,244	15,396	2,578	8,502	0,376	3,321	0,180	1,150	0,164	39,353	3,771
Ago-17	SA	38,498	11,321	4,221	12,516	0,692	3,009	0,268	0,567	0,340	29,105	10,065
Ago-17	PV	23,200	8,083	4,437	10,378	0,996	2,898	0,333	0,406	0,340	43,040	16,253
Ago-17	LG	21,190	7,433	4,525	9,206	1,061	3,065	0,271	0,331	0,348	32,413	14,728
Ago-17	CZ	29,201	10,898	5,633	8,607	0,915	3,976	0,290	0,834	0,419	31,145	16,159
Ago-17	HV	25,834	8,973	4,975	11,071	0,985	3,619	0,328	0,430	0,347	28,455	15,305
Ago-17	UC	22,344	7,409	4,205	18,049	1,209	2,630	0,317	0,234	0,329	18,768	12,008
Ago-17	CA	31,744	9,939	5,582	18,976	1,750	3,973	0,486	0,343	0,437	30,663	20,952
Ago-17	CO	25,109	10,857	3,754	24,691	1,125	2,887	0,262	0,589	0,248	31,912	11,505

Ago-17	RO	24,098	34,892	6,706	157,307	7,095	6,123	0,791	0,469	0,310	31,969	16,725
Ago-17	OB	21,841	6,609	4,455	13,740	1,428	2,044	0,313	0,179	0,233	15,895	20,819
Ago-17	PR	23,117	15,124	9,043	16,666	1,360	8,977	0,931	0,225	0,293	33,404	27,496
Ago-17	CP	19,466	5,698	3,949	7,030	0,871	2,492	0,273	0,170	0,264	20,564	16,703
Set-17	RI	27,377	6,305	2,700	5,518	0,408	2,608	0,240	0,513	0,245	31,350	9,853
Set-17	MA	33,315	8,762	3,049	8,498	0,593	3,006	0,376	0,732	0,268	46,851	20,670
Set-17	FA	27,069	7,944	3,962	7,740	0,523	3,392	0,352	0,600	0,397	35,269	13,771
Set-17	GI	26,961	11,372	6,523	8,513	0,762	3,845	0,394	0,848	0,383	35,237	19,755
Set-17	FR	25,165	7,649	4,807	6,779	1,067	3,344	0,333	0,602	0,359	40,667	16,012
Set-17	CB	29,415	10,705	3,241	12,563	0,761	3,610	0,380	0,391	0,265	48,365	18,925
Set-17	PI	26,933	5,540	3,811	8,031	1,136	2,239	0,694	0,245	0,233	31,960	24,165
Set-17	BR	42,361	3,989	3,662	3,815	0,609	1,620	0,608	0,441	0,606	31,633	23,197
Set-17	AR	30,534	8,575	5,975	9,661	0,934	3,071	0,777	0,615	0,502	35,224	22,643
Set-17	CR	27,488	10,786	5,931	7,478	0,643	3,513	0,332	0,882	0,376	32,391	15,194
Set-17	HG	25,903	12,155	5,123	8,731	0,544	3,467	0,269	1,111	0,323	41,065	12,999
Set-17	SA	30,653	8,658	4,717	9,413	0,777	3,296	0,382	0,670	0,313	131,417	20,059
Set-17	PV	30,079	5,748	4,045	7,359	1,044	2,374	0,468	0,513	0,279	48,014	33,407
Set-17	LG	25,635	6,590	4,285	8,283	1,052	2,719	0,369	0,422	0,313	40,214	24,068
Set-17	CZ	33,587	11,735	6,483	9,053	0,810	4,316	0,319	1,061	0,458	29,898	18,316
Set-17	HV	29,795	11,023	5,555	11,124	0,891	4,323	0,378	0,659	0,369	33,797	18,476
Set-17	UC	29,290	8,937	5,145	13,130	1,236	3,756	0,428	0,522	0,311	52,055	18,132
Set-17	CA	56,400	9,374	4,248	15,994	1,495	2,859	0,855	0,374	0,420	35,342	26,568
Set-17	CO	47,934	5,116	0,729	12,803	0,429	0,854	0,179	0,142	0,038	28,325	6,512
Set-17	RO	35,411	46,762	7,625	149,647	8,791	5,086	0,558	0,855	0,699	37,324	34,154
Set-17	OB	34,144	9,728	6,013	14,053	1,098	6,217	0,853	0,337	0,256	28,855	26,532
Set-17	PR	39,840	17,994	9,919	19,730	1,015	15,906	2,000	0,471	0,324	57,266	40,106
Set-17	CP	35,367	4,847	3,012	5,284	0,731	2,165	0,534	0,209	0,196	21,908	19,598
nov-17	RI	34,018	6,593	3,323	5,176	0,347	3,512	0,224	0,619	0,307	22,005	5,737
nov-17	MA	31,650	8,520	6,407	5,847	0,578	4,035	0,464	0,858	0,544	7,875	19,655
nov-17	FA	28,447	7,959	4,884	8,204	0,406	4,427	0,421	0,623	0,484	24,821	11,308
nov-17	GI	31,308	14,929	10,979	7,604	0,890	5,258	0,516	1,508	0,563	18,568	27,432
nov-17	FR	23,104	6,956	7,043	5,305	2,009	4,170	0,354	0,637	0,366	41,199	16,740
nov-17	CB	35,696	7,511	4,973	17,529	0,545	4,464	0,452	0,510	0,344	26,486	14,925
nov-17	PI	40,853	6,089	5,232	22,933	1,085	3,870	0,614	0,377	0,241	7,907	19,830
nov-17	BR	41,262	7,898	8,425	7,930	0,964	4,892	0,979	0,898	0,405	19,103	28,011
nov-17	AR	32,952	11,260	9,095	18,350	1,151	4,575	1,065	1,003	0,514	23,230	29,295
nov-17	CR	32,780	10,822	6,402	6,849	0,431	3,793	0,197	1,291	0,376	21,566	13,937
nov-17	HG	20,978	10,284	6,859	10,212	0,613	3,568	0,296	1,300	0,429	51,451	20,033
nov-17	SA	23,381	8,905	5,886	8,364	0,595	4,507	0,411	0,932	0,321	17,132	16,707
nov-17	PV	33,266	7,070	4,127	9,151	0,494	4,680	0,296	0,778	0,205	20,158	13,520
nov-17	LG	30,194	6,690	5,557	8,029	0,721	4,139	0,691	0,525	0,238	22,084	24,154
nov-17	CZ	45,656	12,153	8,693	9,822	0,971	5,505	0,397	1,239	0,632	17,483	25,789
nov-17	HV	29,964	12,360	5,207	13,247	0,879	5,032	0,489	0,487	0,304	43,039	21,808
nov-17	UC	34,369	8,657	6,102	13,935	2,066	4,774	0,633	0,526	0,233	24,236	21,984
nov-17	CA	46,823	8,103	5,762	17,427	1,164	4,387	0,790	0,621	0,341	20,132	23,692
nov-17	CO	49,193	13,541	6,152	68,992	0,899	5,570	0,337	1,232	0,299	24,374	19,378
nov-17	RO	47,706	26,211	7,835	89,656	3,818	7,563	0,484	0,551	0,287	23,941	20,959
nov-17	OB	39,527	9,461	6,667	17,456	1,218	4,754	0,564	0,488	0,271	20,349	25,606
nov-17	PR	44,989	12,846	11,477	14,946	1,090	8,793	0,905	0,377	0,395	49,795	43,472
nov-17	CP	35,461	7,011	7,054	7,467	0,800	4,577	0,826	0,275	0,237	10,938	29,579
Dec-17	RI	33,662	7,365	6,016	5,109	0,472	3,827	0,777	0,872	0,359	16,105	20,205

Dec-17	MA	33,306	8,137	8,708	5,041	0,597	4,142	1,330	1,125	0,411	10,204	34,673
Dec-17	FA	18,484	18,590	17,032	14,310	1,110	15,973	4,030	2,150	0,891	55,146	92,463
Dec-17	GI	23,432	12,908	11,275	9,630	0,920	5,458	1,328	3,605	0,469	19,005	42,789
Dec-17	FR	17,896	9,305	10,733	6,556	0,469	4,661	1,138	1,039	0,307	23,306	27,722
Dec-17	CB	24,496	12,936	10,145	9,750	0,783	7,114	1,646	1,450	0,487	28,132	41,608
Dec-17	PI	18,659	5,362	6,775	6,125	0,757	4,066	1,670	0,497	0,238	9,926	30,540
Dec-17	BR	21,820	4,687	6,542	4,767	0,841	3,406	1,533	0,618	0,257	10,734	30,731
Dec-17	AR	26,228	7,824	11,249	5,791	1,393	5,288	3,390	1,077	0,426	18,992	41,789
Dec-17	CR	21,995	12,023	6,857	8,574	0,588	5,126	0,617	1,452	0,271	31,611	25,014
Dec-17	HG	21,983	11,902	9,798	9,894	0,772	5,144	0,991	1,790	0,379	31,070	39,140
Dec-17	SA	22,264	8,173	8,128	7,152	0,709	5,837	1,313	1,060	0,315	15,518	33,627
Dec-17	PV	23,864	8,387	7,526	5,738	0,511	5,088	0,866	1,321	0,301	17,535	32,089
Dec-17	LG	26,414	6,089	6,760	7,217	0,539	4,579	1,274	0,625	0,196	17,028	29,450
Dec-17	CZ	29,244	10,335	8,732	9,453	0,896	5,015	0,956	1,212	0,423	20,694	32,147
Dec-17	HV	20,092	6,952	7,706	8,643	0,946	4,396	1,480	0,608	0,259	13,527	31,511
Dec-17	UC	33,599	6,812	7,336	9,117	0,755	4,028	1,127	0,657	0,239	16,954	29,142
Dec-17	CA	16,280	8,740	8,230	11,379	0,752	5,000	1,427	1,022	0,272	22,139	36,333
Dec-17	CO	24,971	12,984	8,789	17,383	0,831	5,757	0,686	1,086	0,276	26,962	30,848
Dec-17	RO	18,998	22,343	10,545	63,277	3,546	6,965	1,154	0,763	0,453	31,049	40,985
Dec-17	OB	25,082	12,704	12,455	25,950	1,669	5,370	1,310	0,561	0,254	40,026	38,773
Dec-17	PR	16,240	48,068	46,037	38,622	3,088	30,438	6,307	1,060	0,927	119,332	198,147
Dec-17	CP	28,986	8,601	8,757	13,544	1,003	4,842	1,137	0,487	0,229	22,664	32,600
feb-18	RI	32,418	7,932	6,965	5,552	0,617	5,104	0,874	1,175	0,405	14,915	24,175
feb-18	MA	31,174	8,499	7,915	5,996	0,762	6,380	0,970	1,477	0,452	13,725	28,146
feb-18	FA	24,829	13,545	12,473	10,153	0,936	11,176	2,500	1,813	0,671	34,436	60,304
feb-18	GI	44,855	14,911	14,505	9,455	1,531	7,470	1,640	2,110	0,739	42,937	44,209
feb-18	FR	25,402	9,253	10,156	7,009	0,749	5,565	1,224	0,996	0,432	25,635	32,471
feb-18	CB	32,908	9,202	9,578	7,463	1,030	6,470	1,310	0,954	0,557	27,963	37,220
feb-18	PI	32,430	11,155	8,215	12,157	1,272	8,270	2,000	1,083	0,310	28,530	36,369
feb-18	BR	58,440	11,378	14,944	12,323	1,706	9,110	2,500	2,293	0,506	27,250	43,761
feb-18	AR	25,345	12,820	13,903	11,364	2,323	7,360	2,630	1,411	0,595	30,569	47,690
feb-18	CR	33,365	12,306	10,523	8,818	1,056	6,354	1,157	1,721	0,505	31,210	33,466
feb-18	HG	31,316	11,881	10,230	7,834	0,999	6,490	0,990	1,815	0,457	35,205	31,254
feb-18	SA	35,292	10,411	10,501	9,410	1,107	6,330	1,380	1,508	0,553	15,087	33,385
feb-18	PV	38,860	9,758	8,065	9,325	0,986	5,990	0,810	1,190	0,397	14,031	33,457
feb-18	LG	32,568	9,001	7,680	9,566	0,932	6,280	1,361	0,966	0,301	19,863	33,092
feb-18	CZ	30,541	10,406	9,659	9,311	0,988	6,105	1,075	1,404	0,417	23,271	31,234
feb-18	HV	31,064	9,003	10,016	10,647	1,070	6,810	1,280	1,185	0,372	13,914	30,301
feb-18	UC	32,866	9,755	9,060	12,612	1,115	6,340	1,380	0,874	0,363	13,708	31,264
feb-18	CA	35,096	9,819	9,640	12,720	1,487	6,700	1,460	1,176	0,372	13,765	36,534
feb-18	CO	38,542	10,618	10,103	13,186	1,231	6,140	0,820	1,485	0,491	13,708	30,025
feb-18	RO	29,092	25,835	14,332	70,543	5,198	9,110	1,310	1,120	0,489	15,692	38,842
feb-18	OB	19,489	12,193	11,733	19,666	2,185	7,070	1,580	0,892	0,388	13,784	36,413
feb-18	PR	25,191	15,547	18,431	20,003	1,677	10,270	1,840	0,775	0,498	28,901	46,230
feb-18	CP	21,611	7,945	7,512	11,407	1,099	4,851	1,088	0,625	0,245	15,016	27,228

APPENDICE C Calcolo del rischio totale cancerogeno e non per adulti e bambini per mese

Period	Site	Carcinogenic Total Risk	Non-Carcinogenic Total Risk	Non-Carcinogenic Total Risk
		Adults	Adults	Children
01/12/2016	RI	4,3E-07	7,6E-01	1,8E+00
02/12/2016	MA	5,2E-07	8,8E-01	2,1E+00

03/12/2016	FA	4,3E-07	8,3E-01	1,9E+00
04/12/2016	GI	4,9E-07	1,2E+00	2,7E+00
05/12/2016	FR	4,9E-07	1,0E+00	2,4E+00
06/12/2016	CB	6,5E-07	1,0E+00	2,4E+00
07/12/2016	PI	5,5E-07	8,6E-01	2,0E+00
08/12/2016	BR	5,9E-07	8,1E-01	1,9E+00
09/12/2016	AR	9,3E-07	9,9E-01	2,3E+00
10/12/2016	CR	5,6E-07	1,1E+00	2,7E+00
11/12/2016	HG	6,2E-07	1,1E+00	2,5E+00
12/12/2016	SA	6,6E-07	1,1E+00	2,7E+00
13/12/2016	PV	6,2E-07	9,6E-01	2,2E+00
14/12/2016	LG	6,5E-07	9,1E-01	2,1E+00
15/12/2016	CZ	6,6E-07	1,1E+00	2,6E+00
16/12/2016	HV	6,8E-07	1,1E+00	2,6E+00
17/12/2016	UC	6,7E-07	1,1E+00	2,6E+00
18/12/2016	CA	9,1E-07	1,4E+00	3,4E+00
19/12/2016	CO	8,3E-07	1,4E+00	3,3E+00
20/12/2016	RO	1,3E-06	2,1E+00	4,9E+00
21/12/2016	OB	9,1E-07	1,5E+00	3,4E+00
22/12/2016	PR	1,5E-06	2,5E+00	5,9E+00
23/12/2016	CP	7,7E-07	1,2E+00	2,8E+00
01/01/2017	RI	7,6E-07	7,8E-01	1,8E+00
02/01/2017	MA	5,3E-07	8,1E-01	1,9E+00
03/01/2017	FA	4,4E-07	9,3E-01	2,2E+00
04/01/2017	GI	4,5E-07	1,0E+00	2,3E+00
05/01/2017	FR	6,3E-07	1,1E+00	2,5E+00
06/01/2017	CB	6,3E-07	9,3E-01	2,2E+00
07/01/2017	PI	1,1E-06	7,6E-01	1,8E+00
08/01/2017	BR	5,1E-07	7,6E-01	1,8E+00
09/01/2017	AR	6,1E-07	9,5E-01	2,2E+00
10/01/2017	CR	6,1E-07	1,2E+00	2,9E+00
11/01/2017	HG	6,3E-07	1,1E+00	2,5E+00
12/01/2017	SA	8,5E-07	1,2E+00	2,8E+00
13/01/2017	PV	8,0E-07	9,5E-01	2,2E+00
14/01/2017	LG	7,2E-07	8,7E-01	2,0E+00
15/01/2017	CZ	7,1E-07	1,2E+00	2,7E+00
16/01/2017	HV	8,4E-07	1,3E+00	3,0E+00
17/01/2017	UC	7,2E-07	1,2E+00	2,8E+00
18/01/2017	CA	1,8E-07	1,5E+00	3,5E+00
19/01/2017	CO	9,6E-07	1,4E+00	3,4E+00
20/01/2017	RO	1,3E-06	2,0E+00	4,6E+00
21/01/2017	OB	1,1E-06	1,5E+00	3,4E+00
22/01/2017	PR	1,8E-06	2,2E+00	5,2E+00
23/01/2017	CP	7,1E-07	1,1E+00	2,5E+00
01/02/2017	RI	4,5E-07	6,0E-01	1,4E+00
02/02/2017	MA	3,5E-07	6,1E-01	1,4E+00
03/02/2017	FA	3,3E-07	4,9E-01	1,1E+00
04/02/2017	GI	1,2E-07	6,9E-01	1,6E+00
05/02/2017	FR	3,2E-07	6,1E-01	1,4E+00
06/02/2017	CB	2,2E-07	4,1E-01	9,5E-01
07/02/2017	PI	4,6E-07	4,5E-01	1,1E+00
08/02/2017	BR	2,6E-07	5,3E-01	1,2E+00

