



In Collaborazione con:
i Comitati di Quartiere di Forlì

DIFENDIAMO L'AMBIENTE CON LE UNGHIE!



Iniziativa di Biomonitoraggio
di metalli pesanti nelle unghie della popolazione infantile
nel territorio di Forlì su richiesta volontaria da parte dei genitori

TAVOLO DELLE ASSOCIAZIONI AMBIENTALI DEL COMUNE DI FORLÌ



Clean-Destino
per il ciclo di vita
www.clean-destino.it



Pro
Natura
Forlì



WWF
Forlì



Iniziativa di Biomonitoraggio nel Comune di FORLÌ
MARZO-APRILE 2017

Comitato Organizzatore:

Responsabile: **Ruggero Ridolfi** (Oncologo, Endocrinologo), **ISDE** Forlì-Cesena

Segretaria: **Loretta Prati**

Tesoriere: **Gabriella Fabbri**

Raccolta dati e materiale: **Nadine Finke, Paolo Bonoli, Luciano Semproli, Ornella Mordenti**

Organizzazione eventi e raccolta fondi: **Alberto Conti**

Consiglieri: **Bruno Mini, Lisa Tasselli, Annamaria Nanni, Elena Giberti, Giovanni Gnani, Marilena Mazzoni, Marcella Cacchi, Daniele Pizzigati**

In Rappresentanza dei Comitati di Quartiere di Forlì i Coordinatori di Zona: **Roberto Angelini** Centro; **Sara Conficoni** Nord; **Maurizio Naldi** Ovest; **Romeo Zanzani** Sud; **Antonio Fantini** Est;

Aderiscono all'iniziativa i **Medici** della Sezione **ISDE** Forlì-Cesena:

Patrizia Gentilini, Alberto Granata, Annalena Saletti, Federico Bartolini, Massimo Milandri, Alessandro Lucchesi.

PER INFORMAZIONI E COMUNICAZIONI:

Ruggero Ridolfi - ISDE Forlì-Cesena: ruggero.ridolfi@gmail.com

Loretta Prati: lorettapрати@libero.it



TAVOLO DELLE ASSOCIAZIONI AMBIENTALI DEL COMUNE DI FORLÌ



RIGRAZIAMENTI:

Il Logo dell'iniziativa è stato creato e donato da **Diana Colaianni**

Si ringraziano per la loro grande disponibilità ed il loro apporto:

- **Piero Lerede** e tutta la **“BandAIL”**,
- **Stefano Bordiglioni e Marco Versari**
- **Il M° Fausto Fiorentini**, l'Orchestra Giovanile dell'**Istituto Musicale “Angelo Masini”** e **Veronica Castellucci**
- **Ruggero Sintoni** di **“Accademia Perduta”**
- La Cooperativa **“Taverna Verde”**

e per i loro generosi contributi le famiglie **Gnani e Lucchi.**

“Questa economia uccide!”

Papa Francesco

In quasi tutte le società primitive era diffuso il concetto di una “Terra Madre” da venerare come prima fonte di vita. Le differenti religioni, in tempi più vicini, hanno comunque considerato la Terra ed i suoi frutti come doni divini a cui riconoscere rispetto e devozione. Negli ultimi tre secoli i fautori dell'Illuminismo hanno iniziato, invece, a considerare l'Uomo come protagonista assoluto del mondo, capace di diventarne, tramite la scienza, il padrone dominante. Già nel 17° secolo, il filosofo inglese Bacone teorizzava: *“Il dominio dell'uomo consiste nella conoscenza”* e considerava la Terra come: *“una donna prona ... i cui misteri possono essere padroneggiati dalla mente umana”*. Il concetto di una umanità che si sente moralmente autorizzata e potenzialmente capace di dominare la Terra, ritenuta illimitata nelle sue risorse e totalmente controllabile dalla scienza, è esplicitamente illustrato a metà del 1700 da William Derham: *“Possiamo se necessario saccheggiare l'intero globo, penetrare nelle viscere della Terra, scendere fino al più profondo dei meandri, spingerci fino alle più remote regioni di questo mondo, per acquisire ricchezza”*. L'invenzione della macchina a vapore nel 1782 da parte dell'ingegnere scozzese James Watt contribuì a rafforzare ed espandere questi concetti, fornendo la dimostrazione che la scienza era in grado di costruire meccanismi capaci di produrre energia (e ricchezza) sfruttando le “infinite” risorse naturali. La Madre Terra veniva trasformata in una serva arrendevole e remissiva, disponibile ad essere saccheggiata di ogni frutto e di ogni fonte energetica utile, ricevendone in cambio scorie inquinanti come fosse una immensa discarica.

Negli ultimi due secoli nel mondo occidentale il presunto diritto dell'Uomo a sfruttare le riserve energetiche della terra, unitamente ad una cieca fiducia nella scienza, considerata in grado di risolvere qualsiasi problema (energetico o inquinante), ha autorizzato ad una corsa sfrenata per il denaro ed il potere, che, tuttavia, si è andato accumulando sempre più nelle mani di pochi. È passato, così, il concetto di Economia quale primo interesse di ogni Nazione, al quale ormai tutto il mondo si è adeguato ed il Principio di Precauzione, sancito al summit della Terra di Rio del 1992 ed inserito nelle norme fondative dell'Unione Europea, viene ormai giudicato un ostacolo alla “crescita economica” ed al progresso.

L'assurda fede in una scienza in grado di risolvere ogni problema compreso quello dell'inquinamento sta mostrando il proprio limite: a tutt'oggi nessuno sa come si possano ripulire tutte le scorie del mondo. La CO₂, che continua ad aumentare in atmosfera causando una inarrestabile crescita della temperatura globale, causerà una inevitabile e progressiva acidificazione dei mari che metterà a repentaglio la vita marina e di conseguenza quella terrestre. Si continua a bruciare ogni forma di risorsa, i manufatti ed i loro involucri, i residui alimentari e tutti i rifiuti in genere, producendo non solo CO₂, ma tutta una serie di tossici/cancerogeni che inquinano tutto il nostro habitat. L'uso spesso sconsigliato di pesticidi ed erbicidi sta facendo accumulare nei nostri organismi molecole deleterie per la nostra salute e per quella dei nostri figli e nipoti, oltre a contribuire pesantemente alle emissioni dei gas serra. Sono anni difficili quelli che stiamo vivendo, cruciali per il futuro delle prossime generazioni, con focolai di guerra in molte parti del mondo, senza alcuna volontà da parte dei potenti della terra di invertire la sperequazione economica crescente, ma col pensiero fisso all'aumento del PIL (Prodotto Interno Lordo) sottostimando, infine, i rischi degli incombenti cambiamenti climatici.

Grazie alle nuove tecnologie, gruppi di semplici cittadini e piccole cooperative hanno, oggi, la possibilità di riappropriarsi della gestione delle risorse: acqua, agricoltura senza veleni, gestione dei rifiuti e soprattutto distribuzione paritaria dei riscontri economici. La metà delle strutture tedesche per l'energia rinnovabile è nelle mani di contadini, di gruppi di cittadini e di quasi 900 cooperative energetiche; in Danimarca dal 2000 circa l'85% delle turbine eoliche del paese è posseduto da piccole realtà come contadini e cooperative. Entrambi i paesi hanno dimostrato che questo modello porta immensi benefici sociali ed è compatibile con una transizione rapidissima. La globalizzazione del web può favorire questa "rivoluzione" e in numerosi paesi del mondo si stanno moltiplicando iniziative per perseguire analoghe vie diverse di sviluppo, abbandonando progressivamente l'inquinamento per avvelenamenti e combustioni nel rispetto della natura e della salute degli esseri viventi ⁽¹⁾.

Introduzione

È cresciuta negli ultimi anni la sensibilità e l'attenzione della popolazione nei confronti delle tematiche ambientali e del loro impatto sulla salute. Si avverte tuttavia una sorta di resistenza da parte degli apparati decisionali, che, comunque, tendono ad anteporre a tali argomentazioni quelle legate alla produzione economica. Le norme spesso non tutelano realmente l'ambiente: si tende ad aumentare le soglie dei limiti di emissioni piuttosto che imporre drasticamente la loro riduzione. È prassi ormai corrente chiedere autocertificazioni e/o controlli delle emissioni da parte di chi le emette e si nega a priori l'applicazione del Principio di Precauzione, considerato un ostacolo alla produzione ed al progresso. Si chiedono prove dei danni alla salute con dimostrazioni "scientifiche" inoppugnabili, che, come è noto, richiedono studi epidemiologici complessi costosi e soprattutto gravati da tempi lunghi, tali da produrre risultati (quasi sempre da "confermare con ulteriori studi") a distanza di anni. Attraverso i loro sistemi informatici le Aziende AUSL raccolgono una grande quantità di dati sanitari, ma questi sono utilizzati praticamente solo per computi economici e sono, invece, inutilizzabili ed inutilizzati per piani di Prevenzione Primaria. I dati sanitari più attendibili sono quelli dei Registri Tumori, scientificamente di alto livello, ma che comunque coprono "a macchia di leopardo" poco più della metà della popolazione italiana e, di fatto, forniscono una quadro tardivo dell'effetto dell'ambiente sulla cancerogenicità, perché i dati sono forniti con un ritardo di almeno 6-7 anni e riflettono esposizioni avvenute 10-20 prima. Infine, i controlli ambientali delle varie Istituzioni preposte (ARPA) devono seguire leggi o norme "minimali": controlli di emissioni di inquinanti ai camini 3-4 volte l'anno per sole 6-8 ore, centraline di controllo della qualità dell'aria insufficienti (1-2 per città, spesso non situate nei punti più critici) e limiti da rispettare dettati da norme che spesso non tranquillizzano affatto. Altre Istituzioni di tutela ambientale sono state addirittura "depotenziate" (Corpo forestale dello Stato - C.F.S. assorbito nel Corpo dell'Arma dei Carabinieri DL 177/2016), o sembrano essere messe in discussione (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale - ISPRA).