09/02/2017	AR	9,5E-08	3,6E-01	8,4E-01
10/02/2017	CR	5,6E-08	3,3E-01	7,8E-01
11/02/2017	HG	3,0E-07	6,0E-01	1,4E+00
12/02/2017	SA	1,8E-07	3,8E-01	8,9E-01
13/02/2017	PV	5,1E-07	6,8E-01	1,6E+00
14/02/2017	LG	3,8E-07	5,4E-01	1,3E+00
15/02/2017	CZ	3,8E-07	6,3E-01	1,5E+00
16/02/2017	HV	4,2E-07	6,4E-01	1,5E+00
17/02/2017	UC	3,9E-07	7,9E-01	1,8E+00
18/02/2017	CA	5,5E-07	8,8E-01	2,1E+00
19/02/2017	CO	6,3E-07	1,0E+00	2,4E+00
20/02/2017	RO	1,3E-06	2,1E+00	4,8E+00
21/02/2017	OB	7,2E-07	1,2E+00	2,7E+00
22/02/2017	PR	7,8E-07	1,8E+00	4,1E+00
23/02/2017	CP	6,5E-07	1,1E+00	2,5E+00
01/03/2017	RI	5,7E-08	3,2E-01	7,4E-01
02/03/2017	MA	7,5E-08	3,7E-01	8,6E-01
03/03/2017	FA	7,0E-08	3,0E-01	7,0E-01
04/03/2017	GI	8,8E-08	5,7E-01	1,3E+00
05/03/2017	FR	1,0E-07	4,3E-01	1,0E+00
06/03/2017	CB	2,1E-07	3,5E-01	8,3E-01
07/03/2017	PI	2,4E-07	2,9E-01	6,8E-01
08/03/2017	BR	1,0E-07	3,3E-01	7,7E-01
09/03/2017	AR	1,0E-07	3,3E-01	7,6E-01
10/03/2017	CR	9,3E-08	4,7E-01	1,1E+00
11/03/2017	HG	1,0E-07	4,2E-01	9,8E-01
12/03/2017	SA	2,0E-07	4,2E-01	9,8E-01
13/03/2017	PV	2,8E-07	4,3E-01	1,0E+00
14/03/2017	LG	1,6E-07	3,6E-01	8,5E-01
15/03/2017	CZ	1,0E-07	1,3E-01	3,0E-01
16/03/2017	HV	1,2E-07	3,8E-01	8,9E-01
17/03/2017	UC	1,5E-07	4,6E-01	1,1E+00
18/03/2017	CA	2,2E-07	6,3E-01	1,5E+00
19/03/2017	CO	2,2E-07	6,9E-01	1,6E+00
20/03/2017	RO	5,5E-07	1,6E+00	3,8E+00
21/03/2017	OB	2,3E-07	7,1E-01	1,6E+00
22/03/2017	PR	5,5E-07	1,7E+00	4,0E+00
23/03/2017	CP	1,7E-07	4,8E-01	1,1E+00
01/04/2017	RI	1,7E-07	2,6E-01	6,0E-01
02/04/2017	MA	2,3E-07	4,0E-01	9,4E-01
03/04/2017	FA	2,2E-07	3,3E-01	7,6E-01
04/04/2017	GI	2,5E-07	4,1E-01	9,4E-01
05/04/2017	FR	7,7E-08	2,4E-01	5,6E-01
06/04/2017	CB	3,4E-07	3,5E-01	8,2E-01
07/04/2017	PI	3,6E-07	3,0E-01	6,9E-01
08/04/2017	BR	1,5E-07	3,3E-01	7,7E-01
09/04/2017	AR	2,4E-07	3,1E-01	7,2E-01
10/04/2017	CR	2,9E-07	3,9E-01	9,0E-01
11/04/2017	HG	2,8E-07	4,5E-01	1,0E+00
12/04/2017	SA	3,4E-07	4,0E-01	9,4E-01
13/04/2017	PV	3,3E-07	3,6E-01	8,3E-01
14/04/2017	LG	3,7E-07	3,4E-01	7,9E-01
15/04/2017	CZ	3,0E-07	3,5E-01	8,2E-01

16/04/2017	HV	3,1E-07	2,6E-01	6,0E-01
17/04/2017	UC	3,0E-07	4,4E-01	1,0E+00
18/04/2017	CA	4,5E-07	5,9E-01	1,4E+00
19/04/2017	CO	5,0E-07	4,5E-01	1,0E+00
20/04/2017	RO	1,2E-06	1,7E+00	3,9E+00
21/04/2017	OB	5,1E-07	4,9E-01	1,1E+00
22/04/2017	PR	1,1E-06	1,2E+00	2,9E+00
23/04/2017	CP	3,3E-07	3,9E-01	9,1E-01
01/05/2017	RI	2,7E-07	2,7E-01	6,3E-01
02/05/2017	MA	2,2E-07	2,7E-01	6,2E-01
03/05/2017	FA	1,4E-07	2,9E-01	6,7E-01
04/05/2017	GI	1,8E-07	3,8E-01	8,9E-01
05/05/2017	FR	1,9E-07	3,4E-01	7,9E-01
06/05/2017	CB	2,5E-07	3,2E-01	7,5E-01
07/05/2017	PI	8,4E-08	2,6E-01	6,1E-01
08/05/2017	BR	1,3E-07	1,9E-01	4,5E-01
09/05/2017	AR	1,7E-07	2,9E-01	6,8E-01
10/05/2017	CR	1,8E-07	3,6E-01	8,5E-01
11/05/2017	HG	1,4E-07	2,4E-01	5,7E-01
12/05/2017	SA	2,4E-07	2,3E-01	5,4E-01
13/05/2017	PV	2,1E-07	2,4E-01	5,6E-01
14/05/2017	LG	2,0E-07	2,7E-01	6,3E-01
15/05/2017	CZ	2,1E-07	3,1E-01	7,2E-01
16/05/2017	HV	2,5E-07	3,1E-01	7,2E-01
17/05/2017	UC	2,1E-07	4,0E-01	9,3E-01
18/05/2017	CA	4,8E-07	7,6E-01	1,8E+00
19/05/2017	CO	3,8E-07	7,1E-01	1,6E+00
20/05/2017	RO	1,5E-06	3,4E+00	8,0E+00
21/05/2017	OB	2,9E-07	2,1E-01	4,9E-01
22/05/2017	PR	6,5E-07	7,4E-01	1,7E+00
23/05/2017	CP	1,8E-07	2,7E-01	6,3E-01
01/07/2017	RI	1,5E-07	1,9E-01	4,4E-01
02/07/2017	MA	3,9E-07	4,0E-01	9,2E-01
03/07/2017	FA	3,6E-07	5,6E-01	1,3E+00
04/07/2017	GI	2,9E-07	4,1E-01	9,6E-01
05/07/2017	FR	4,5E-07	6,0E-01	1,4E+00
06/07/2017	CB	1,5E-07	1,5E-01	3,6E-01
07/07/2017	PI	5,0E-07	5,3E-01	1,2E+00
08/07/2017	BR	6,0E-07	8,3E-01	1,9E+00
09/07/2017	AR	3,8E-07	4,6E-01	1,1E+00
10/07/2017	CR	4,2E-07	5,7E-01	1,3E+00
11/07/2017	HG	4,0E-07	6,1E-01	1,4E+00
12/07/2017	SA	3,5E-07	4,7E-01	1,1E+00
13/07/2017	PV	4,3E-07	4,7E-01	1,1E+00
14/07/2017	LG	4,6E-07	4,3E-01	1,0E+00
15/07/2017	CZ	4,8E-07	4,7E-01	1,1E+00
16/07/2017	HV	4,0E-07	3,5E-01	8,1E-01
17/07/2017	UC	7,3E-07	6,4E-01	1,5E+00
18/07/2017	CA	9,0E-07	9,8E-01	2,3E+00
19/07/2017	CO	9,5E-07	1,4E+00	3,3E+00
20/07/2017	RO	1,8E-06	2,6E+00	6,1E+00
21/07/2017	OB	8,8E-07	8,2E-01	1,9E+00
22/07/2017	PR	9,8E-07	1,2E+00	2,8E+00

23/07/2017	CP	5,2E-07	5,8E-01	1,3E+00
01/08/2017	RI	1,5E-07	2,9E-01	6,8E-01
02/08/2017	MA	2,3E-07	3,9E-01	9,2E-01
03/08/2017	FA	2,5E-07	4,2E-01	9,8E-01
04/08/2017	GI	2,5E-07	4,7E-01	1,1E+00
05/08/2017	FR	2,7E-07	4,2E-01	9,8E-01
06/08/2017	CB	3,1E-07	6,2E-01	1,4E+00
07/08/2017	PI	2,4E-07	4,4E-01	1,0E+00
08/08/2017	BR	9,4E-08	4,3E-01	1,0E+00
09/08/2017	AR	3,1E-07	5,6E-01	1,3E+00
10/08/2017	CR	2,6E-07	5,6E-01	1,3E+00
11/08/2017	HG	1,7E-07	6,7E-01	1,6E+00
12/08/2017	SA	3,0E-07	6,7E-01	1,6E+00
13/08/2017	PV	3,5E-07	5,1E-01	1,2E+00
14/08/2017	LG	3,5E-07	4,6E-01	1,1E+00
15/08/2017	CZ	3,9E-07	5,9E-01	1,4E+00
16/08/2017	HV	4,0E-07	5,4E-01	1,3E+00
17/08/2017	UC	4,2E-07	5,4E-01	1,3E+00
18/08/2017	CA	6,1E-07	8,2E-01	1,9E+00
19/08/2017	CO	4,4E-07	7,1E-01	1,7E+00
20/08/2017	RO	1,8E-06	3,3E+00	7,6E+00
21/08/2017	OB	3,4E-07	4,9E-01	1,1E+00
22/08/2017	PR	7,4E-07	8,6E-01	2,0E+00
23/08/2017	CP	2,9E-07	3,8E-01	8,9E-01
01/09/2017	RI	1,7E-07	3,5E-01	8,1E-01
02/09/2017	MA	2,2E-07	5,1E-01	1,2E+00
03/09/2017	FA	2,6E-07	4,6E-01	1,1E+00
04/09/2017	GI	3,2E-07	6,3E-01	1,5E+00
05/09/2017	FR	2,7E-07	4,5E-01	1,1E+00
06/09/2017	CB	3,0E-07	6,6E-01	1,5E+00
07/09/2017	PI	3,2E-07	4,7E-01	1,1E+00
08/09/2017	BR	2,0E-07	3,8E-01	8,9E-01
09/09/2017	AR	3,4E-07	5,6E-01	1,3E+00
10/09/2017	CR	2,9E-07	5,9E-01	1,4E+00
11/09/2017	HG	2,7E-07	6,2E-01	1,5E+00
12/09/2017	SA	3,3E-07	5,5E-01	1,3E+00
13/09/2017	PV	3,1E-07	4,7E-01	1,1E+00
14/09/2017	LG	3,3E-07	4,6E-01	1,1E+00
15/09/2017	CZ	4,1E-07	6,3E-01	1,5E+00
16/09/2017	HV	4,0E-07	6,2E-01	1,4E+00
17/09/2017	UC	4,2E-07	5,9E-01	1,4E+00
18/09/2017	CA	5,0E-07	9,5E-01	2,2E+00
19/09/2017	CO	1,4E-07	4,4E-01	1,0E+00
20/09/2017	RO	2,0E-06	4,7E+00	1,1E+01
21/09/2017	OB	5,2E-07	7,1E-01	1,7E+00
22/09/2017	PR	9,3E-07	1,2E+00	2,7E+00
23/09/2017	CP	2,1E-07	3,8E-01	8,8E-01
01/11/2017	RI	1,9E-07	3,4E-01	8,0E-01
02/11/2017	MA	3,0E-07	4,8E-01	1,1E+00
03/11/2017	FA	3,3E-07	4,4E-01	1,0E+00
04/11/2017	GI	4,0E-07	7,8E-01	1,8E+00
05/11/2017	FR	3,4E-07	4,1E-01	9,7E-01

06/11/2017	CB	3,6E-07	5,4E-01	1,3E+00
07/11/2017	PI	4,4E-07	4,9E-01	1,2E+00
08/11/2017	BR	4,0E-07	5,9E-01	1,4E+00
09/11/2017	AR	5,1E-07	7,3E-01	1,7E+00
10/11/2017	CR	3,0E-07	5,8E-01	1,3E+00
11/11/2017	HG	3,5E-07	6,0E-01	1,4E+00
12/11/2017	SA	3,8E-07	5,2E-01	1,2E+00
13/11/2017	PV	3,1E-07	5,2E-01	1,2E+00
14/11/2017	LG	3,5E-07	4,8E-01	1,1E+00
15/11/2017	CZ	5,6E-07	6,9E-01	1,6E+00
16/11/2017	HV	3,9E-07	6,8E-01	1,6E+00
17/11/2017	UC	5,2E-07	6,6E-01	1,5E+00
18/11/2017	CA	5,3E-07	6,0E-01	1,4E+00
19/11/2017	CO	7,9E-07	9,9E-01	2,3E+00
20/11/2017	RO	1,6E-06	2,3E+00	5,4E+00
21/11/2017	OB	6,0E-07	8,3E-01	1,9E+00
22/11/2017	PR	8,5E-07	8,4E-01	2,0E+00
23/11/2017	CP	4,5E-07	4,8E-01	1,1E+00
01/12/2017	RI	2,7E-07	4,3E-01	1,0E+00
02/12/2017	MA	3,4E-07	5,2E-01	1,2E+00
03/12/2017	FA	7,0E-07	1,2E+00	2,8E+00
04/12/2017	GI	4,3E-07	8,2E-01	1,9E+00
05/12/2017	FR	2,8E-07	6,3E-01	1,5E+00
06/12/2017	CB	4,3E-07	7,5E-01	1,7E+00
07/12/2017	PI	3,8E-07	4,1E-01	9,6E-01
08/12/2017	BR	3,0E-07	3,7E-01	8,6E-01
09/12/2017	AR	5,1E-07	5,6E-01	1,3E+00
10/12/2017	CR	2,8E-07	6,7E-01	1,6E+00
11/12/2017	HG	3,9E-07	7,6E-01	1,8E+00
12/12/2017	SA	3,8E-07	5,3E-01	1,2E+00
13/12/2017	PV	3,2E-07	5,0E-01	1,2E+00
14/12/2017	LG	3,2E-07	4,8E-01	1,1E+00
15/12/2017	CZ	4,6E-07	6,6E-01	1,5E+00
16/12/2017	HV	4,3E-07	5,4E-01	1,2E+00
17/12/2017	UC	3,9E-07	5,3E-01	1,2E+00
18/12/2017	CA	4,9E-07	6,4E-01	1,5E+00
19/12/2017	CO	5,3E-07	9,8E-01	2,3E+00
20/12/2017	RO	1,4E-06	2,2E+00	5,0E+00
21/12/2017	OB	8,3E-07	1,1E+00	2,6E+00
22/12/2017	PR	3,1E-06	3,1E+00	7,3E+00
23/12/2017	CP	5,3E-07	6,8E-01	1,6E+00
01/01/2018	RI	3,3E-07	4,3E-01	1,0E+00
02/01/2018	MA	4,0E-07	5,2E-01	1,2E+00
03/01/2018	FA	5,5E-07	1,2E+00	2,8E+00
04/01/2018	GI	5,8E-07	8,2E-01	1,9E+00
05/01/2018	FR	3,9E-07	6,3E-01	1,5E+00
06/01/2018	CB	5,0E-07	7,5E-01	1,7E+00
07/01/2018	PI	5,6E-07	4,1E-01	9,6E-01
08/01/2018	BR	7,6E-07	3,7E-01	8,6E-01
09/01/2018	AR	6,8E-07	5,6E-01	1,3E+00
10/01/2018	CR	4,7E-07	6,7E-01	1,6E+00
11/01/2018	HG	4,8E-07	7,6E-01	1,8E+00
12/01/2018	SA	5,4E-07	5,3E-01	1,2E+00

13/01/2018	PV	4,8E-07	5,0E-01	1,2E+00
14/01/2018	LG	4,5E-07	4,8E-01	1,1E+00
15/01/2018	CZ	5,0E-07	6,6E-01	1,5E+00
16/01/2018	HV	5,8E-07	5,4E-01	1,2E+00
17/01/2018	UC	6,1E-07	5,3E-01	1,2E+00
18/01/2018	CA	6,4E-07	6,4E-01	1,5E+00
19/01/2018	CO	6,9E-07	9,8E-01	2,3E+00
20/01/2018	RO	1,9E-06	2,2E+00	5,0E+00
21/01/2018	OB	7,8E-07	1,1E+00	2,6E+00
22/01/2018	PR	1,1E-06	3,1E+00	7,3E+00
23/01/2018	CP	4,7E-07	6,8E-01	1,6E+00

APPENDICE D Rischio cancerogeno variabilità mensile (dettaglio dei singoli metalli)

RISCHIO CANCEROGENO TOTALE ADULTI						
MOUNTH	SITE	Cr_sol	Ni_	Pb_	As_	somma
dec 2016	RI	3,44E-07	4,95E-08	2,04E-09	3,91E-08	4,34E-07
dec 2016	MA	4,27E-07	4,62E-08	1,93E-09	4,59E-08	5,21E-07
dec 2016	FA	3,03E-07	6,06E-08	1,94E-09	6,15E-08	4,27E-07
dec 2016	GI	3,76E-07	6,73E-08	2,19E-09	4,78E-08	4,94E-07
dec 2016	FR	3,87E-07	5,63E-08	2,10E-09	4,62E-08	4,91E-07
dec 2016	CB	5,12E-07	7,88E-08	2,30E-09	5,41E-08	6,47E-07
dec 2016	PI	4,38E-07	6,43E-08	1,91E-09	4,78E-08	5,52E-07
dec 2016	BR	4,86E-07	5,17E-08	2,36E-09	5,27E-08	5,92E-07
dec 2016	AR	8,15E-07	5,92E-08	2,44E-09	5,12E-08	9,28E-07
dec 2016	CR	4,47E-07	7,00E-08	2,28E-09	4,16E-08	5,61E-07
dec 2016	HG	5,11E-07	5,99E-08	2,32E-09	4,82E-08	6,21E-07
dec 2016	SA	5,42E-07	7,24E-08	2,28E-09	4,79E-08	6,65E-07
dec 2016	PV	4,97E-07	7,54E-08	2,10E-09	4,81E-08	6,23E-07
dec 2016	LG	5,19E-07	7,68E-08	2,24E-09	4,70E-08	6,45E-07
dec 2016	CZ	5,26E-07	6,80E-08	2,25E-09	6,57E-08	6,62E-07
dec 2016	HV	5,42E-07	7,62E-08	2,17E-09	5,56E-08	6,75E-07
dec 2016	UC	5,35E-07	8,52E-08	2,13E-09	5,07E-08	6,73E-07
dec 2016	CA	7,41E-07	1,06E-07	2,72E-09	5,67E-08	9,07E-07
dec 2016	CO	6,32E-07	1,31E-07	2,46E-09	6,15E-08	8,27E-07
dec 2016	RO	9,27E-07	2,60E-07	3,05E-09	1,15E-07	1,31E-06
dec 2016	OB	7,27E-07	1,27E-07	2,61E-09	5,63E-08	9,13E-07
dec 2016	PR	1,27E-06	2,04E-07	5,24E-09	6,70E-08	1,55E-06
dec 2016	CP	6,20E-07	9,25E-08	2,46E-09	5,28E-08	7,68E-07

RISCHIO CANCEROGENO TOTALE ADULTI						
MOUNTH	SITE	Cr_sol	Ni_	Pb_	As_	somma
jan 2017	RI	6,6E-07	4,1E-08	1,5E-09	5,4E-08	7,6E-07
jan 2017	MA	4,4E-07	3,8E-08	1,7E-09	5,3E-08	5,3E-07
jan 2017	FA	3,1E-07	6,7E-08	1,8E-09	6,2E-08	4,4E-07
jan 2017	GI	3,5E-07	5,1E-08	1,5E-09	4,6E-08	4,5E-07
jan 2017	FR	5,1E-07	5,3E-08	1,8E-09	5,8E-08	6,3E-07
jan 2017	CB	5,1E-07	6,4E-08	1,7E-09	5,1E-08	6,3E-07
jan 2017	PI	1,0E-06	5,1E-08	1,5E-09	5,1E-08	1,1E-06
jan 2017	BR	3,8E-07	7,8E-08	1,5E-09	5,0E-08	5,1E-07
jan 2017	AR	4,9E-07	5,9E-08	1,4E-09	5,3E-08	6,1E-07
jan 2017	CR	4,8E-07	6,3E-08	1,6E-09	5,8E-08	6,1E-07

jan 2017	HG	5,0E-07	5,7E-08	1,4E-09	7,1E-08	6,3E-07
jan 2017	SA	7,0E-07	7,6E-08	1,6E-09	6,5E-08	8,5E-07
jan 2017	PV	6,7E-07	6,7E-08	1,7E-09	6,3E-08	8,0E-07
jan 2017	LG	6,0E-07	5,6E-08	1,6E-09	6,0E-08	7,2E-07
jan 2017	CZ	5,7E-07	6,9E-08	1,7E-09	6,9E-08	7,1E-07
jan 2017	HV	6,8E-07	8,4E-08	1,6E-09	8,1E-08	8,4E-07
jan 2017	UC	5,6E-07	8,6E-08	1,6E-09	7,4E-08	7,2E-07
jan 2017	CA	0,0E+00	1,0E-07	1,8E-09	7,1E-08	1,8E-07
jan 2017	CO	7,8E-07	1,0E-07	1,8E-09	7,4E-08	9,6E-07
jan 2017	RO	1,0E-06	2,4E-07	2,6E-09	1,0E-07	1,3E-06
jan 2017	OB	8,4E-07	1,4E-07	2,4E-09	7,0E-08	1,1E-06
jan 2017	PR	1,5E-06	2,1E-07	4,0E-09	1,1E-07	1,8E-06
jan 2017	CP	5,9E-07	7,1E-08	1,9E-09	5,2E-08	7,1E-07

RISCHIO CANCEROGENO TOTALE ADULTI						
SEASON	SITE	Cr_sol	Ni_i	Pb_	As_	somma
feb-17	RI	3,78E-07	2,88E-08	1,19E-09	4,23E-08	4,50E-07
feb-17	MA	2,69E-07	3,64E-08	1,12E-09	3,99E-08	3,46E-07
feb-17	FA	2,51E-07	3,77E-08	1,24E-09	4,41E-08	3,34E-07
feb-17	GI	6,28E-08	3,58E-08	1,08E-09	2,04E-08	1,20E-07
feb-17	FR	2,44E-07	3,57E-08	1,20E-09	4,11E-08	3,22E-07
feb-17	CB	1,46E-07	3,91E-08	8,87E-10	3,06E-08	2,17E-07
feb-17	PI	3,90E-07	3,53E-08	9,81E-10	3,21E-08	4,58E-07
feb-17	BR	1,78E-07	4,65E-08	1,08E-09	3,32E-08	2,58E-07
feb-17	AR	4,48E-08	2,85E-08	8,22E-10	2,04E-08	9,45E-08
feb-17	CR	1,16E-08	2,32E-08	5,69E-10	2,04E-08	5,58E-08
feb-17	HG	2,22E-07	3,25E-08	9,82E-10	3,99E-08	2,95E-07
feb-17	SA	1,15E-07	3,30E-08	7,42E-10	3,08E-08	1,79E-07
feb-17	PV	4,06E-07	5,63E-08	1,33E-09	4,41E-08	5,07E-07
feb-17	LG	3,02E-07	4,18E-08	1,31E-09	3,91E-08	3,84E-07
feb-17	CZ	2,95E-07	4,14E-08	1,00E-09	4,36E-08	3,81E-07
feb-17	HV	3,20E-07	5,35E-08	1,12E-09	4,51E-08	4,19E-07
feb-17	UC	2,64E-07	8,11E-08	1,36E-09	4,22E-08	3,89E-07
feb-17	CA	4,08E-07	8,32E-08	1,39E-09	5,43E-08	5,47E-07
feb-17	CO	4,59E-07	1,03E-07	1,42E-09	6,21E-08	6,26E-07
feb-17	RO	7,70E-07	3,67E-07	1,46E-09	1,21E-07	1,26E-06
feb-17	OB	5,48E-07	1,13E-07	1,28E-09	6,22E-08	7,24E-07
feb-17	PR	5,21E-07	1,84E-07	3,25E-09	7,19E-08	7,80E-07
feb-17	CP	5,38E-07	6,56E-08	1,74E-09	4,60E-08	6,51E-07

RISCHIO CANCEROGENO TOTALE ADULTI						
MOUNTH	SITE	Cr_sol	Ni_	Pb_	As_	somma
mar-17	RI	2,20E-08	1,14E-08	6,95E-10	2,24E-08	5,65E-08
mar-17	MA	4,39E-08	1,04E-08	6,59E-10	2,05E-08	7,54E-08
mar-17	FA	2,66E-08	2,19E-08	7,48E-10	2,05E-08	6,98E-08
mar-17	GI	4,28E-08	2,45E-08	7,52E-10	2,02E-08	8,82E-08
mar-17	FR	5,89E-08	2,11E-08	7,87E-10	2,05E-08	1,01E-07
mar-17	CB	1,55E-07	2,96E-08	7,83E-10	2,33E-08	2,09E-07
mar-17	PI	1,93E-07	2,50E-08	6,59E-10	1,96E-08	2,39E-07
mar-17	BR	6,07E-08	2,06E-08	6,30E-10	2,05E-08	1,02E-07
mar-17	AR	5,88E-08	2,16E-08	6,45E-10	2,05E-08	1,02E-07
mar-17	CR	4,84E-08	2,35E-08	7,34E-10	2,05E-08	9,32E-08
mar-17	HG	6,16E-08	2,20E-08	6,92E-10	2,05E-08	1,05E-07

mar-17	SA	1,39E-07	3,43E-08	7,18E-10	2,24E-08	1,96E-07
mar-17	PV	2,16E-07	3,67E-08	8,55E-10	2,42E-08	2,78E-07
mar-17	LG	1,11E-07	3,13E-08	8,53E-10	2,05E-08	1,64E-07
mar-17	CZ	7,09E-08	1,03E-08	1,67E-10	2,03E-08	1,02E-07
mar-17	HV	7,44E-08	2,71E-08	8,26E-10	2,05E-08	1,23E-07
mar-17	UC	8,91E-08	4,36E-08	6,90E-10	2,05E-08	1,54E-07
mar-17	CA	1,38E-07	5,84E-08	1,05E-09	2,08E-08	2,18E-07
mar-17	CO	1,27E-07	6,97E-08	1,13E-09	2,05E-08	2,19E-07
mar-17	RO	2,50E-07	2,56E-07	1,33E-09	3,85E-08	5,45E-07
mar-17	OB	1,37E-07	7,09E-08	8,96E-10	2,34E-08	2,32E-07
mar-17	PR	3,87E-07	1,44E-07	2,56E-09	2,05E-08	5,54E-07
mar-17	CP	1,07E-07	4,02E-08	1,17E-09	2,05E-08	1,69E-07

RISCHIO CANCEROGENO TOTALE ADULTI						
MOUNTH	SITE	Cr_sol	Ni_	Pb_	As_	somma
apr-17	RI	1,45E-07	7,85E-09	4,54E-10	1,52E-08	1,68E-07
apr-17	MA	1,83E-07	2,75E-08	8,98E-10	1,60E-08	2,28E-07
apr-17	FA	1,84E-07	2,25E-08	6,43E-10	1,45E-08	2,21E-07
apr-17	GI	2,19E-07	1,71E-08	5,80E-10	1,61E-08	2,53E-07
apr-17	FR	5,80E-08	1,40E-08	4,55E-10	4,97E-09	7,74E-08
apr-17	CB	2,93E-07	2,79E-08	7,14E-10	1,90E-08	3,41E-07
apr-17	PI	3,11E-07	2,88E-08	6,78E-10	2,23E-08	3,63E-07
apr-17	BR	1,23E-07	1,82E-08	5,01E-10	1,24E-08	1,54E-07
apr-17	AR	2,08E-07	1,86E-08	4,99E-10	1,39E-08	2,41E-07
apr-17	CR	2,58E-07	1,85E-08	5,06E-10	1,63E-08	2,94E-07
apr-17	HG	2,46E-07	1,97E-08	5,95E-10	1,59E-08	2,83E-07
apr-17	SA	2,93E-07	3,17E-08	6,52E-10	1,77E-08	3,43E-07
apr-17	PV	2,81E-07	2,70E-08	7,39E-10	1,63E-08	3,25E-07
apr-17	LG	3,21E-07	3,01E-08	6,89E-10	1,65E-08	3,68E-07
apr-17	CZ	2,62E-07	2,02E-08	6,66E-10	1,81E-08	3,01E-07
apr-17	HV	2,83E-07	9,28E-09	6,35E-10	1,68E-08	3,10E-07
apr-17	UC	2,38E-07	4,13E-08	7,19E-10	1,85E-08	2,98E-07
apr-17	CA	3,73E-07	5,92E-08	8,12E-10	2,18E-08	4,54E-07
apr-17	CO	4,23E-07	4,67E-08	7,78E-10	2,57E-08	4,96E-07
apr-17	RO	8,41E-07	2,71E-07	1,29E-09	6,23E-08	1,18E-06
apr-17	OB	4,41E-07	4,89E-08	9,07E-10	2,13E-08	5,13E-07
apr-17	PR	9,74E-07	8,38E-08	3,24E-09	1,96E-08	1,08E-06
apr-17	CP	2,93E-07	2,10E-08	8,58E-10	1,70E-08	3,31E-07

RISCHIO CANCEROGENO TOTALE ADULTI						
MOUNTH	SITE	Cr_sol	Ni_	Pb_	As_	somma
mag-17	RI	2,40E-07	1,44E-08	5,82E-10	1,88E-08	2,73E-07
mag-17	MA	1,79E-07	2,93E-08	5,17E-10	1,53E-08	2,24E-07
mag-17	FA	1,02E-07	2,22E-08	6,10E-10	1,74E-08	1,42E-07
mag-17	GI	1,42E-07	1,84E-08	5,34E-10	1,62E-08	1,77E-07
mag-17	FR	1,57E-07	2,40E-08	5,70E-10	4,97E-09	1,87E-07
mag-17	CB	1,97E-07	2,67E-08	6,60E-10	2,17E-08	2,46E-07
mag-17	PI	5,35E-08	2,46E-08	5,56E-10	4,97E-09	8,36E-08
mag-17	BR	9,88E-08	6,74E-09	3,89E-10	2,02E-08	1,26E-07
mag-17	AR	1,28E-07	2,01E-08	5,15E-10	2,19E-08	1,70E-07
mag-17	CR	1,38E-07	2,28E-08	5,43E-10	2,10E-08	1,82E-07
mag-17	HG	1,10E-07	7,64E-09	4,61E-10	1,75E-08	1,35E-07
mag-17	SA	2,13E-07	7,32E-09	4,85E-10	2,13E-08	2,42E-07

mag-17	PV	1,71E-07	1,54E-08	5,38E-10	2,01E-08	2,07E-07
mag-17	LG	1,45E-07	2,97E-08	5,75E-10	2,12E-08	1,97E-07
mag-17	CZ	1,64E-07	2,21E-08	8,47E-10	1,89E-08	2,06E-07
mag-17	HV	2,19E-07	7,47E-09	5,99E-10	2,44E-08	2,52E-07
mag-17	UC	1,51E-07	4,49E-08	7,03E-10	1,61E-08	2,13E-07
mag-17	CA	3,67E-07	8,54E-08	8,14E-10	2,64E-08	4,80E-07
mag-17	CO	2,52E-07	1,03E-07	7,59E-10	2,18E-08	3,77E-07
mag-17	RO	9,08E-07	4,95E-07	1,12E-09	1,26E-07	1,53E-06
mag-17	OB	2,64E-07	8,13E-09	1,56E-10	2,00E-08	2,92E-07
mag-17	PR	5,63E-07	5,76E-08	1,55E-09	2,61E-08	6,48E-07
mag-17	CP	1,48E-07	1,76E-08	6,54E-10	1,66E-08	1,83E-07

RISCHIO CANCEROGENO TOTALE ADULTI						
MOUNTH	SITE	Cr_sol	Ni_	Pb_	As_	somma
lug-17	RI	8,06E-08	1,43E-08	3,12E-10	5,25E-08	1,48E-07
lug-17	MA	2,84E-07	2,27E-08	5,62E-10	8,00E-08	3,87E-07
lug-17	FA	2,55E-07	3,38E-08	6,27E-10	7,13E-08	3,61E-07
lug-17	GI	2,02E-07	1,83E-08	4,07E-10	7,19E-08	2,92E-07
lug-17	FR	3,35E-07	3,35E-08	7,34E-10	8,36E-08	4,53E-07
lug-17	CB	9,02E-08	8,03E-09	2,07E-10	5,23E-08	1,51E-07
lug-17	PI	3,74E-07	4,11E-08	6,23E-10	8,11E-08	4,97E-07
lug-17	BR	4,11E-07	4,48E-08	1,29E-09	1,42E-07	5,99E-07
lug-17	AR	2,70E-07	2,43E-08	7,22E-10	8,16E-08	3,77E-07
lug-17	CR	3,11E-07	2,75E-08	6,86E-10	8,17E-08	4,21E-07
lug-17	HG	2,88E-07	3,17E-08	8,67E-10	8,32E-08	4,03E-07
lug-17	SA	2,36E-07	3,56E-08	8,90E-10	7,80E-08	3,50E-07
lug-17	PV	3,26E-07	3,33E-08	7,71E-10	6,94E-08	4,29E-07
lug-17	LG	3,51E-07	3,63E-08	7,49E-10	7,30E-08	4,61E-07
lug-17	CZ	3,64E-07	2,78E-08	8,74E-10	8,28E-08	4,75E-07
lug-17	HV	3,12E-07	2,10E-08	6,03E-10	7,10E-08	4,04E-07
lug-17	UC	5,65E-07	7,06E-08	1,04E-09	9,65E-08	7,33E-07
lug-17	CA	6,90E-07	1,00E-07	1,33E-09	1,12E-07	9,03E-07
lug-17	CO	6,81E-07	1,55E-07	1,11E-09	1,09E-07	9,46E-07
lug-17	RO	1,12E-06	5,49E-07	1,31E-09	1,20E-07	1,79E-06
lug-17	OB	6,71E-07	1,17E-07	1,16E-09	9,10E-08	8,80E-07
lug-17	PR	8,41E-07	5,83E-08	3,11E-09	7,72E-08	9,80E-07
lug-17	CP	4,09E-07	3,18E-08	1,07E-09	8,18E-08	5,24E-07