In questo quadro si stanno moltiplicando iniziative spontanee da parte di Associazioni e/o di gruppi di cittadini atte a condurre attività di Biomonitoraggio: invece di valutare sostanze contaminanti nell'ambiente, queste vengono dosate direttamente nell'organismo, come misurazione diretta dell'esposizione.

Biomonitoraggio (BM)

In numerosi Paesi europei e negli USA sono condotte attività di Biomonitoraggio (BM) da diversi anni, mentre in Italia si stanno perseguendo solo più di recente. I dati ad oggi reperibili riguardanti in particolare l'esposizione ai metalli, appaiono scarsi, come viene descritto nella pubblicazione dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS) "Rapporti ISTISAN 10/22" al quale, in questo paragrafo, si fa esplicito riferimento ⁽²⁾.

I dati di BM possono integrare quelli del Monitoraggio Ambientale e della sorveglianza sanitaria, per una valutazione più completa dello stato di salute del cittadino esposto ad inquinanti. Il BM deve tener conto delle varie vie di esposizione (dieta, aria, acqua e suolo), di quelle di assorbimento (respiratoria, orale e cutanea) e di tutti i fattori di variabilità individuali (susceptibilità, metabolismo, stili di vita, ecc). Può valutare sia l'esposizione del momento che quella di periodi anteriori e può seguire nel tempo l'entità dell'esposizione. Può essere, infine, in grado di identificare gruppi di popolazioni a maggior rischio.

Nel testo dell'ISS si legge: *"Un programma di BM presenta implicazioni etiche e sociali, poiché vengono raccolti e analizzati campioni umani, utilizzati dati personali e coinvolte fasce sensibili della popolazione quali i bambini. Il processo che porta alla partecipazione di un individuo allo studio è di fondamentale importanza e deve rispettare, ovviamente, la dignità, i diritti, la libertà di scelta dell'individuo, oltre il suo diritto alla privacy anche in base alle normative vigenti. La partecipazione è su base volontaria e sulla piena informazione della persona circa gli obiettivi e le possibili implicazioni dello studio. Solo in presenza di un consenso scritto e firmato da parte del partecipante o di chi ne esercita la potestà legale può avvenire il suo reclutamento. I campioni dovranno essere etichettati con codici e mai con i nomi dei donatori e l'elenco di corrispondenza codice/paziente dovrà essere conservato in luogo separato"* ⁽²⁾.

Il testo fornisce indicazioni sulle modalità possibili di definizione di differenti tipi di Valori di Riferimento (VR) per alcuni metalli pesanti e sono riportati i dati relativi alla situazione italiana di Biomonitoraggio dal 1990 al 2009: i VR riportati *"sono limitati a cinque matrici biologiche, ovvero sangue, siero, urina, fluido cerebrospinale (CSF) e latte materno, mentre per nessun metallo sono stati ad oggi definiti i VR in matrici come capelli e unghie"* ⁽²⁾.

Nell'unica tabella pubblicata nel volume ISS riguardante dati di concentrazione nelle unghie di 10 metalli riscontrate in 4 report italiani (tre riferiti ad un'unica sede di raccolta) il numero totale di soggetti esaminati risulta essere piuttosto esiguo (circa una cinquantina) (Tab 1).