RISCHIO CANCEROGENO TOTALE ADULTI						
MOUNTH	SITE	Cr_sol	Ni_	Pb_	As_	somma
ago-17	RI	1,05E-07	1,95E-08	4,50E-10	2,87E-08	1,54E-07
ago-17	MA	1,62E-07	2,55E-08	4,97E-10	3,69E-08	2,25E-07
ago-17	FA	1,67E-07	2,80E-08	5,92E-10	5,17E-08	2,48E-07
ago-17	GI	1,82E-07	2,37E-08	5,82E-10	4,38E-08	2,50E-07
ago-17	FR	2,00E-07	2,65E-08	6,04E-10	4,76E-08	2,75E-07
ago-17	CB	2,40E-07	4,64E-08	6,47E-10	2,42E-08	3,11E-07
ago-17	PI	1,71E-07	4,04E-08	5,88E-10	2,38E-08	2,36E-07
ago-17	BR	4,76E-08	2,35E-08	5,08E-10	2,24E-08	9,40E-08
ago-17	AR	2,22E-07	3,10E-08	7,25E-10	5,88E-08	3,12E-07
ago-17	CR	2,02E-07	3,08E-08	6,52E-10	2,30E-08	2,56E-07
ago-17	HG	1,25E-07	3,50E-08	6,91E-10	1,08E-08	1,71E-07
ago-17	SA	2,15E-07	5,21E-08	6,46E-10	3,02E-08	2,98E-07
ago-17	PV	2,72E-07	4,49E-08	6,37E-10	3,27E-08	3,50E-07

ago-17	LG	2,65E-07	4,05E-08	6,58E-10	4,32E-08	3,49E-07
ago-17	CZ	2,81E-07	3,76E-08	8,42E-10	6,89E-08	3,88E-07
ago-17	HV	2,92E-07	4,76E-08	7,79E-10	5,96E-08	4,00E-07
ago-17	UC	3,25E-07	7,60E-08	5,81E-10	1,96E-08	4,21E-07
ago-17	CA	4,78E-07	8,18E-08	8,80E-10	4,77E-08	6,08E-07
ago-17	CO	2,83E-07	1,02E-07	6,21E-10	5,30E-08	4,38E-07
ago-17	RO	1,02E-06	6,49E-07	1,36E-09	1,03E-07	1,77E-06
ago-17	OB	2,53E-07	5,98E-08	4,65E-10	3,09E-08	3,45E-07
ago-17	PR	6,32E-07	7,11E-08	1,95E-09	3,00E-08	7,35E-07
ago-17	CP	2,19E-07	3,12E-08	5,45E-10	3,48E-08	2,85E-07

RISCHIO CANCEROGENO TOTALE ADULTI						
MOUNTH	SITE	Cr_sol	Ni_	Pb_	As_	somma
set-17	RI	1,20E-07	2,34E-08	5,62E-10	2,65E-08	1,70E-07
set-17	MA	1,50E-07	3,59E-08	6,67E-10	3,09E-08	2,18E-07
set-17	FA	1,72E-07	3,26E-08	7,39E-10	5,92E-08	2,64E-07
set-17	GI	2,30E-07	3,66E-08	8,36E-10	5,07E-08	3,18E-07
set-17	FR	1,90E-07	3,10E-08	7,25E-10	5,12E-08	2,73E-07
set-17	CB	2,04E-07	5,26E-08	7,87E-10	4,38E-08	3,01E-07
set-17	PI	2,53E-07	3,62E-08	5,79E-10	2,59E-08	3,15E-07
set-17	BR	1,65E-07	1,75E-08	4,39E-10	2,19E-08	2,04E-07
set-17	AR	2,49E-07	4,18E-08	7,59E-10	5,19E-08	3,43E-07
set-17	CR	2,19E-07	3,20E-08	7,58E-10	4,01E-08	2,92E-07
set-17	HG	1,95E-07	3,66E-08	7,37E-10	4,03E-08	2,72E-07
set-17	SA	2,45E-07	4,02E-08	7,26E-10	4,25E-08	3,29E-07
set-17	PV	2,62E-07	3,32E-08	5,61E-10	1,43E-08	3,09E-07
set-17	LG	2,63E-07	3,68E-08	6,09E-10	2,87E-08	3,29E-07
set-17	CZ	2,80E-07	3,89E-08	9,14E-10	8,61E-08	4,06E-07
set-17	HV	2,74E-07	4,74E-08	9,27E-10	7,49E-08	3,97E-07
set-17	UC	3,01E-07	5,67E-08	8,25E-10	5,86E-08	4,17E-07
set-17	CA	4,18E-07	6,90E-08	7,33E-10	1,18E-08	5,00E-07
set-17	CO	6,48E-08	5,22E-08	2,04E-10	1,87E-08	1,36E-07
set-17	RO	1,23E-06	6,25E-07	1,11E-09	1,09E-07	1,96E-06
set-17	OB	4,25E-07	5,98E-08	1,40E-09	3,62E-08	5,23E-07
set-17	PR	8,28E-07	8,18E-08	3,53E-09	2,11E-08	9,35E-07
set-17	CP	1,67E-07	2,37E-08	5,32E-10	1,79E-08	2,09E-07

RISCHIO CANCEROGENO TOTALE ADULTI						
MOUNTH	SITE	Cr_sol	Ni_	Pb_	As_	somma
nov-17	RI	1,39E-07	2,18E-08	7,37E-10	2,77E-08	1,90E-07
nov-17	MA	2,26E-07	2,54E-08	8,87E-10	5,21E-08	3,04E-07
nov-17	FA	1,98E-07	3,40E-08	9,56E-10	9,49E-08	3,28E-07
nov-17	GI	3,05E-07	3,35E-08	1,14E-09	6,45E-08	4,05E-07
nov-17	FR	2,39E-07	2,89E-08	8,92E-10	6,72E-08	3,36E-07
nov-17	CB	2,20E-07	7,13E-08	9,70E-10	6,95E-08	3,62E-07
nov-17	PI	2,73E-07	9,48E-08	8,85E-10	6,88E-08	4,37E-07
nov-17	BR	2,95E-07	3,51E-08	1,16E-09	6,40E-08	3,95E-07
nov-17	AR	3,60E-07	7,69E-08	1,11E-09	7,49E-08	5,13E-07
nov-17	CR	2,24E-07	2,87E-08	7,87E-10	4,66E-08	3,00E-07
nov-17	HG	2,41E-07	4,27E-08	7,62E-10	6,99E-08	3,54E-07
nov-17	SA	2,60E-07	3,54E-08	9,70E-10	8,31E-08	3,79E-07
nov-17	PV	2,04E-07	3,81E-08	9,81E-10	7,10E-08	3,14E-07
nov-17	LG	2,49E-07	3,45E-08	9,53E-10	6,93E-08	3,53E-07

nov-17	CZ	3,64E-07	4,26E-08	1,16E-09	1,49E-07	5,57E-07
nov-17	HV	2,51E-07	5,57E-08	1,09E-09	7,89E-08	3,86E-07
nov-17	UC	3,61E-07	6,31E-08	1,07E-09	9,76E-08	5,23E-07
nov-17	CA	3,77E-07	7,33E-08	1,02E-09	8,05E-08	5,32E-07
nov-17	CO	4,09E-07	2,76E-07	1,17E-09	1,05E-07	7,92E-07
nov-17	RO	1,04E-06	3,69E-07	1,59E-09	1,76E-07	1,58E-06
nov-17	OB	4,52E-07	7,37E-08	1,05E-09	7,47E-08	6,02E-07
nov-17	PR	7,07E-07	6,33E-08	1,91E-09	7,68E-08	8,49E-07
nov-17	CP	2,84E-07	3,26E-08	1,07E-09	1,34E-07	4,51E-07

RISCHIO CANCEROGENO TOTALE ADULTI						
MOUNTH	SITE	Cr_sol	Ni_	Pb_	As_	somma
dic-17	RI	2,03E-07	2,20E-08	9,08E-10	4,15E-08	2,67E-07
dic-17	MA	2,66E-07	2,23E-08	1,08E-09	5,53E-08	3,45E-07
dic-17	FA	5,02E-07	6,08E-08	3,95E-09	1,38E-07	7,05E-07
dic-17	GI	3,03E-07	4,16E-08	1,34E-09	8,24E-08	4,28E-07
dic-17	FR	2,04E-07	2,77E-08	1,14E-09	4,63E-08	2,79E-07
dic-17	CB	3,11E-07	4,16E-08	1,73E-09	7,34E-08	4,28E-07
dic-17	PI	3,09E-07	2,72E-08	1,13E-09	4,58E-08	3,83E-07
dic-17	BR	2,35E-07	2,21E-08	9,74E-10	3,89E-08	2,97E-07
dic-17	AR	4,36E-07	2,83E-08	1,71E-09	3,86E-08	5,05E-07
dic-17	CR	2,06E-07	3,62E-08	1,13E-09	3,84E-08	2,82E-07
dic-17	HG	2,96E-07	4,21E-08	1,21E-09	5,08E-08	3,90E-07
dic-17	SA	2,99E-07	3,10E-08	1,41E-09	4,49E-08	3,76E-07
dic-17	PV	2,53E-07	2,47E-08	1,17E-09	4,17E-08	3,20E-07
dic-17	LG	2,44E-07	3,06E-08	1,16E-09	4,35E-08	3,19E-07
dic-17	CZ	3,34E-07	4,08E-08	1,18E-09	8,26E-08	4,58E-07
dic-17	HV	3,42E-07	3,78E-08	1,16E-09	4,78E-08	4,29E-07
dic-17	UC	3,16E-07	3,90E-08	1,02E-09	3,68E-08	3,93E-07
dic-17	CA	3,69E-07	4,79E-08	1,27E-09	6,85E-08	4,87E-07
dic-17	CO	3,79E-07	7,19E-08	1,27E-09	7,32E-08	5,26E-07
dic-17	RO	9,58E-07	2,64E-07	1,60E-09	1,74E-07	1,40E-06
dic-17	OB	6,25E-07	1,09E-07	1,32E-09	9,80E-08	8,33E-07
dic-17	PR	2,75E-06	1,65E-07	7,25E-09	1,60E-07	3,08E-06
dic-17	CP	3,84E-07	5,74E-08	1,18E-09	9,18E-08	5,34E-07

RISCHIO CANCEROGENO TOTALE ADULTI						
MOUNTH	SITE	Cr_sol	Ni_	Pb_	As_	somma
feb-18	RI	2,40E-07	2,43E-08	1,18E-09	6,93E-08	3,34E-07
feb-18	MA	2,77E-07	2,67E-08	1,45E-09	9,71E-08	4,02E-07
feb-18	FA	3,89E-07	4,38E-08	2,70E-09	1,18E-07	5,53E-07
feb-18	GI	4,40E-07	4,33E-08	1,80E-09	9,39E-08	5,79E-07
feb-18	FR	2,91E-07	3,06E-08	1,34E-09	6,50E-08	3,88E-07
feb-18	CB	3,78E-07	3,35E-08	1,54E-09	8,38E-08	4,97E-07
feb-18	PI	3,97E-07	5,30E-08	2,03E-09	1,10E-07	5,61E-07
feb-18	BR	5,50E-07	5,54E-08	2,29E-09	1,51E-07	7,59E-07
feb-18	AR	5,38E-07	5,40E-08	1,97E-09	9,06E-08	6,84E-07
feb-18	CR	3,52E-07	3,90E-08	1,48E-09	7,85E-08	4,70E-07
feb-18	HG	3,38E-07	3,48E-08	1,48E-09	1,02E-07	4,77E-07
feb-18	SA	4,22E-07	4,15E-08	1,52E-09	7,92E-08	5,44E-07
feb-18	PV	3,27E-07	4,07E-08	1,34E-09	1,14E-07	4,84E-07
feb-18	LG	3,23E-07	4,14E-08	1,51E-09	8,91E-08	4,55E-07
feb-18	CZ	3,70E-07	4,06E-08	1,42E-09	9,22E-08	5,05E-07

feb-18	HV	4,39E-07	4,62E-08	1,60E-09	9,15E-08	5,79E-07
feb-18	UC	4,78E-07	5,42E-08	1,52E-09	7,59E-08	6,10E-07
feb-18	CA	4,94E-07	5,61E-08	1,61E-09	8,79E-08	6,39E-07
feb-18	CO	5,25E-07	5,69E-08	1,37E-09	1,05E-07	6,88E-07
feb-18	RO	1,39E-06	2,99E-07	2,06E-09	1,65E-07	1,86E-06
feb-18	OB	5,97E-07	8,62E-08	1,71E-09	9,13E-08	7,76E-07
feb-18	PR	9,09E-07	8,55E-08	2,39E-09	1,10E-07	1,11E-06
feb-18	CP	3,48E-07	4,93E-08	1,17E-09	7,26E-08	4,71E-07

APPENDICE E Rischio non cancerogeno variabilità mensile (dettaglio dei singoli metalli)

RISCHIO TOTALE ADULTI NON CANCEROGENO											
MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_i	Ni_i	Pb_	Zn_i	Cd_i	Co_i	Sb_	somma
Dic 2016	RI	0,285	0,000	0,384	0,001	0,001	0,000	0,025	0,057	0,011	0,765
Dic 2016	MA	0,321	0,000	0,469	0,001	0,001	0,000	0,024	0,049	0,014	0,879
Dic 2016	FA	0,338	0,000	0,384	0,001	0,001	0,000	0,038	0,059	0,008	0,828
Dic 2016	GI	0,457	0,000	0,591	0,001	0,001	0,000	0,037	0,068	0,014	1,171
Dic 2016	FR	0,375	0,000	0,556	0,001	0,001	0,000	0,030	0,055	0,011	1,028
Dic 2016	CB	0,407	0,000	0,500	0,002	0,001	0,000	0,033	0,064	0,008	1,015
Dic 2016	PI	0,354	0,000	0,409	0,001	0,001	0,000	0,028	0,056	0,008	0,857
Dic 2016	BR	0,335	0,000	0,386	0,001	0,001	0,000	0,033	0,047	0,008	0,812
Dic 2016	AR	0,367	0,000	0,515	0,001	0,001	0,000	0,035	0,056	0,010	0,985
Dic 2016	CR	0,405	0,000	0,631	0,001	0,001	0,000	0,027	0,066	0,015	1,147
Dic 2016	HG	0,379	0,000	0,598	0,001	0,001	0,000	0,027	0,063	0,014	1,083
Dic 2016	SA	0,457	0,000	0,564	0,001	0,001	0,000	0,031	0,073	0,013	1,141
Dic 2016	PV	0,436	0,000	0,412	0,001	0,001	0,000	0,032	0,068	0,009	0,960
Dic 2016	LG	0,412	0,000	0,383	0,002	0,001	0,000	0,037	0,065	0,008	0,908
Dic 2016	CZ	0,429	0,000	0,547	0,001	0,001	0,000	0,029	0,071	0,013	1,092
Dic 2016	HV	0,479	0,000	0,496	0,002	0,001	0,000	0,032	0,079	0,012	1,101
Dic 2016	UC	0,542	0,000	0,443	0,002	0,001	0,000	0,032	0,084	0,011	1,114
Dic 2016	CA	0,661	0,000	0,596	0,002	0,001	0,000	0,047	0,116	0,015	1,437
Dic 2016	CO	0,650	0,000	0,596	0,003	0,001	0,000	0,037	0,121	0,015	1,422
Dic 2016	RO	1,119	0,000	0,743	0,005	0,001	0,000	0,029	0,181	0,006	2,084
Dic 2016	OB	0,774	0,000	0,567	0,003	0,001	0,000	0,025	0,096	0,005	1,471
Dic 2016	PR	1,319	0,000	0,981	0,004	0,002	0,000	0,044	0,151	0,007	2,509
Dic 2016	CP	0,632	0,000	0,461	0,002	0,001	0,000	0,026	0,073	0,005	1,200

RISCHIO TOTALE BAMBINI NON CANCEROGENO											
MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_i	Ni_i	Pb_	Zn_i	Cd_i	Co_i	Sb_	somma
Dic 2016	RI	0,664	0,004	0,895	0,002	0,002	0,000	0,059	0,134	0,026	1,786
Dic 2016	MA	0,748	0,004	1,094	0,002	0,002	0,000	0,056	0,115	0,032	2,053
Dic 2016	FA	0,787	0,003	0,895	0,003	0,002	0,000	0,088	0,137	0,018	1,933
Dic 2016	GI	1,066	0,006	1,379	0,003	0,002	0,000	0,087	0,159	0,033	2,736
Dic 2016	FR	0,874	0,004	1,296	0,003	0,002	0,000	0,071	0,127	0,025	2,402
Dic 2016	CB	0,950	0,003	1,167	0,004	0,002	0,000	0,076	0,150	0,019	2,370
Dic 2016	PI	0,826	0,003	0,953	0,003	0,002	0,000	0,066	0,131	0,018	2,002
Dic 2016	BR	0,782	0,003	0,900	0,002	0,002	0,000	0,078	0,109	0,019	1,895
Dic 2016	AR	0,856	0,003	1,201	0,003	0,002	0,000	0,081	0,130	0,024	2,301
Dic 2016	CR	0,944	0,006	1,473	0,003	0,002	0,000	0,064	0,153	0,035	2,680
Dic 2016	HG	0,883	0,006	1,394	0,003	0,002	0,000	0,062	0,147	0,033	2,531
Dic 2016	SA	1,067	0,004	1,315	0,003	0,002	0,000	0,073	0,171	0,030	2,666
Dic 2016	PV	1,017	0,003	0,960	0,003	0,002	0,000	0,076	0,159	0,021	2,241

Dic 2016	LG	0,960	0,003	0,894	0,004	0,002	0,000	0,087	0,152	0,019	2,120
Dic 2016	CZ	1,001	0,005	1,275	0,003	0,002	0,000	0,068	0,166	0,031	2,552
Dic 2016	HV	1,118	0,004	1,156	0,004	0,002	0,000	0,074	0,185	0,028	2,572
Dic 2016	UC	1,265	0,003	1,033	0,004	0,002	0,000	0,074	0,195	0,025	2,601
Dic 2016	CA	1,541	0,005	1,389	0,005	0,003	0,000	0,109	0,269	0,035	3,357
Dic 2016	CO	1,515	0,005	1,389	0,006	0,002	0,000	0,087	0,283	0,034	3,320
Dic 2016	RO	2,609	0,003	1,733	0,012	0,003	0,000	0,067	0,423	0,014	4,863
Dic 2016	OB	1,806	0,002	1,322	0,006	0,002	0,000	0,057	0,224	0,013	3,433
Dic 2016	PR	3,077	0,004	2,288	0,009	0,005	0,001	0,102	0,352	0,017	5,854
Dic 2016	CP	1,473	0,002	1,076	0,004	0,002	0,000	0,060	0,171	0,011	2,800

RISCHIO TOTALE ADULTI NON CANCEROGENO											
MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_	somma
Jan 2017	RI	0,327	0,000	0,358	0,001	0,001	0,000	0,030	0,054	0,010	0,780
Jan 2017	MA	0,306	0,000	0,421	0,001	0,001	0,000	0,027	0,046	0,014	0,815
Jan 2017	FA	0,350	0,000	0,461	0,001	0,001	0,000	0,047	0,061	0,014	0,934
Jan 2017	GI	0,420	0,000	0,477	0,001	0,001	0,000	0,027	0,059	0,011	0,996
Jan 2017	FR	0,428	0,000	0,533	0,001	0,001	0,000	0,040	0,061	0,011	1,075
Jan 2017	CB	0,387	0,000	0,435	0,001	0,001	0,000	0,033	0,065	0,008	0,930
Jan 2017	PI	0,338	0,000	0,325	0,001	0,001	0,000	0,028	0,058	0,007	0,758
Jan 2017	BR	0,353	0,000	0,314	0,002	0,001	0,000	0,032	0,054	0,006	0,762
Jan 2017	AR	0,418	0,000	0,436	0,001	0,001	0,000	0,026	0,064	0,007	0,952
Jan 2017	CR	0,548	0,000	0,557	0,001	0,001	0,000	0,031	0,073	0,013	1,224
Jan 2017	HG	0,517	0,000	0,461	0,001	0,001	0,000	0,026	0,067	0,011	1,082
Jan 2017	SA	0,555	0,000	0,484	0,002	0,001	0,000	0,035	0,096	0,011	1,184
Jan 2017	PV	0,446	0,000	0,385	0,001	0,001	0,000	0,032	0,074	0,008	0,946
Jan 2017	LG	0,376	0,000	0,387	0,001	0,001	0,000	0,033	0,064	0,007	0,868
Jan 2017	CZ	0,559	0,000	0,484	0,001	0,001	0,000	0,028	0,078	0,009	1,160
Jan 2017	HV	0,732	0,000	0,443	0,002	0,001	0,000	0,030	0,095	0,004	1,306
Jan 2017	UC	0,634	0,000	0,416	0,002	0,001	0,000	0,033	0,105	0,007	1,198
Jan 2017	CA	0,685	0,000	0,584	0,002	0,001	0,000	0,069	0,128	0,014	1,482
Jan 2017	CO	0,772	0,000	0,508	0,002	0,001	0,000	0,028	0,116	0,010	1,438
Jan 2017	RO	1,069	0,000	0,669	0,005	0,001	0,000	0,027	0,179	0,007	1,957
Jan 2017	OB	0,798	0,000	0,538	0,003	0,001	0,000	0,023	0,108	0,006	1,476
Jan 2017	PR	1,243	0,000	0,771	0,004	0,002	0,000	0,033	0,171	0,006	2,231
Jan 2017	CP	0,548	0,000	0,405	0,001	0,001	0,000	0,025	0,065	0,005	1,050

RISCHIO TOTALE BAMBINI NON CANCEROGENO											
MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_	somma
Jan 2017	RI	0,763	0,004	0,834	0,002	0,001	0,000	0,070	0,125	0,023	1,822
Jan 2017	MA	0,713	0,003	0,981	0,002	0,002	0,000	0,063	0,108	0,032	1,904
Jan 2017	FA	0,816	0,003	1,075	0,003	0,002	0,000	0,110	0,142	0,033	2,182
Jan 2017	GI	0,980	0,005	1,112	0,002	0,001	0,000	0,063	0,137	0,025	2,327
Jan 2017	FR	0,999	0,004	1,243	0,002	0,002	0,000	0,093	0,141	0,025	2,510
Jan 2017	CB	0,903	0,003	1,015	0,003	0,002	0,000	0,078	0,151	0,018	2,172
Jan 2017	PI	0,787	0,002	0,758	0,002	0,001	0,000	0,066	0,136	0,016	1,770
Jan 2017	BR	0,824	0,003	0,733	0,004	0,001	0,000	0,074	0,125	0,015	1,779
Jan 2017	AR	0,975	0,003	1,017	0,003	0,001	0,000	0,061	0,148	0,016	2,223
Jan 2017	CR	1,277	0,006	1,300	0,003	0,002	0,000	0,072	0,170	0,030	2,859
Jan 2017	HG	1,205	0,005	1,075	0,003	0,001	0,000	0,060	0,155	0,025	2,529
Jan 2017	SA	1,294	0,005	1,129	0,004	0,002	0,000	0,082	0,225	0,025	2,765
Jan 2017	PV	1,039	0,003	0,898	0,003	0,002	0,000	0,074	0,173	0,018	2,208
Jan 2017	LG	0,876	0,003	0,902	0,003	0,001	0,000	0,076	0,150	0,016	2,027

Jan 2017	CZ	1,304	0,004	1,128	0,003	0,002	0,000	0,066	0,181	0,022	2,710
Jan 2017	HV	1,707	0,003	1,034	0,004	0,001	0,000	0,069	0,222	0,009	3,049
Jan 2017	UC	1,477	0,003	0,971	0,004	0,002	0,000	0,076	0,246	0,017	2,796
Jan 2017	CA	1,597	0,005	1,362	0,005	0,002	0,000	0,161	0,298	0,032	3,462
Jan 2017	CO	1,800	0,004	1,185	0,005	0,002	0,000	0,066	0,270	0,024	3,357
Jan 2017	RO	2,493	0,003	1,561	0,011	0,002	0,000	0,064	0,417	0,016	4,567
Jan 2017	OB	1,861	0,002	1,254	0,006	0,002	0,000	0,053	0,252	0,013	3,444
Jan 2017	PR	2,899	0,003	1,799	0,010	0,004	0,000	0,077	0,398	0,015	5,205
Jan 2017	CP	1,278	0,002	0,944	0,003	0,002	0,000	0,058	0,152	0,012	2,451

RISCHIO TOTALE ADULTI NON CANCEROGENO											
MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_	somma
Feb 2017	RI	0,249	0,000	0,282	0,001	0,000	0,000	0,020	0,043	0,008	0,602
Feb 2017	MA	0,201	0,000	0,342	0,001	0,000	0,000	0,013	0,039	0,010	0,605
Feb 2017	FA	0,174	0,000	0,243	0,001	0,000	0,000	0,022	0,037	0,007	0,486
Feb 2017	GI	0,285	0,000	0,340	0,001	0,000	0,000	0,010	0,043	0,009	0,688
Feb 2017	FR	0,212	0,000	0,328	0,001	0,000	0,000	0,019	0,038	0,009	0,606
Feb 2017	CB	0,177	0,000	0,176	0,001	0,000	0,000	0,013	0,035	0,005	0,406
Feb 2017	PI	0,195	0,000	0,202	0,001	0,000	0,000	0,016	0,035	0,005	0,454
Feb 2017	BR	0,241	0,000	0,229	0,001	0,000	0,000	0,017	0,037	0,005	0,531
Feb 2017	AR	0,153	0,000	0,167	0,001	0,000	0,000	0,007	0,025	0,005	0,358
Feb 2017	CR	0,136	0,000	0,164	0,000	0,000	0,000	0,003	0,025	0,004	0,334
Feb 2017	HG	0,203	0,000	0,331	0,001	0,000	0,000	0,012	0,040	0,010	0,597
Feb 2017	SA	0,152	0,000	0,180	0,001	0,000	0,000	0,011	0,031	0,005	0,380
Feb 2017	PV	0,310	0,000	0,287	0,001	0,001	0,000	0,022	0,056	0,006	0,683
Feb 2017	LG	0,216	0,000	0,256	0,001	0,001	0,000	0,020	0,040	0,006	0,539
Feb 2017	CZ	0,273	0,000	0,293	0,001	0,000	0,000	0,014	0,044	0,007	0,632
Feb 2017	HV	0,298	0,000	0,273	0,001	0,000	0,000	0,015	0,048	0,006	0,642
Feb 2017	UC	0,385	0,000	0,306	0,002	0,001	0,000	0,019	0,073	0,006	0,791
Feb 2017	CA	0,414	0,000	0,359	0,002	0,001	0,000	0,018	0,078	0,008	0,880
Feb 2017	CO	0,525	0,000	0,392	0,002	0,001	0,000	0,018	0,085	0,008	1,031
Feb 2017	RO	1,142	0,000	0,654	0,007	0,001	0,000	0,019	0,248	0,006	2,076
Feb 2017	OB	0,616	0,000	0,436	0,002	0,001	0,000	0,018	0,089	0,006	1,169
Feb 2017	PR	0,834	0,000	0,748	0,004	0,001	0,000	0,025	0,150	0,009	1,771
Feb 2017	CP	0,637	0,000	0,366	0,001	0,001	0,000	0,016	0,058	0,003	1,083

RISCHIO TOTALE BAMBINI NON CANCEROGENO											
MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_	somma
Feb 2017	RI	0,580	0,003	0,657	0,001	0,001	0,000	0,046	0,100	0,019	1,408
Feb 2017	MA	0,468	0,003	0,797	0,002	0,001	0,000	0,030	0,090	0,024	1,414
Feb 2017	FA	0,406	0,002	0,568	0,002	0,001	0,000	0,051	0,087	0,017	1,134
Feb 2017	GI	0,665	0,004	0,792	0,002	0,001	0,000	0,024	0,100	0,021	1,609
Feb 2017	FR	0,494	0,003	0,765	0,002	0,001	0,000	0,043	0,088	0,021	1,416
Feb 2017	CB	0,413	0,001	0,410	0,002	0,001	0,000	0,030	0,080	0,011	0,949
Feb 2017	PI	0,454	0,001	0,471	0,002	0,001	0,000	0,038	0,083	0,011	1,061
Feb 2017	BR	0,563	0,002	0,535	0,002	0,001	0,000	0,039	0,086	0,012	1,240
Feb 2017	AR	0,356	0,002	0,391	0,001	0,001	0,000	0,016	0,059	0,011	0,836
Feb 2017	CR	0,318	0,002	0,382	0,001	0,001	0,000	0,008	0,058	0,010	0,781
Feb 2017	HG	0,472	0,004	0,771	0,002	0,001	0,000	0,029	0,094	0,024	1,397
Feb 2017	SA	0,355	0,002	0,421	0,002	0,001	0,000	0,025	0,072	0,011	0,888
Feb 2017	PV	0,724	0,002	0,670	0,003	0,001	0,000	0,051	0,130	0,014	1,594
Feb 2017	LG	0,503	0,002	0,597	0,002	0,001	0,000	0,047	0,093	0,014	1,259
Feb 2017	CZ	0,637	0,003	0,682	0,002	0,001	0,000	0,033	0,102	0,016	1,477

Feb 2017	HV	0,695	0,002	0,636	0,002	0,001	0,000	0,034	0,113	0,014	1,498
Feb 2017	UC	0,897	0,002	0,713	0,004	0,001	0,000	0,045	0,170	0,015	1,847
Feb 2017	CA	0,966	0,003	0,838	0,004	0,001	0,000	0,041	0,181	0,020	2,054
Feb 2017	CO	1,224	0,003	0,915	0,005	0,001	0,000	0,042	0,199	0,018	2,407
Feb 2017	RO	2,662	0,002	1,525	0,017	0,001	0,000	0,045	0,578	0,013	4,844
Feb 2017	OB	1,437	0,002	1,018	0,005	0,001	0,000	0,042	0,208	0,015	2,728
Feb 2017	PR	1,945	0,002	1,744	0,009	0,003	0,000	0,058	0,350	0,021	4,133
Feb 2017	CP	1,486	0,001	0,853	0,003	0,002	0,000	0,037	0,136	0,008	2,527

RISCHIO TOTALE ADULTI NON CANCEROGENO											
MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_	somma
Mar 2017	RI	0,125	0,000	0,155	0,000	0,000	0,000	0,006	0,024	0,005	0,315
Mar 2017	MA	0,136	0,000	0,199	0,000	0,000	0,000	0,003	0,024	0,005	0,367
Mar 2017	FA	0,109	0,000	0,152	0,000	0,000	0,000	0,011	0,024	0,003	0,300
Mar 2017	GI	0,225	0,000	0,299	0,000	0,000	0,000	0,007	0,035	0,005	0,571
Mar 2017	FR	0,160	0,000	0,233	0,000	0,000	0,000	0,007	0,024	0,003	0,428
Mar 2017	CB	0,138	0,000	0,178	0,001	0,000	0,000	0,011	0,021	0,005	0,354
Mar 2017	PI	0,125	0,000	0,138	0,000	0,000	0,000	0,008	0,018	0,003	0,293
Mar 2017	BR	0,152	0,000	0,144	0,000	0,000	0,000	0,006	0,022	0,002	0,328
Mar 2017	AR	0,140	0,000	0,157	0,000	0,000	0,000	0,004	0,023	0,003	0,327
Mar 2017	CR	0,181	0,000	0,250	0,000	0,000	0,000	0,006	0,029	0,006	0,473
Mar 2017	HG	0,159	0,000	0,218	0,000	0,000	0,000	0,004	0,030	0,007	0,420
Mar 2017	SA	0,185	0,000	0,195	0,001	0,000	0,000	0,008	0,026	0,003	0,418
Mar 2017	PV	0,204	0,000	0,184	0,001	0,000	0,000	0,011	0,029	0,004	0,432
Mar 2017	LG	0,165	0,000	0,158	0,001	0,000	0,000	0,008	0,027	0,002	0,363
Mar 2017	CZ	0,033	0,000	0,083	0,000	0,000	0,000	0,002	0,008	0,002	0,129
Mar 2017	HV	0,160	0,000	0,181	0,001	0,000	0,000	0,006	0,029	0,002	0,380
Mar 2017	UC	0,257	0,000	0,157	0,001	0,000	0,000	0,008	0,037	0,002	0,462
Mar 2017	CA	0,334	0,000	0,233	0,001	0,000	0,000	0,006	0,050	0,005	0,629
Mar 2017	CO	0,354	0,000	0,261	0,001	0,000	0,000	0,007	0,060	0,005	0,691
Mar 2017	RO	0,980	0,000	0,460	0,005	0,001	0,000	0,011	0,176	0,002	1,635
Mar 2017	OB	0,405	0,000	0,228	0,001	0,000	0,000	0,008	0,060	0,002	0,705
Mar 2017	PR	0,908	0,000	0,664	0,003	0,001	0,000	0,015	0,100	0,003	1,695
Mar 2017	CP	0,205	0,000	0,233	0,001	0,000	0,000	0,008	0,032	0,002	0,481

RISCHIO TOTALE BAMBINI NON CANCEROGENO											
MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_	somma
Mar 2017	RI	0,291	0,002	0,361	0,001	0,001	0,000	0,014	0,056	0,011	0,737
Mar 2017	MA	0,316	0,002	0,464	0,000	0,001	0,000	0,006	0,057	0,012	0,858
Mar 2017	FA	0,254	0,001	0,354	0,001	0,001	0,000	0,026	0,056	0,008	0,701
Mar 2017	GI	0,524	0,002	0,696	0,001	0,001	0,000	0,017	0,081	0,011	1,334
Mar 2017	FR	0,374	0,001	0,544	0,001	0,001	0,000	0,017	0,056	0,006	1,000
Mar 2017	CB	0,322	0,001	0,416	0,001	0,001	0,000	0,025	0,049	0,011	0,826
Mar 2017	PI	0,292	0,001	0,321	0,001	0,001	0,000	0,020	0,042	0,007	0,685
Mar 2017	BR	0,356	0,001	0,336	0,001	0,001	0,000	0,015	0,051	0,005	0,766
Mar 2017	AR	0,326	0,001	0,366	0,001	0,001	0,000	0,009	0,053	0,006	0,763
Mar 2017	CR	0,423	0,003	0,583	0,001	0,001	0,000	0,015	0,068	0,014	1,107
Mar 2017	HG	0,372	0,003	0,509	0,001	0,001	0,000	0,010	0,070	0,015	0,981
Mar 2017	SA	0,432	0,001	0,455	0,002	0,001	0,000	0,019	0,060	0,008	0,977
Mar 2017	PV	0,475	0,001	0,430	0,002	0,001	0,000	0,025	0,067	0,008	1,009
Mar 2017	LG	0,386	0,001	0,369	0,001	0,001	0,000	0,019	0,063	0,006	0,847
Mar 2017	CZ	0,077	0,001	0,194	0,000	0,000	0,000	0,005	0,020	0,006	0,302
Mar 2017	HV	0,374	0,001	0,423	0,001	0,001	0,000	0,015	0,068	0,006	0,887