Rapporti ISTISAN 10/22

Tabella 15. Concentrazione dei metalli nelle unghie

Metallo	N. soggetti	Media ± ds (µg/g)	Percentili (µg/g)		Tecnica analitica	[Bibliografia] Data
			25°	75°		
Al	40	37,5 ^a	22,0	87,0	NAA	[133] 2002
Cd	40	0,05 ^a	0,05	0,05	ICP-AES	[133] 2002
	58	0,02 ^a	0,01	0,41	ICP-AES	[134] 2005
	58	0,041±0,10			ICP-AES	[135] 2005
Co	40	18 ^a	9	41	NAA	[133] 2002
Cr	40	1,23 ^a	0,58	3,14	NAA	[133] 2002
	58	3,23±5,27			ICP-AES	[135] 2005
	58	1,40 ^a	0,53	3,78	NAA	[134] 2005
Cu	40	4,24 ^a	3,57	6,84	ICP-AES	[133] 2002
	58	3,20±2,84			ICP-AES	[135] 2005
	57	2,80 ^a	1,10	4,19	ICP-AES	[134] 2005
Fe	40	22 ^a	16	72	NAA	[133] 2002
	58	32,4±34,9			ICP-AES	[135] 2005
	57	23 ^a	18	32	NAA	[134] 2005
Mn	40	0,8 ^a	0,42	1,72	NAA	[133] 2002
Pb	40	1,22 ^a			ICP-AES	[133] 2002
	58	0,74±0,81			ICP-AES	[135] 2005
	50	0,51 ^a	0,20	1,08	ICP-AES	[134] 2005
Se	40	0,59 ^a	0,53	0,70	NAA	[133] 2002
	80 ♀	0,61±0,59 ^b			AAS	[136] 2003
	58	0,66±0,12			ICP-AES	[135] 2005
Zn	58	0,65 ^a	0,57	0,73	NAA	[134] 2005
	40	102 ^a	92	123	NAA	[133] 2002
	58	119±28,2			ICP-AES	[135] 2005
	58	112 ^a	103	127	NAA	[134] 2005

^a: mediana; ^b: media geometrica ± ds della media geometrica. Simboli dei metalli: vedi Tabella 9.

Tab 1 Concentrazione Metalli nelle Unghie in Report Italiani ⁽²⁾

I metalli pesanti nelle unghie

I metalli sono elementi naturali e come tali diffusi nell'ambiente in concentrazioni molto variabili. La loro presenza all'interno degli organismi viventi è in gran parte funzione delle concentrazioni ambientali. Alcuni metalli sono elementi essenziali per la vita e sono indispensabili per la salute umana, ovviamente entro limiti di concentrazione definiti fisiologici, altri, i cosiddetti "metalli pesanti" derivano spesso da un inquinamento più o meno diffuso e possono risultare pericolosi per la salute.

La loro ricerca eseguita in frammenti di unghie (o nei capelli) viene spesso usata come indicatore generico di esposizione prolungata a specifici inquinanti. In una ricerca in PubMed (sito che raccoglie tutte le pubblicazioni scientifiche indicizzate) condotta nel Dicembre 2017 digitando "heavy metals in the nails" sono risultate 494 pubblicazioni. Da una selezione degli studi mondiali più recenti, si evince come la determinazione dei metalli pesanti nelle unghie correli in maniera alquanto precisa e specifica con lo stato di inquinamento ambientale⁽³⁻⁷⁾ e fornisca importanti indicazioni circa il rischio di legame con patologie gravi⁽⁸⁻¹⁵⁾.

La ricerca dei metalli pesanti nelle unghie è una metodica semplice, non invasiva e relativamente poco costosa, usata in molte parti del mondo per correlare lo stato di assunzione (per lo più involontaria ed inconsapevole) dei diversi elementi presenti nell'ambiente. Ovviamente oltre agli aspetti relativi all'inquinamento ambientale sono da considerare fattori certamente importanti e confondenti quali i comportamenti dei singoli, il tipo di lavoro o di abitudini, l'alimentazione e gli stili di vita. Le correlazioni positive o negative delle concentrazioni dei diversi elementi per diverse situazioni e diverse patologie e l'eventuale determinazione effettiva di un rischio per questa o quella patologia meritano ovviamente più accurate e durature determinazioni ed appositi studi epidemiologici. La ricerca in una popolazione infantile ha l'indubbio vantaggio di essere gravata da minori effetti di confondimento e, se valutata su un territorio circoscritto, può offrire lo spunto per individuare eventuali fonti di rischio ed offrire suggerimenti per indagini mirate.

I "metalli pesanti"

Tradizionalmente si definivano metalli pesanti quei metalli con numero atomico superiore di quello del ferro (55) con densità molto elevata e comunemente correlati ad inquinamento e tossicità negli organismi biologici. Essendo tale definizione considerata troppo generica, attualmente ci si riferisce ai metalli pesanti in presenza delle seguenti caratteristiche:

- densità superiore a 5,0 g/cm³
- si comportano in genere come cationi
- bassa solubilità dei loro idrati
- spiccata attitudine a formare complessi
- affinità verso i solfuri

Nella letteratura scientifica vengono normalmente considerati metalli pesanti i seguenti elementi: **alluminio, ferro, argento, bario, berillio, cadmio, cobalto, cromo, manganese, mercurio, molibdeno, nichel, piombo, rame, stagno, titanio, tallio, vanadio, zinco**, ed alcuni metalloidi con proprietà simili a quelle dei metalli pesanti, quali l'**arsenico**, il **bismuto** ed il **selenio**.