Mar 2017	UC	0,599	0,001	0,365	0,002	0,001	0,000	0,019	0,087	0,006	1,079
Mar 2017	CA	0,779	0,002	0,543	0,003	0,001	0,000	0,014	0,116	0,012	1,470
Mar 2017	CO	0,827	0,002	0,609	0,003	0,001	0,000	0,017	0,140	0,012	1,613
Mar 2017	RO	2,285	0,002	1,074	0,012	0,001	0,000	0,025	0,409	0,006	3,814
Mar 2017	OB	0,944	0,001	0,533	0,003	0,001	0,000	0,019	0,140	0,005	1,646
Mar 2017	PR	2,119	0,002	1,549	0,007	0,002	0,000	0,035	0,234	0,006	3,954
Mar 2017	CP	0,477	0,001	0,544	0,002	0,001	0,000	0,018	0,075	0,005	1,123

RISCHIO TOTALE ADULTI NON CANCEROGENO

MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_	somma
apr-17	RI	0,087	0,000	0,157	0,000	0,000	0,000	0,006	0,006	0,004	0,261
apr-17	MA	0,155	0,000	0,233	0,001	0,000	0,000	0,005	0,005	0,005	0,404
apr-17	FA	0,120	0,000	0,188	0,000	0,000	0,000	0,007	0,005	0,005	0,326
apr-17	GI	0,102	0,000	0,288	0,000	0,000	0,000	0,007	0,005	0,004	0,407
apr-17	FR	0,099	0,000	0,124	0,000	0,000	0,000	0,006	0,011	0,002	0,241
apr-17	CB	0,128	0,000	0,207	0,001	0,000	0,000	0,008	0,005	0,006	0,355
apr-17	PI	0,127	0,000	0,151	0,001	0,000	0,000	0,007	0,007	0,003	0,296
apr-17	BR	0,148	0,000	0,171	0,000	0,000	0,000	0,004	0,005	0,003	0,332
apr-17	AR	0,114	0,000	0,180	0,000	0,000	0,000	0,007	0,005	0,003	0,310
apr-17	CR	0,124	0,000	0,245	0,000	0,000	0,000	0,006	0,005	0,004	0,385
apr-17	HG	0,165	0,000	0,267	0,000	0,000	0,000	0,006	0,007	0,006	0,452
apr-17	SA	0,172	0,000	0,210	0,001	0,000	0,000	0,006	0,010	0,004	0,403
apr-17	PV	0,162	0,000	0,181	0,001	0,000	0,000	0,007	0,005	0,004	0,359
apr-17	LG	0,156	0,000	0,169	0,001	0,000	0,000	0,007	0,005	0,002	0,340
apr-17	CZ	0,129	0,000	0,208	0,000	0,000	0,000	0,007	0,005	0,005	0,353
apr-17	HV	0,081	0,000	0,160	0,000	0,000	0,000	0,006	0,008	0,002	0,258
apr-17	UC	0,215	0,000	0,194	0,001	0,000	0,000	0,007	0,021	0,004	0,443
apr-17	CA	0,329	0,000	0,239	0,001	0,000	0,000	0,007	0,006	0,008	0,591
apr-17	CO	0,190	0,000	0,242	0,001	0,000	0,000	0,007	0,005	0,005	0,449
apr-17	RO	1,073	0,000	0,497	0,005	0,001	0,000	0,010	0,096	0,004	1,685
apr-17	OB	0,208	0,000	0,261	0,001	0,000	0,000	0,008	0,005	0,003	0,486
apr-17	PR	0,634	0,000	0,576	0,002	0,001	0,000	0,006	0,010	0,003	1,232
apr-17	CP	0,150	0,000	0,227	0,000	0,000	0,000	0,007	0,005	0,002	0,391

RISCHIO TOTALE MAMBINI NON CANCEROGENO

MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_	somma
apr-17	RI	0,202	0,001	0,366	0,000	0,000	0,000	0,014	0,014	0,005	0,604
apr-17	MA	0,362	0,002	0,542	0,001	0,001	0,000	0,011	0,011	0,005	0,937
apr-17	FA	0,280	0,002	0,439	0,001	0,001	0,000	0,016	0,011	0,007	0,757
apr-17	GI	0,239	0,002	0,671	0,001	0,001	0,000	0,015	0,011	0,004	0,944
apr-17	FR	0,230	0,001	0,289	0,001	0,000	0,000	0,013	0,025	0,002	0,561
apr-17	CB	0,298	0,001	0,484	0,001	0,001	0,000	0,018	0,011	0,007	0,821
apr-17	PI	0,296	0,001	0,351	0,001	0,001	0,000	0,017	0,017	0,004	0,688
apr-17	BR	0,346	0,001	0,399	0,001	0,000	0,000	0,009	0,011	0,002	0,771
apr-17	AR	0,265	0,001	0,421	0,001	0,000	0,000	0,017	0,011	0,004	0,721
apr-17	CR	0,290	0,002	0,571	0,001	0,000	0,000	0,015	0,011	0,005	0,895
apr-17	HG	0,384	0,003	0,623	0,001	0,001	0,000	0,015	0,015	0,005	1,047
apr-17	SA	0,400	0,001	0,489	0,001	0,001	0,000	0,015	0,024	0,005	0,937
apr-17	PV	0,377	0,002	0,423	0,001	0,001	0,000	0,015	0,011	0,005	0,834
apr-17	LG	0,363	0,001	0,395	0,001	0,001	0,000	0,017	0,011	0,003	0,792
apr-17	CZ	0,300	0,001	0,484	0,001	0,001	0,000	0,016	0,011	0,005	0,819
apr-17	HV	0,190	0,001	0,372	0,000	0,001	0,000	0,014	0,019	0,004	0,601
apr-17	UC	0,502	0,001	0,453	0,002	0,001	0,000	0,017	0,048	0,005	1,029

apr-17	CA	0,766	0,002	0,557	0,003	0,001	0,000	0,017	0,014	0,010	1,371
apr-17	CO	0,442	0,002	0,564	0,002	0,001	0,000	0,016	0,011	0,004	1,042
apr-17	RO	2,502	0,002	1,158	0,013	0,001	0,000	0,023	0,223	0,004	3,926
apr-17	OB	0,486	0,001	0,608	0,002	0,001	0,000	0,019	0,011	0,004	1,132
apr-17	PR	1,478	0,001	1,344	0,004	0,003	0,000	0,015	0,022	0,004	2,871
apr-17	CP	0,350	0,001	0,529	0,001	0,001	0,000	0,015	0,011	0,003	0,911

RISCHIO TOTALE ADULTI NON CANCEROGENO											
MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_	somma
May 2017	RI	0,093	0,000	0,159	0,000	0,000	0,000	0,002	0,011	0,004	0,269
May 2017	MA	0,095	0,000	0,156	0,001	0,000	0,000	0,004	0,005	0,005	0,265
May 2017	FA	0,115	0,000	0,160	0,000	0,000	0,000	0,003	0,005	0,004	0,288
May 2017	GI	0,114	0,000	0,252	0,000	0,000	0,000	0,004	0,005	0,004	0,379
May 2017	FR	0,110	0,000	0,200	0,000	0,000	0,000	0,004	0,017	0,004	0,336
May 2017	CB	0,119	0,000	0,190	0,001	0,000	0,000	0,004	0,005	0,003	0,322
May 2017	PI	0,111	0,000	0,142	0,000	0,000	0,000	0,001	0,006	0,002	0,263
May 2017	BR	0,066	0,000	0,115	0,000	0,000	0,000	0,003	0,005	0,002	0,191
May 2017	AR	0,101	0,000	0,176	0,000	0,000	0,000	0,004	0,005	0,003	0,290
May 2017	CR	0,137	0,000	0,210	0,000	0,000	0,000	0,005	0,005	0,005	0,363
May 2017	HG	0,078	0,000	0,147	0,000	0,000	0,000	0,004	0,009	0,004	0,243
May 2017	SA	0,075	0,000	0,138	0,000	0,000	0,000	0,005	0,010	0,005	0,232
May 2017	PV	0,084	0,000	0,145	0,000	0,000	0,000	0,004	0,005	0,003	0,241
May 2017	LG	0,106	0,000	0,154	0,001	0,000	0,000	0,004	0,005	0,002	0,271
May 2017	CZ	0,110	0,000	0,187	0,000	0,000	0,000	0,004	0,005	0,003	0,309
May 2017	HV	0,127	0,000	0,165	0,000	0,000	0,000	0,003	0,008	0,002	0,307
May 2017	UC	0,157	0,000	0,185	0,001	0,000	0,000	0,007	0,045	0,002	0,398
May 2017	CA	0,474	0,000	0,266	0,002	0,000	0,000	0,005	0,010	0,004	0,762
May 2017	CO	0,412	0,000	0,278	0,002	0,000	0,000	0,003	0,006	0,004	0,706
May 2017	RO	2,392	0,000	0,692	0,010	0,000	0,000	0,012	0,331	0,003	3,439
May 2017	OB	0,079	0,000	0,119	0,000	0,000	0,000	0,004	0,005	0,001	0,208
May 2017	PR	0,296	0,000	0,387	0,001	0,001	0,000	0,007	0,047	0,002	0,741
May 2017	CP	0,106	0,000	0,152	0,000	0,000	0,000	0,003	0,006	0,001	0,269

RISCHIO TOTALE BAMBINI NON CANCEROGENO											
MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_	somma
May 2017	RI	0,216	0,002	0,370	0,001	0,001	0,000	0,005	0,025	0,010	0,630
May 2017	MA	0,221	0,001	0,364	0,001	0,000	0,000	0,010	0,011	0,011	0,620
May 2017	FA	0,268	0,001	0,373	0,001	0,001	0,000	0,008	0,011	0,010	0,674
May 2017	GI	0,266	0,002	0,588	0,001	0,000	0,000	0,008	0,011	0,008	0,886
May 2017	FR	0,257	0,001	0,465	0,001	0,001	0,000	0,010	0,041	0,010	0,785
May 2017	CB	0,278	0,001	0,442	0,001	0,001	0,000	0,009	0,011	0,008	0,751
May 2017	PI	0,259	0,001	0,331	0,001	0,001	0,000	0,003	0,014	0,004	0,614
May 2017	BR	0,155	0,001	0,267	0,000	0,000	0,000	0,007	0,011	0,004	0,446
May 2017	AR	0,236	0,001	0,411	0,001	0,000	0,000	0,009	0,011	0,006	0,677
May 2017	CR	0,319	0,001	0,489	0,001	0,001	0,000	0,012	0,011	0,011	0,847
May 2017	HG	0,183	0,002	0,344	0,000	0,000	0,000	0,010	0,021	0,009	0,569
May 2017	SA	0,174	0,001	0,322	0,000	0,000	0,000	0,011	0,023	0,012	0,543
May 2017	PV	0,195	0,002	0,338	0,001	0,000	0,000	0,009	0,011	0,007	0,563
May 2017	LG	0,247	0,001	0,359	0,001	0,001	0,000	0,009	0,011	0,005	0,634
May 2017	CZ	0,256	0,001	0,436	0,001	0,001	0,000	0,008	0,011	0,007	0,722
May 2017	HV	0,297	0,001	0,386	0,000	0,001	0,000	0,007	0,020	0,005	0,716
May 2017	UC	0,365	0,001	0,432	0,002	0,001	0,000	0,017	0,105	0,005	0,928
May 2017	CA	1,105	0,002	0,621	0,004	0,001	0,000	0,012	0,023	0,010	1,778

May 2017	CO	0,962	0,002	0,649	0,005	0,001	0,000	0,008	0,014	0,009	1,649
May 2017	RO	5,578	0,002	1,613	0,023	0,001	0,000	0,028	0,771	0,007	8,023
May 2017	OB	0,185	0,002	0,277	0,000	0,000	0,000	0,010	0,011	0,002	0,488
May 2017	PR	0,691	0,001	0,902	0,003	0,001	0,000	0,016	0,110	0,006	1,729
May 2017	CP	0,248	0,001	0,355	0,001	0,001	0,000	0,006	0,014	0,003	0,628

RISCHIO TOTALE ADULTI NON CANCEROGENO											
MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_	somma
July 2017	RI	0,051	0,000	0,114	0,000	0,000	0,000	0,002	0,016	0,002	0,186
July 2017	MA	0,139	0,000	0,218	0,000	0,000	0,000	0,002	0,030	0,006	0,396
July 2017	FA	0,221	0,000	0,279	0,001	0,000	0,000	0,006	0,050	0,007	0,563
July 2017	GI	0,143	0,000	0,228	0,000	0,000	0,000	0,005	0,031	0,003	0,411
July 2017	FR	0,209	0,000	0,332	0,001	0,000	0,000	0,006	0,043	0,006	0,598
July 2017	CB	0,061	0,000	0,080	0,000	0,000	0,000	0,001	0,011	0,001	0,155
July 2017	PI	0,212	0,000	0,260	0,001	0,000	0,000	0,005	0,048	0,004	0,531
July 2017	BR	0,302	0,000	0,438	0,001	0,001	0,000	0,007	0,069	0,008	0,825
July 2017	AR	0,164	0,000	0,249	0,000	0,000	0,000	0,005	0,036	0,006	0,460
July 2017	CR	0,226	0,000	0,294	0,001	0,000	0,000	0,003	0,037	0,007	0,566
July 2017	HG	0,224	0,000	0,330	0,001	0,000	0,000	0,002	0,045	0,009	0,611
July 2017	SA	0,181	0,000	0,245	0,001	0,000	0,000	0,004	0,039	0,004	0,474
July 2017	PV	0,139	0,000	0,280	0,001	0,000	0,000	0,005	0,044	0,004	0,472
July 2017	LG	0,143	0,000	0,235	0,001	0,000	0,000	0,006	0,039	0,003	0,427
July 2017	CZ	0,135	0,000	0,283	0,001	0,000	0,000	0,005	0,042	0,005	0,471
July 2017	HV	0,116	0,000	0,193	0,000	0,000	0,000	0,005	0,028	0,002	0,346
July 2017	UC	0,260	0,000	0,300	0,001	0,000	0,000	0,008	0,061	0,005	0,637
July 2017	CA	0,472	0,000	0,409	0,002	0,001	0,000	0,008	0,086	0,005	0,982
July 2017	CO	0,833	0,000	0,438	0,003	0,000	0,000	0,007	0,130	0,006	1,417
July 2017	RO	1,504	0,000	0,753	0,011	0,001	0,000	0,010	0,348	0,004	2,630
July 2017	OB	0,344	0,000	0,376	0,002	0,000	0,000	0,009	0,085	0,004	0,821
July 2017	PR	0,434	0,000	0,690	0,001	0,001	0,000	0,004	0,060	0,004	1,195
July 2017	CP	0,198	0,000	0,333	0,001	0,000	0,000	0,008	0,035	0,003	0,578

RISCHIO TOTALE BAMBINI NON CANCEROGENO											
MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_	somma
July 2017	RI	0,120	0,001	0,266	0,001	0,000	0,000	0,005	0,038	0,004	0,435
July 2017	MA	0,323	0,001	0,507	0,001	0,001	0,000	0,005	0,071	0,014	0,924
July 2017	FA	0,514	0,001	0,651	0,002	0,001	0,000	0,013	0,117	0,015	1,315
July 2017	GI	0,334	0,001	0,531	0,001	0,000	0,000	0,011	0,073	0,008	0,959
July 2017	FR	0,488	0,001	0,774	0,002	0,001	0,000	0,015	0,100	0,015	1,395
July 2017	CB	0,141	0,000	0,186	0,000	0,000	0,000	0,003	0,026	0,003	0,361
July 2017	PI	0,495	0,001	0,607	0,002	0,001	0,000	0,013	0,111	0,009	1,238
July 2017	BR	0,705	0,002	1,021	0,002	0,001	0,000	0,015	0,161	0,019	1,927
July 2017	AR	0,382	0,001	0,581	0,001	0,001	0,000	0,011	0,085	0,013	1,075
July 2017	CR	0,526	0,002	0,685	0,001	0,001	0,000	0,006	0,086	0,015	1,322
July 2017	HG	0,522	0,003	0,770	0,001	0,001	0,000	0,005	0,104	0,021	1,427
July 2017	SA	0,422	0,001	0,572	0,002	0,001	0,000	0,010	0,090	0,010	1,107
July 2017	PV	0,323	0,002	0,652	0,002	0,001	0,000	0,012	0,102	0,009	1,103
July 2017	LG	0,332	0,001	0,549	0,002	0,001	0,000	0,013	0,090	0,007	0,996
July 2017	CZ	0,314	0,002	0,661	0,001	0,001	0,000	0,012	0,098	0,012	1,101
July 2017	HV	0,272	0,001	0,450	0,001	0,001	0,000	0,012	0,064	0,006	0,807
July 2017	UC	0,607	0,001	0,700	0,003	0,001	0,000	0,019	0,143	0,011	1,486
July 2017	CA	1,101	0,002	0,953	0,005	0,001	0,000	0,018	0,201	0,011	2,292
July 2017	CO	1,942	0,002	1,022	0,007	0,001	0,000	0,016	0,303	0,014	3,307

july 2017	RO	3,507	0,002	1,756	0,025	0,001	0,000	0,024	0,811	0,009	6,135
july 2017	OB	0,802	0,001	0,876	0,005	0,001	0,000	0,021	0,198	0,010	1,915
july 2017	PR	1,013	0,001	1,609	0,003	0,003	0,000	0,009	0,140	0,010	2,789
july 2017	CP	0,463	0,001	0,775	0,001	0,001	0,000	0,018	0,081	0,008	1,348