Fra i metalli pesanti si distinguono:

- **essenziali** ovvero indispensabili per gli organismi viventi perché in concentrazioni omeostatiche sono elementi necessari per lo sviluppo e metabolismo cellulare e tissutale, possono divenire tossici in concentrazioni elevate. Dovrebbero quindi essere presenti, nell'organismo, in quantità limitate e definite: **ferro, cobalto, cromo, rame, manganese, molibdeno, selenio, zinco**.
- **estranei e tossici** : non svolgono funzioni fisiologiche, da considerarsi quindi estranei alla normale omeostasi dell'organismo e dotati di "potenziale" tossicità: **alluminio, arsenico, berillio, cadmio, mercurio, nichel, piombo, vanadio, uranio, antimonio, torio**.

In appendice vengono riportate 23 schede, una per ognuno dei metalli ricercati in questa iniziativa. Sono brevemente descritti gli aspetti riguardanti la loro presenza nell'ambiente, le fonti possibili di emissione ed i potenziali effetti sulla salute umana.

Come è nata l'iniziativa

Dall'anno scolastico 2013/14 al 2015/16 in un paio di quartieri di Torino è stato condotto, da parte dei Medici per l'Ambiente della sezione ISDE locale, uno studio per verificare l'esposizione a metalli pesanti presenti nell'ambiente misurandone la concentrazione nelle unghie della popolazione scolastica di età 7-8 anni. Questo biomonitoraggio si è protratto per 3 anni consecutivi, sugli stessi soggetti, per monitorare nel tempo l'ambiente nei quartieri interessati all'entrata in funzione nel 2015 di un nuovo inceneritore per rifiuti urbani⁽¹⁶⁾.

Riprendendo pur in maniera semplificata l'esempio piemontese, la sezione **ISDE di Forlì-Cesena** in collaborazione con altre Associazioni: **AIL** (Associazione Italiana contro le Leucemie-Linfomi e Mieloma ONLUS), il Tavolo delle Associazioni Ambientaliste di Forlì (**TAAF**) ed i **Comitati di Quartiere di Forlì** ha promosso una iniziativa di biomonitoraggio sulla popolazione infantile (ragazzi nati negli anni 2008-09-10-11) del territorio forlivese intitolata: **"DIFENDIAMO L'AMBIENTE CON LE UNGHIE !"** L'iniziativa è stata promossa con la finalità di fornire una osservazione trasversale della condizione ambientale del territorio comunale di Forlì tramite la determinazione della concentrazione dei metalli pesanti nelle unghie dei bambini di età 6-9 anni nelle 5 Macroaree (Zone) in cui sono raggruppati i 41 quartieri di Forlì (Fig 1).

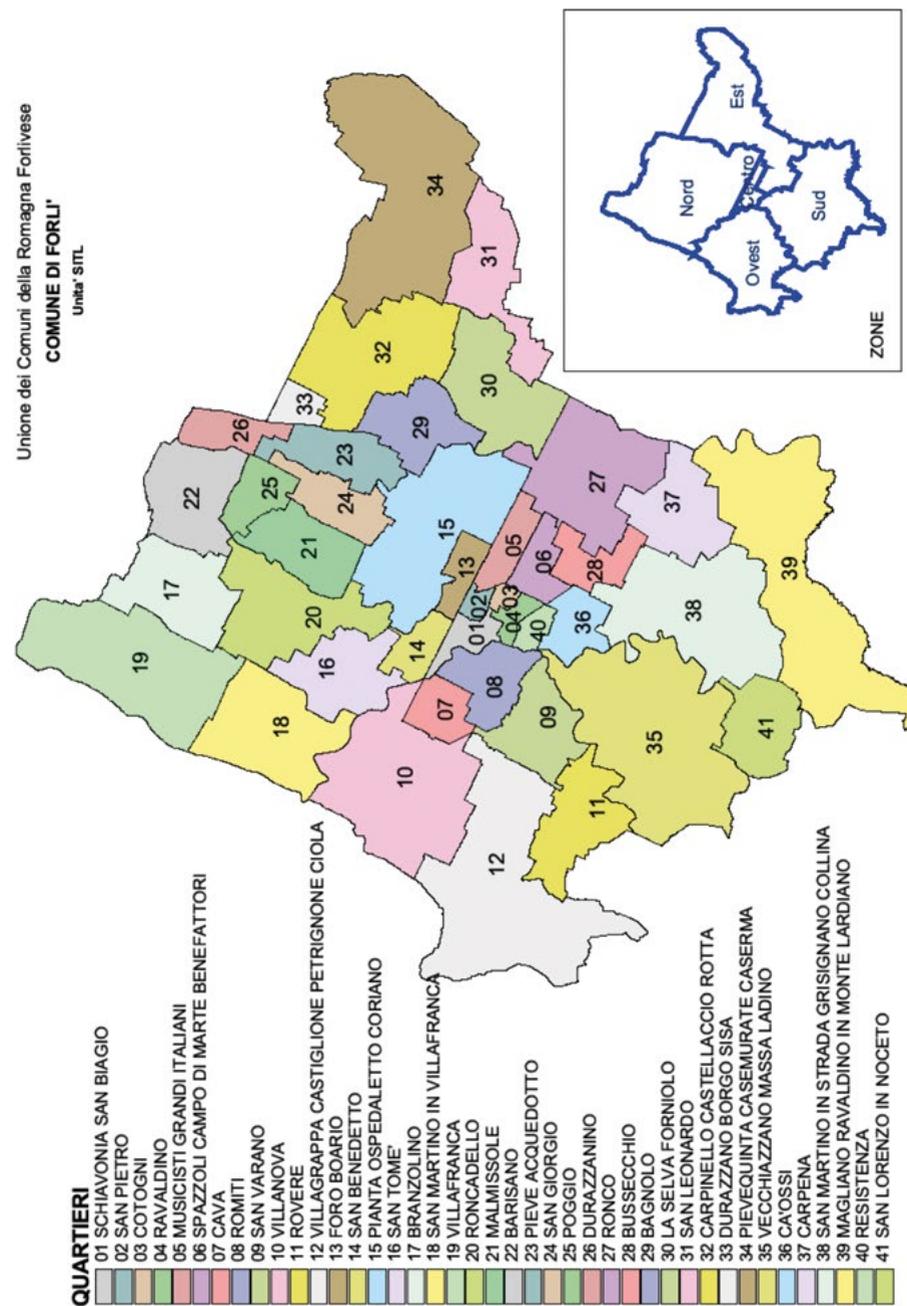


Fig 1 Suddivisione dei Quartieri del Comune di Forlì e a destra suddivisione delle Macroaree-Zone.

Modalità, materiali e metodi

I promotori dell'iniziativa hanno costituito un Comitato Organizzatore (vedi composizione in pag 2) e nel periodo Dicembre 2016 – Marzo 2017 hanno organizzato numerosi incontri con Rappresentanti dei Quartieri e dei genitori, culminati con una conferenza finale con tutti i Volontari ed i genitori interessati tenutasi il 2 Marzo 2017 presso la Sala Conferenza del Foro Boario di Forlì. L'iniziativa e le manifestazioni di raccolta fondi sono state pubblicizzate con annunci e conferenze stampa pubblicati di volta in volta sui quotidiani locali.

I Responsabili delle Macroaree e dei Quartieri del Comune di Forlì hanno messo a disposizione locali e volontari per la raccolta dei campioni. I genitori che hanno aderito all'iniziativa hanno condotto i figli nelle sedi dei quartieri predisposte, secondo gli orari (pomeridiani) ed i giorni previsti, comunicati preventivamente con un calendario ben pubblicizzato. Il genitore ha firmato una duplice copia di consenso informato, avendo ricevuto le informazioni richieste su finalità, modalità e rischi/benefici, ed ha compilato il questionario, atto a verificare possibili situazioni ambientali o di stili di vita o di comportamento utili per la successiva valutazione dei dati. Il prelievo è avvenuto, da parte del genitore, con il taglio superficiale delle unghie degli alluci mediante forbici con lamine in ceramica, lavate e passate in una soluzione debolmente acida disinfettante (acido acetico al 10%) fra un taglio e l'altro (Fig 2). I frammenti di unghie sono stati riposti in una piccola provetta con tappo a vite. Su ogni provetta, sul relativo questionario e sulla duplice copia del documento di informativa e consenso informato è stata posta una etichetta identificativa con una lettera (indicante la sede di prelievo) ed un numero progressivo.



Fig 2 Il taglio delle unghie degli alluci con forbici in ceramica.