RISCHIO TOTALE ADULTI NON CANCEROGENO											
MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_	somma
Aug 2017	RI	0,107	0,000	0,153	0,000	0,000	0,000	0,005	0,023	0,003	0,291
August2017	MA	0,164	0,000	0,190	0,001	0,000	0,000	0,005	0,029	0,004	0,393
Aug 2017	FA	0,160	0,000	0,212	0,001	0,000	0,000	0,006	0,035	0,004	0,418
Aug 2017	GI	0,157	0,000	0,265	0,000	0,000	0,000	0,008	0,031	0,005	0,467
Aug 2017	FR	0,145	0,000	0,232	0,001	0,000	0,000	0,009	0,030	0,004	0,420
Aug 2017	CB	0,313	0,000	0,239	0,001	0,000	0,000	0,006	0,051	0,005	0,615
Aug 2017	PI	0,168	0,000	0,212	0,001	0,000	0,000	0,008	0,043	0,003	0,436
Aug 2017	BR	0,175	0,000	0,207	0,000	0,000	0,000	0,007	0,038	0,002	0,429
Aug 2017	AR	0,205	0,000	0,300	0,001	0,000	0,000	0,010	0,042	0,004	0,562
Aug 2017	CR	0,221	0,000	0,288	0,001	0,000	0,000	0,007	0,043	0,004	0,564
Aug 2017	HG	0,265	0,000	0,344	0,001	0,000	0,000	0,006	0,050	0,006	0,673
Aug 2017	SA	0,299	0,000	0,298	0,001	0,000	0,000	0,007	0,064	0,004	0,673
Aug 2017	PV	0,215	0,000	0,240	0,001	0,000	0,000	0,006	0,046	0,004	0,511
Aug 2017	LG	0,175	0,000	0,229	0,001	0,000	0,000	0,006	0,043	0,003	0,458
Aug 2017	CZ	0,211	0,000	0,317	0,001	0,000	0,000	0,006	0,045	0,006	0,586
Aug 2017	HV	0,211	0,000	0,267	0,001	0,000	0,000	0,008	0,046	0,004	0,538
Aug 2017	UC	0,244	0,000	0,223	0,002	0,000	0,000	0,007	0,060	0,003	0,539
Aug 2017	CA	0,443	0,000	0,297	0,002	0,000	0,000	0,008	0,068	0,004	0,822
Aug 2017	CO	0,337	0,000	0,280	0,002	0,000	0,000	0,005	0,082	0,004	0,710
Aug 2017	RO	2,004	0,000	0,797	0,013	0,001	0,000	0,013	0,422	0,004	3,254
Aug 2017	OB	0,213	0,000	0,212	0,001	0,000	0,000	0,006	0,052	0,002	0,487
Aug 2017	PR	0,314	0,000	0,463	0,001	0,001	0,000	0,009	0,072	0,002	0,863
Aug 2017	CP	0,156	0,000	0,185	0,001	0,000	0,000	0,005	0,030	0,002	0,380

RISCHIO TOTALE BAMBINI NON CANCEROGENO											
MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_	somma
Aug 2017	RI	0,249	0,001	0,357	0,001	0,000	0,000	0,012	0,054	0,006	0,680
Aug 2017	MA	0,382	0,001	0,444	0,001	0,000	0,000	0,011	0,068	0,009	0,917
Aug 2017	FA	0,373	0,001	0,495	0,001	0,001	0,000	0,014	0,081	0,010	0,975
Aug 2017	GI	0,367	0,002	0,618	0,001	0,001	0,000	0,019	0,073	0,011	1,091
Aug 2017	FR	0,339	0,001	0,541	0,001	0,001	0,000	0,020	0,069	0,009	0,981
Aug 2017	CB	0,731	0,001	0,558	0,002	0,001	0,000	0,013	0,118	0,011	1,436
Aug 2017	PI	0,392	0,002	0,495	0,002	0,001	0,000	0,018	0,101	0,007	1,017
Aug 2017	BR	0,409	0,001	0,482	0,001	0,000	0,000	0,016	0,088	0,004	1,001
Aug 2017	AR	0,479	0,001	0,699	0,001	0,001	0,000	0,023	0,099	0,009	1,313
Aug 2017	CR	0,515	0,002	0,672	0,001	0,001	0,000	0,017	0,100	0,010	1,317
Aug 2017	HG	0,618	0,003	0,803	0,002	0,001	0,000	0,015	0,117	0,015	1,573
Aug 2017	SA	0,698	0,001	0,694	0,002	0,001	0,000	0,016	0,148	0,010	1,571
Aug 2017	PV	0,501	0,001	0,559	0,002	0,001	0,000	0,015	0,106	0,008	1,194
Aug 2017	LG	0,408	0,001	0,534	0,002	0,001	0,000	0,015	0,099	0,008	1,069
Aug 2017	CZ	0,493	0,002	0,739	0,002	0,001	0,000	0,015	0,104	0,014	1,369
Aug 2017	HV	0,493	0,001	0,623	0,002	0,001	0,000	0,018	0,108	0,009	1,256
Aug 2017	UC	0,569	0,001	0,519	0,004	0,001	0,000	0,017	0,141	0,006	1,257
Aug 2017	CA	1,034	0,001	0,694	0,004	0,001	0,000	0,019	0,158	0,009	1,919
Aug 2017	CO	0,786	0,002	0,653	0,005	0,001	0,000	0,012	0,191	0,009	1,658
Aug 2017	RO	4,675	0,002	1,859	0,030	0,001	0,000	0,031	0,984	0,009	7,591

Aug 2017	OB	0,497	0,001	0,494	0,003	0,000	0,000	0,014	0,122	0,005	1,136
Aug 2017	PR	0,732	0,001	1,080	0,003	0,002	0,000	0,021	0,168	0,006	2,014
Aug 2017	CP	0,364	0,001	0,431	0,001	0,001	0,000	0,012	0,071	0,005	0,886

RISCHIO TOTALE ADULTI NON CANCEROGENO											
MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_	somma
sept 2017	RI	0,139	0,000	0,173	0,000	0,000	0,000	0,007	0,024	0,004	0,347
sept 2017	MA	0,241	0,000	0,226	0,001	0,000	0,000	0,008	0,031	0,005	0,513
sept 2017	FA	0,182	0,000	0,228	0,001	0,000	0,000	0,008	0,033	0,005	0,456
sept 2017	GI	0,233	0,000	0,343	0,001	0,000	0,000	0,012	0,039	0,006	0,634
sept 2017	FR	0,167	0,000	0,239	0,001	0,000	0,000	0,011	0,029	0,005	0,451
sept 2017	CB	0,332	0,000	0,267	0,001	0,000	0,000	0,008	0,048	0,003	0,659
sept 2017	PI	0,256	0,000	0,179	0,001	0,000	0,000	0,006	0,030	0,002	0,474
sept 2017	BR	0,205	0,000	0,147	0,000	0,000	0,000	0,009	0,018	0,005	0,383
sept 2017	AR	0,225	0,000	0,279	0,001	0,000	0,000	0,013	0,035	0,005	0,558
sept 2017	CR	0,218	0,000	0,320	0,001	0,000	0,000	0,009	0,037	0,006	0,591
sept 2017	HG	0,227	0,000	0,331	0,001	0,000	0,000	0,016	0,042	0,007	0,623
sept 2017	SA	0,241	0,000	0,256	0,001	0,000	0,000	0,009	0,042	0,005	0,555
sept 2017	PV	0,241	0,000	0,188	0,001	0,000	0,000	0,005	0,031	0,004	0,469
sept 2017	LG	0,208	0,000	0,208	0,001	0,000	0,000	0,006	0,037	0,004	0,464
sept 2017	CZ	0,223	0,000	0,349	0,001	0,000	0,000	0,010	0,043	0,007	0,633
sept 2017	HV	0,236	0,000	0,318	0,001	0,000	0,000	0,010	0,047	0,005	0,618
sept 2017	UC	0,259	0,000	0,270	0,001	0,000	0,000	0,010	0,049	0,004	0,594
sept 2017	CA	0,614	0,000	0,261	0,001	0,000	0,000	0,010	0,056	0,004	0,946
sept 2017	CO	0,291	0,000	0,112	0,001	0,000	0,000	0,002	0,035	0,001	0,442
sept 2017	RO	3,122	0,000	1,042	0,012	0,000	0,000	0,013	0,456	0,007	4,653
sept 2017	OB	0,350	0,000	0,302	0,001	0,001	0,000	0,009	0,047	0,003	0,712
sept 2017	PR	0,540	0,000	0,535	0,002	0,001	0,000	0,010	0,060	0,004	1,152
sept 2017	CP	0,195	0,000	0,151	0,000	0,000	0,000	0,006	0,022	0,002	0,375

RISCHIO TOTALE BAMBINI NON CANCEROGENO											
MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_	somma
sept 2017	RI	0,325	0,001	0,402	0,001	0,001	0,000	0,017	0,055	0,008	0,811
sept 2017	MA	0,561	0,001	0,528	0,002	0,001	0,000	0,019	0,073	0,011	1,197
sept 2017	FA	0,423	0,001	0,532	0,002	0,001	0,000	0,019	0,076	0,011	1,065
sept 2017	GI	0,544	0,002	0,800	0,002	0,001	0,000	0,027	0,091	0,014	1,480
sept 2017	FR	0,389	0,001	0,557	0,001	0,001	0,000	0,025	0,067	0,011	1,052
sept 2017	CB	0,773	0,001	0,623	0,002	0,001	0,000	0,018	0,111	0,007	1,537
sept 2017	PI	0,598	0,001	0,418	0,002	0,001	0,000	0,014	0,070	0,005	1,107
sept 2017	BR	0,477	0,001	0,342	0,001	0,000	0,000	0,020	0,042	0,012	0,894
sept 2017	AR	0,524	0,001	0,650	0,002	0,001	0,000	0,030	0,081	0,012	1,302
sept 2017	CR	0,508	0,002	0,747	0,001	0,001	0,000	0,021	0,087	0,014	1,381
sept 2017	HG	0,529	0,003	0,772	0,002	0,001	0,000	0,036	0,097	0,016	1,456
sept 2017	SA	0,563	0,001	0,598	0,002	0,001	0,000	0,021	0,098	0,011	1,295
sept 2017	PV	0,562	0,002	0,438	0,002	0,001	0,000	0,012	0,072	0,009	1,096
sept 2017	LG	0,485	0,001	0,486	0,002	0,001	0,000	0,014	0,086	0,008	1,082
sept 2017	CZ	0,520	0,003	0,814	0,002	0,001	0,000	0,023	0,100	0,017	1,479
sept 2017	HV	0,551	0,002	0,741	0,002	0,001	0,000	0,024	0,110	0,012	1,442
sept 2017	UC	0,604	0,001	0,629	0,003	0,001	0,000	0,023	0,115	0,009	1,386
sept 2017	CA	1,432	0,001	0,609	0,003	0,001	0,000	0,022	0,131	0,009	2,208
sept 2017	CO	0,680	0,000	0,261	0,002	0,000	0,000	0,004	0,081	0,002	1,031
sept 2017	RO	7,280	0,003	2,430	0,029	0,001	0,000	0,029	1,064	0,017	10,854
sept 2017	OB	0,816	0,001	0,703	0,003	0,001	0,000	0,020	0,110	0,007	1,661

sept 2017	PR	1,259	0,001	1,247	0,004	0,003	0,000	0,024	0,140	0,009	2,688
sept 2017	CP	0,454	0,001	0,351	0,001	0,000	0,000	0,013	0,050	0,005	0,876

RISCHIO TOTALE ADULTI NON CANCEROGENO

MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_	somma
nov-17	RI	0,113	0,000	0,190	0,000	0,000	0,000	0,010	0,023	0,004	0,342
nov-17	MA	0,150	0,000	0,286	0,001	0,000	0,000	0,009	0,023	0,007	0,476
nov-17	FA	0,144	0,000	0,246	0,001	0,000	0,000	0,010	0,032	0,005	0,439
nov-17	GI	0,211	0,000	0,496	0,001	0,000	0,000	0,019	0,038	0,010	0,776
nov-17	FR	0,100	0,000	0,268	0,001	0,000	0,000	0,019	0,021	0,005	0,413
nov-17	CB	0,230	0,000	0,239	0,001	0,000	0,000	0,017	0,050	0,004	0,542
nov-17	PI	0,212	0,000	0,217	0,002	0,000	0,000	0,024	0,036	0,003	0,494
nov-17	BR	0,213	0,000	0,313	0,001	0,000	0,000	0,021	0,033	0,006	0,588
nov-17	AR	0,265	0,000	0,390	0,002	0,000	0,000	0,020	0,044	0,007	0,727
nov-17	CR	0,199	0,000	0,330	0,001	0,000	0,000	0,008	0,030	0,008	0,576
nov-17	HG	0,198	0,000	0,328	0,001	0,000	0,000	0,031	0,038	0,008	0,605
nov-17	SA	0,184	0,000	0,283	0,001	0,000	0,000	0,015	0,032	0,006	0,522
nov-17	PV	0,257	0,000	0,215	0,001	0,000	0,000	0,010	0,032	0,005	0,520
nov-17	LG	0,193	0,000	0,235	0,001	0,000	0,000	0,020	0,032	0,004	0,485
nov-17	CZ	0,230	0,000	0,399	0,001	0,000	0,000	0,008	0,042	0,009	0,689
nov-17	HV	0,274	0,000	0,337	0,001	0,000	0,000	0,013	0,053	0,004	0,682
nov-17	UC	0,314	0,000	0,283	0,001	0,000	0,000	0,014	0,048	0,004	0,664
nov-17	CA	0,271	0,000	0,266	0,001	0,000	0,000	0,014	0,046	0,005	0,603
nov-17	CO	0,486	0,000	0,377	0,005	0,000	0,000	0,021	0,094	0,007	0,992
nov-17	RO	1,386	0,000	0,652	0,007	0,001	0,000	0,017	0,248	0,004	2,316
nov-17	OB	0,452	0,000	0,309	0,001	0,000	0,000	0,013	0,054	0,004	0,833
nov-17	PR	0,309	0,000	0,466	0,001	0,001	0,000	0,015	0,048	0,004	0,844
nov-17	CP	0,160	0,000	0,270	0,001	0,000	0,000	0,010	0,033	0,002	0,476

RISCHIO TOTALE BAMBINI NON CANCEROGENO

MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_	somma
nov-17	RI	0,263	0,001	0,443	0,001	0,001	0,000	0,024	0,055	0,010	0,798
nov-17	MA	0,349	0,001	0,667	0,001	0,001	0,000	0,022	0,054	0,016	1,112
nov-17	FA	0,336	0,001	0,574	0,002	0,001	0,000	0,024	0,074	0,012	1,024
nov-17	GI	0,492	0,004	1,158	0,002	0,001	0,000	0,044	0,090	0,023	1,813
nov-17	FR	0,232	0,001	0,626	0,001	0,001	0,000	0,043	0,049	0,011	0,965
nov-17	CB	0,536	0,001	0,558	0,003	0,001	0,000	0,040	0,117	0,010	1,266
nov-17	PI	0,495	0,001	0,506	0,004	0,001	0,000	0,057	0,083	0,007	1,154
nov-17	BR	0,498	0,002	0,729	0,002	0,001	0,000	0,049	0,078	0,015	1,373
nov-17	AR	0,617	0,002	0,910	0,004	0,001	0,000	0,046	0,102	0,017	1,698
nov-17	CR	0,463	0,003	0,770	0,001	0,001	0,000	0,020	0,070	0,019	1,346
nov-17	HG	0,461	0,003	0,766	0,002	0,001	0,000	0,073	0,088	0,019	1,413
nov-17	SA	0,429	0,002	0,661	0,002	0,001	0,000	0,035	0,074	0,014	1,218
nov-17	PV	0,600	0,001	0,500	0,002	0,001	0,000	0,024	0,076	0,011	1,214
nov-17	LG	0,450	0,001	0,547	0,002	0,001	0,000	0,047	0,076	0,009	1,132
nov-17	CZ	0,537	0,003	0,931	0,002	0,001	0,000	0,018	0,097	0,021	1,611
nov-17	HV	0,639	0,001	0,785	0,003	0,001	0,000	0,030	0,123	0,009	1,591
nov-17	UC	0,733	0,001	0,660	0,003	0,001	0,000	0,032	0,111	0,008	1,549
nov-17	CA	0,633	0,001	0,620	0,003	0,001	0,000	0,033	0,106	0,011	1,409
nov-17	CO	1,134	0,003	0,880	0,013	0,001	0,000	0,049	0,219	0,017	2,315
nov-17	RO	3,233	0,002	1,521	0,017	0,001	0,000	0,040	0,579	0,009	5,403
nov-17	OB	1,055	0,001	0,721	0,003	0,001	0,000	0,029	0,126	0,009	1,945
nov-17	PR	0,721	0,001	1,087	0,003	0,002	0,000	0,036	0,112	0,009	1,970

nov-17	CP	0,373	0,001	0,629	0,002	0,001	0,000	0,024	0,076	0,006	1,112
--------	----	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