Le provette, con la sola etichetta identificativa, sono state inviate al Laboratorio EUROLAB Srl con sede a Torino (<http://www.eurolabtorino.com/contatti>) (accreditamento numero 0571 per il proprio sistema di qualità secondo la norma UNI EN ISO 17025). Il Laboratorio è lo stesso che ha eseguito le determinazioni per il già citato studio di Torino per la stessa lista di 23 metalli pesanti per ogni campione: Alluminio (Al) Antimonio (Sb) Arsenico

(As) Bario (Ba) Berillio (Be) Boro (B) Cadmio (Cd) Cobalto (Co) Cromo (Cr) Ferro (Fe) Manganese (Mn) Mercurio (Hg) Molibdeno (Mo) Nichel (Ni) Piombo (Pb) Rame (Cu) Selenio (Se) Tallio (Tl) Torio (Th) Tungsteno (W) Uranio (U) Vanadio (V) Zinco (Zn)

METODOLOGIA DI LABORATORIO

Viene riportata di seguito la procedura di pretrattamento e analisi dei campioni di unghie umane per la determinazione dei metalli tramite l'analisi in ICP-MS, eseguita dal Laboratorio EUROLAB srl.

Lavaggio: I campioni di unghie, precedentemente posti in provette in PP da 10mL, sono stati immersi in una soluzione di etanolo al 70%, senza agitazione né sonicazione, per un periodo di 10 minuti, al fine di ridurre i rischi da contaminanti biologici come funghi e batteri. 1mL di etanolo è stato, come di norma, sufficiente per immergere completamente il campione. Sono stati eseguiti successivamente 3 lavaggi consecutivi con acetone p.a. (circa 1mL) sonicando in ultrasuoni il campione per 1 minuto. Sono state escluse le parti di acetone e si è risciacquato per due volte con acqua ultra pura. È stata estratta l'acqua e si sono lasciati asciugare i campioni a temperatura ambiente.

Mineralizzazione: Dopo asciugatura i campioni sono stati pesati su bilancia analitica avente precisione $\pm 0.0001g$. Sono stati, infine, mineralizzati mediante digestione acida assistita in contenitori di teflon tramite l'erogazione di microonde, a temperatura e pressione controllate, in presenza di una miscela acida composta da acido nitrico, acido cloridrico e perossido di idrogeno. Per ogni batch di campioni processati, si sono analizzati un bianco di sistema che ha seguito l'intero processo analitico, al fine di verificare eventuali contaminazioni ambientali o di sistema.

Analisi: Sono stati analizzati i campioni utilizzando gli strumenti: ICP-MS Agilent Technologies 7500cx o ICP-MS Agilent Technologies 7900 corredati di cella di collisione flussata ad Elio e Idrogeno. Per comparazione delle intensità tra il segnale ottenuto da uno standard a concentrazione nota ed il campione, si è ottenuta una concentrazione in $\mu g/L$ da rapportare al peso del campione, al fine di ottenere la concentrazione di ogni analita.

Riferimenti Bibliografici della metodologia di laboratorio:

- "Establishing a protocol for element determinations in human nail clippings by neutron activation analysis" 2011 International Nuclear Atlantic Conference –

INAC 2011 – Thalita Pinheiro Sanches and Mitiko Saiki

- “Epa 6020B 2014” Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry
- “Epa 3051A 2007” Microwave assisted acid Digestion of sediments, sludges, soils and oils

INFORMATIZZAZIONE, TUTELA DELLA PRIVACY, COMUNICAZIONE DEI DATI

Ai sensi dell’ art. 13 del D.lgs n. 196/03 sulla tutela delle persone rispetto al trattamento dei dati personali, tutte le informazioni derivanti dai questionari e valutazione complessiva dei dati sono state archiviate elettronicamente in un apposito programma computerizzato elaborato da Global Sistemi – Forlì (Prot. nr. VAN/OFF/201609DC09V40) e saranno utilizzate esclusivamente per scopi di raccolta. L’accesso ai dati personali è possibile solo al Responsabile dell’iniziativa ed agli operatori informatici da lui autorizzati.

I 41 Quartieri di Forlì sono patrimonio storico dell’anagrafe del Comune di Forlì e sono stati aggregati, sempre su base anagrafica dal Comune in Macroaree (o Zone) come è possibile osservare nella mappa ufficiale in Fig. 1. I risultati delle analisi sono stati aggregati secondo 4 Macroaree (Centro+Nord; Ovest; Sud; Est) non saranno forniti per singolo soggetto, se non in casi particolari su richiesta scritta da parte del Medico Curante o del Pediatra di Famiglia, in accordo col Responsabile. Firmando il modulo di consenso informato, il genitore ha autorizzato l’eventuale accesso ai dati da parte di Autorità regolatorie addette al monitoraggio e al rispetto delle procedure descritte, che potranno ispezionare l’archivio senza che però vi sia la possibilità di risalire alla identità personale dei singoli. I risultati dello studio potranno essere oggetto di pubblicazione ma l’identità dei singoli rimarrà, comunque, sempre segreta. I risultati, aggregati secondo le 4 Macroaree (Centro+Nord; Ovest; Sud; Est), sono stati comunicati alle Autorità Locali (Sindaco, Assessore alle Politiche Sociali ed Assessore alle Politiche Ambientali) ed esposti pubblicamente in conferenza pubblica. L’iniziativa, avendo assunto la configurazione di “Studio Osservazionale”, è stata notificata al Comitato Etico della Romagna (CEROM) che in data 30 Marzo 2018 ne ha certificato la presa d’atto, secondo le norme vigenti ⁽¹⁷⁾.