RISCHIO TOTALE ADULTI NON CANCEROGENO											
MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_	somma
dic-17	RI	0,125	0,000	0,256	0,000	0,000	0,000	0,021	0,023	0,006	0,432
dic-17	MA	0,138	0,000	0,323	0,000	0,000	0,000	0,032	0,022	0,007	0,523
dic-17	FA	0,381	0,000	0,683	0,001	0,002	0,000	0,070	0,064	0,015	1,215
dic-17	GI	0,262	0,000	0,463	0,001	0,001	0,000	0,028	0,042	0,020	0,816
dic-17	FR	0,181	0,000	0,384	0,001	0,000	0,000	0,022	0,030	0,006	0,625
dic-17	CB	0,221	0,000	0,442	0,001	0,001	0,000	0,037	0,039	0,009	0,749
dic-17	PI	0,124	0,000	0,233	0,001	0,000	0,000	0,027	0,023	0,004	0,410
dic-17	BR	0,103	0,000	0,215	0,000	0,000	0,000	0,024	0,019	0,004	0,367
dic-17	AR	0,127	0,000	0,365	0,001	0,001	0,000	0,030	0,027	0,007	0,558
dic-17	CR	0,244	0,000	0,362	0,001	0,000	0,000	0,018	0,033	0,008	0,666
dic-17	HG	0,270	0,000	0,416	0,001	0,000	0,000	0,025	0,040	0,010	0,763
dic-17	SA	0,150	0,000	0,312	0,001	0,001	0,000	0,028	0,027	0,007	0,525
dic-17	PV	0,132	0,000	0,305	0,000	0,000	0,000	0,028	0,031	0,008	0,504
dic-17	LG	0,146	0,000	0,246	0,001	0,000	0,000	0,054	0,028	0,004	0,479
dic-17	CZ	0,230	0,000	0,365	0,001	0,000	0,000	0,021	0,037	0,008	0,663
dic-17	HV	0,188	0,000	0,281	0,001	0,000	0,000	0,032	0,029	0,004	0,535
dic-17	UC	0,196	0,000	0,271	0,001	0,000	0,000	0,027	0,031	0,004	0,530
dic-17	CA	0,242	0,000	0,325	0,001	0,001	0,000	0,031	0,036	0,006	0,643
dic-17	CO	0,468	0,000	0,417	0,001	0,001	0,000	0,028	0,062	0,007	0,983
dic-17	RO	1,294	0,000	0,630	0,005	0,001	0,000	0,028	0,189	0,006	2,153
dic-17	OB	0,485	0,000	0,482	0,002	0,001	0,000	0,050	0,074	0,004	1,097
dic-17	PR	1,134	0,000	1,803	0,003	0,003	0,000	0,066	0,111	0,010	3,130
dic-17	CP	0,264	0,000	0,333	0,001	0,000	0,000	0,038	0,045	0,003	0,684

RISCHIO TOTALE BAMBINI NON CANCEROGENO											
MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_	somma
dic-17	RI	0,293	0,002	0,598	0,001	0,001	0,000	0,049	0,053	0,014	1,010
dic-17	MA	0,322	0,002	0,753	0,001	0,001	0,000	0,074	0,051	0,017	1,221
dic-17	FA	0,889	0,004	1,592	0,003	0,004	0,000	0,164	0,148	0,034	2,837
dic-17	GI	0,610	0,005	1,081	0,002	0,001	0,000	0,066	0,097	0,046	1,908
dic-17	FR	0,423	0,003	0,895	0,001	0,001	0,000	0,052	0,071	0,015	1,461
dic-17	CB	0,514	0,002	1,031	0,002	0,002	0,000	0,086	0,090	0,022	1,749
dic-17	PI	0,288	0,001	0,542	0,001	0,001	0,000	0,062	0,054	0,008	0,958
dic-17	BR	0,241	0,001	0,502	0,001	0,001	0,000	0,056	0,045	0,010	0,857
dic-17	AR	0,296	0,002	0,852	0,001	0,002	0,000	0,070	0,062	0,017	1,303
dic-17	CR	0,569	0,003	0,844	0,002	0,001	0,000	0,041	0,078	0,019	1,557
dic-17	HG	0,631	0,005	0,970	0,002	0,001	0,000	0,058	0,092	0,024	1,783
dic-17	SA	0,350	0,002	0,728	0,001	0,001	0,000	0,065	0,063	0,015	1,227
dic-17	PV	0,307	0,003	0,711	0,001	0,001	0,000	0,066	0,071	0,018	1,179
dic-17	LG	0,340	0,001	0,574	0,001	0,001	0,000	0,126	0,065	0,009	1,119
dic-17	CZ	0,535	0,003	0,852	0,002	0,001	0,000	0,050	0,086	0,018	1,548
dic-17	HV	0,438	0,001	0,655	0,002	0,001	0,000	0,074	0,068	0,010	1,250
dic-17	UC	0,456	0,001	0,632	0,002	0,001	0,000	0,063	0,071	0,010	1,237
dic-17	CA	0,564	0,002	0,758	0,002	0,001	0,000	0,073	0,085	0,014	1,500
dic-17	CO	1,092	0,002	0,973	0,003	0,001	0,000	0,064	0,144	0,015	2,295
dic-17	RO	3,019	0,002	1,470	0,012	0,001	0,000	0,065	0,440	0,014	5,023
dic-17	OB	1,131	0,002	1,124	0,005	0,001	0,000	0,116	0,171	0,009	2,560
dic-17	PR	2,644	0,003	4,205	0,008	0,007	0,001	0,155	0,259	0,022	7,303
dic-17	CP	0,615	0,001	0,776	0,003	0,001	0,000	0,089	0,104	0,008	1,597

RISCHIO TOTALE ADULTI NON CANCEROGENO											
MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_	somma
feb-18	RI	0,181	0,000	0,285	0,000	0,000	0,000	0,025	0,030	0,008	0,529
feb-18	MA	0,236	0,000	0,315	0,001	0,001	0,000	0,029	0,037	0,009	0,626
feb-18	FA	0,308	0,000	0,499	0,001	0,001	0,000	0,049	0,050	0,012	0,921
feb-18	GI	0,377	0,000	0,564	0,001	0,001	0,000	0,029	0,060	0,014	1,046
feb-18	FR	0,207	0,000	0,372	0,001	0,001	0,000	0,025	0,034	0,007	0,646
feb-18	CB	0,232	0,000	0,360	0,001	0,001	0,000	0,029	0,038	0,007	0,667
feb-18	PI	0,291	0,000	0,371	0,001	0,001	0,000	0,029	0,064	0,007	0,764
feb-18	BR	0,365	0,000	0,504	0,001	0,001	0,000	0,057	0,052	0,013	0,995
feb-18	AR	0,293	0,000	0,512	0,001	0,001	0,000	0,055	0,053	0,010	0,925
feb-18	CR	0,285	0,000	0,437	0,001	0,001	0,000	0,027	0,046	0,011	0,807
feb-18	HG	0,252	0,000	0,424	0,001	0,001	0,000	0,029	0,044	0,011	0,761
feb-18	SA	0,266	0,000	0,401	0,001	0,001	0,000	0,032	0,044	0,010	0,754
feb-18	PV	0,253	0,000	0,341	0,001	0,001	0,000	0,029	0,046	0,008	0,679
feb-18	LG	0,230	0,000	0,320	0,001	0,001	0,000	0,038	0,046	0,006	0,641
feb-18	CZ	0,252	0,000	0,384	0,001	0,001	0,000	0,037	0,042	0,009	0,726
feb-18	HV	0,274	0,000	0,364	0,001	0,001	0,000	0,061	0,045	0,007	0,754
feb-18	UC	0,350	0,000	0,361	0,001	0,001	0,000	0,029	0,053	0,006	0,800
feb-18	CA	0,345	0,000	0,373	0,001	0,001	0,000	0,029	0,058	0,007	0,814
feb-18	CO	0,384	0,000	0,397	0,001	0,001	0,000	0,036	0,058	0,009	0,887
feb-18	RO	1,635	0,000	0,770	0,006	0,001	0,000	0,069	0,228	0,008	2,715
feb-18	OB	0,515	0,000	0,458	0,002	0,001	0,000	0,060	0,076	0,006	1,117
feb-18	PR	0,530	0,000	0,651	0,002	0,001	0,000	0,081	0,068	0,006	1,339
feb-18	CP	0,269	0,000	0,296	0,001	0,000	0,000	0,036	0,044	0,004	0,651

RISCHIO TOTALE BAMBINI NON CANCEROGENO											
MOUNTH	SITE	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_	somma
feb-18	RI	0,421	0,002	0,666	0,001	0,001	0,000	0,058	0,069	0,018	1,236
feb-18	MA	0,550	0,002	0,733	0,001	0,001	0,000	0,067	0,086	0,022	1,462
feb-18	FA	0,719	0,003	1,163	0,002	0,002	0,000	0,115	0,117	0,028	2,150
feb-18	GI	0,880	0,005	1,314	0,002	0,002	0,000	0,067	0,141	0,032	2,444
feb-18	FR	0,482	0,002	0,867	0,001	0,001	0,000	0,059	0,079	0,016	1,509
feb-18	CB	0,541	0,001	0,839	0,002	0,001	0,000	0,067	0,088	0,017	1,557
feb-18	PI	0,678	0,001	0,866	0,002	0,002	0,000	0,068	0,149	0,016	1,783
feb-18	BR	0,852	0,003	1,176	0,003	0,002	0,000	0,133	0,122	0,031	2,322
feb-18	AR	0,683	0,003	1,194	0,002	0,002	0,000	0,127	0,125	0,022	2,159
feb-18	CR	0,664	0,004	1,020	0,002	0,001	0,000	0,062	0,106	0,025	1,885
feb-18	HG	0,587	0,004	0,988	0,002	0,001	0,000	0,068	0,104	0,025	1,778
feb-18	SA	0,621	0,002	0,934	0,002	0,001	0,000	0,074	0,103	0,023	1,761
feb-18	PV	0,589	0,003	0,796	0,002	0,001	0,000	0,069	0,108	0,018	1,586
feb-18	LG	0,536	0,002	0,745	0,002	0,001	0,000	0,088	0,107	0,014	1,496
feb-18	CZ	0,587	0,003	0,897	0,002	0,001	0,000	0,087	0,098	0,020	1,695
feb-18	HV	0,640	0,001	0,850	0,002	0,001	0,000	0,142	0,104	0,017	1,759
feb-18	UC	0,816	0,002	0,841	0,003	0,001	0,000	0,067	0,124	0,014	1,866
feb-18	CA	0,805	0,002	0,870	0,003	0,001	0,000	0,067	0,136	0,017	1,901
feb-18	CO	0,896	0,002	0,926	0,003	0,001	0,000	0,085	0,135	0,022	2,070
feb-18	RO	3,813	0,002	1,795	0,014	0,002	0,000	0,160	0,531	0,018	6,334
feb-18	OB	1,201	0,001	1,069	0,004	0,002	0,000	0,139	0,176	0,014	2,606
feb-18	PR	1,236	0,001	1,518	0,004	0,002	0,000	0,189	0,160	0,014	3,125
feb-18	CP	0,627	0,001	0,691	0,002	0,001	0,000	0,084	0,103	0,010	1,520

APPENDICE F % Calcolo del rischio non cancerogeno per singolo metallo negli adulti (valori medi annuali)

	% rischio non canc. adulti								
	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_
RI	36,740	0,019	52,065	0,108	0,082	0,011	3,110	6,513	1,353
MA	36,406	0,017	53,915	0,110	0,076	0,010	2,560	5,454	1,453
FA	36,262	0,013	52,053	0,129	0,091	0,014	3,875	6,321	1,241
GI	35,734	0,021	55,077	0,097	0,060	0,009	2,299	5,460	1,242
FR	34,839	0,015	55,324	0,110	0,071	0,009	2,880	5,702	1,049
CB	40,542	0,011	48,968	0,152	0,075	0,011	2,932	6,360	0,949
PI	41,663	0,011	47,058	0,172	0,080	0,013	3,138	7,051	0,815
BR	40,673	0,013	48,658	0,127	0,080	0,010	3,346	6,095	0,998
AR	36,661	0,014	53,155	0,131	0,076	0,010	3,053	5,911	0,990
CR	37,980	0,020	53,122	0,107	0,061	0,008	1,967	5,560	1,176
HG	37,101	0,023	53,012	0,106	0,061	0,011	2,392	5,990	1,305
SA	40,187	0,014	49,112	0,134	0,069	0,009	2,632	6,796	1,047
PV	42,451	0,015	46,661	0,144	0,074	0,011	2,824	6,872	0,949
LG	40,444	0,013	47,754	0,154	0,082	0,010	3,823	6,899	0,820
CZ	37,791	0,017	52,370	0,123	0,070	0,010	2,314	6,184	1,122
HV	42,581	0,011	46,589	0,136	0,070	0,009	2,950	6,917	0,738
UC	46,668	0,010	41,726	0,180	0,065	0,008	2,465	8,169	0,710
CA	49,890	0,012	39,725	0,173	0,058	0,009	2,375	6,959	0,801
CO	51,058	0,011	38,497	0,226	0,050	0,006	1,791	7,641	0,720
RO	61,176	0,004	27,319	0,301	0,026	0,003	0,843	10,133	0,197
OB	49,511	0,007	40,517	0,189	0,058	0,007	2,182	7,092	0,438
PR	45,428	0,005	46,708	0,150	0,085	0,007	1,688	5,607	0,322
CP	46,199	0,008	44,767	0,139	0,075	0,010	2,450	5,883	0,469

APPENDICE G % Calcolo del rischio non cancerogeno nei bambini (valori medi annuali)

	% rischio nc bambini								
	Cr_	Cu_	Mn_	Ni_	Pb_	Zn_	Cd_	Co_	Sb_
RI	36,677	0,190	51,976	0,108	0,082	0,011	3,104	6,502	1,351
MA	36,350	0,169	53,833	0,110	0,076	0,010	2,556	5,446	1,451
FA	36,218	0,134	51,990	0,128	0,091	0,014	3,870	6,314	1,240
GI	35,667	0,208	54,974	0,097	0,060	0,009	2,295	5,450	1,240
FR	34,792	0,151	55,248	0,110	0,071	0,009	2,876	5,695	1,047
CB	40,503	0,107	48,921	0,152	0,075	0,011	2,929	6,354	0,948
PI	41,621	0,112	47,010	0,172	0,080	0,013	3,134	7,044	0,814
BR	40,625	0,130	48,601	0,127	0,079	0,010	3,342	6,088	0,997
AR	36,616	0,136	53,090	0,131	0,076	0,010	3,050	5,903	0,989
CR	37,912	0,199	53,027	0,107	0,061	0,008	1,963	5,550	1,174
HG	37,026	0,227	52,904	0,105	0,061	0,011	2,387	5,977	1,302
SA	40,137	0,140	49,050	0,134	0,069	0,009	2,628	6,787	1,046
PV	42,395	0,147	46,599	0,144	0,074	0,011	2,820	6,862	0,948
LG	40,398	0,127	47,700	0,154	0,082	0,010	3,819	6,891	0,819
CZ	37,731	0,174	52,288	0,122	0,069	0,010	2,310	6,174	1,120
HV	42,538	0,112	46,542	0,136	0,070	0,009	2,947	6,910	0,737
UC	46,627	0,098	41,689	0,180	0,064	0,008	2,462	8,162	0,709
CA	49,837	0,118	39,682	0,173	0,058	0,009	2,372	6,951	0,800
CO	51,006	0,114	38,457	0,225	0,050	0,006	1,789	7,633	0,719
RO	61,155	0,037	27,310	0,301	0,026	0,003	0,842	10,129	0,197
OB	49,479	0,073	40,490	0,189	0,058	0,007	2,181	7,087	0,437

PR	45,408	0,049	46,687	0,150	0,085	0,007	1,687	5,605	0,322
CP	46,168	0,075	44,736	0,139	0,075	0,010	2,449	5,879	0,469

APPENDICE H (% Calcolo del rischio non cancerogeno negli adulti (valori medi annuali))

	% rischio cancerogeno adulti			
	Cr_sol	Ni_	Pb_	As_
RI	77,962	8,095	0,308	13,635
MA	76,150	9,088	0,314	14,448
FA	70,136	11,379	0,405	18,080
GI	74,133	10,654	0,331	14,882
FR	75,219	9,978	0,323	14,479
CB	73,386	11,701	0,290	14,622
PI	79,037	9,881	0,229	10,853
BR	73,973	10,259	0,321	15,447
AR	77,806	9,424	0,272	12,498
CR	75,791	10,855	0,308	13,046
HG	75,614	10,159	0,293	13,934
SA	77,353	10,303	0,267	12,077
PV	78,183	9,927	0,256	11,633
LG	77,653	10,216	0,270	11,860
CZ	75,465	8,946	0,254	15,335
HV	77,120	9,832	0,251	12,797
UC	75,404	13,383	0,240	10,973
CA	74,979	14,269	0,239	10,512
CO	71,274	18,043	0,200	10,483
RO	65,433	26,529	0,114	7,925
OB	77,872	13,140	0,200	8,788
PR	84,052	9,977	0,283	5,688
CP	77,634	10,107	0,272	11,987