Il costo per ogni test è stato di circa 35 Euro + IVA l’uno per un totale di 9.949,10 €. L’iniziativa è stata completamente autofinanziata, con manifestazioni popolari per raccolta fondi o donazioni spontanee. Il rendiconto finanziario è pubblico: i dettagli del rendiconto al 31/12/2017 sono riportati in Tab. 2

RIEPILOGO RACCOLTA FONDI AL 31/12/2017 “ <u>COMITATO DIFFENDIAMO L’AMBIENTE CON LE UNGHIE</u> ” FORLÌ							
DATA	DESCRIZIONE	INCASSO LORDO SIAE	USCITE EVENTO	ENTRATE NETTE TEATRO	EROGAZIONI LIBERALI	SPESE PROGETTO	TOTALE
22/01/2017	RACCOLTA FONDI TEATRO IL PICCOLO	2.075,00	774,8	1.300,20	10,00		1.310,20
10/03/2017	RACCOLTA FONDI TEATRO DIEGO FABBRI	4.632,00	802,34	3.829,66	649,00		4.478,66
22/01/2017	RACCOLTA FONDI AUDITORIUM SANTA CATERINA	515,00	115,6	399,40			399,40
15/05/2017	EROGAZIONI LIBERALI DA PRIVATI BENEF. FISCALI				350,00		350,00
15/05/2017	EROGAZIONI LIBERALI DA SOCIETA' BENEF. FISCALI				200,00		200,00
15/05/2017	DONAZIONI IN DENARO				407,10		407,10
10/07/2017	EROGAZIONI IN MEMORIA DOMENICA MATTEUCCI				1515,00		1.515,00
10/07/2017	EROGAZIONI IN MEMORIA DI MAMBELLI ALBA				280,00		280,00
10/07/2017	EROGAZIONI COMITATI DI QUARTIERE				350,00		350,00
31/07/2017	EROGAZIONE IN MEMORIA MATTEUCCI DOMENICA				50,00		50,00
30/08/2017	EROGAZIONE ADIC GROSSETO (Gentilini)				300,00		300,00
13/10/2017	RACCOLTA FONDI TAVERNA VERDE	2230	919,04	1.310,96	180,00		1.490,96
19/10/2017	EROGAZIONI LIBERALI 45/46 DEL 13 E 19 OT.				100,00		100,00
29/11/2017	FATTURA EUROLAB SRL TORINO (LABORATORIO)					9.949,10	-9.949,10
27/12/2017	FATTURA PROGRAMMA ELABORAZIONE DATI					610,00	-610,00
27/12/2017	STORNO EROGAZIONE 2016 A RISERVA STRAORD				-200,00		-200,00
31/12/2017	TOTALE PARZIALI DELLA RACCOLTA	7.222,00	1692,74	6.840,22	4191,10	10.559,10	472,22
PER ACCORDI TRA I COMPONENTI DEL COMITATO I FONDI SONO IN DEPOSITO PRESSO IL WWF FORLÌ - CESENA							

NETTO ENTRATE RACCOLTE	11.031,32
TOTALE USCITE PROGETTO	10.559,10
RESIDUO	472,22

Tab 2 Resoconto finanziario di Raccolta Fondi al 31 dicembre 2017

ANALISI STATISTICA

Come è già stato anticipato nel paragrafo sul Biomonitoraggio, la pubblicazione dell'Istituto Superiore di Sanità (ISS) "Rapporti ISTISAN 10/22" del 2010 riporta: **"per nessun metallo sono stati ad oggi definiti i VR in matrici come capelli e unghie"**. Per questo motivo nell'analisi dei dati e nella loro interpretazione non sono possibili confronti con Valori od Intervalli di Riferimento, ma sono possibili unicamente confronti interni tra i risultati ottenuti nelle singole Macroaree e nella loro aggregazione sull'intero territorio forlivese. Sulla base del tipo di distribuzione dei valori osservati, verranno scelti gli indicatori statistici da considerare: in particolare, in caso di distribuzioni non normali (come prevedibile soprattutto per metalli non essenziali e di interesse tossicologico) o comunque non normalizzabili, saranno presi in considerazione gli indicatori percentili (50°, 75° e 95° percentile).

FINALITÀ DELL'INIZIATIVA

I dati aggregati per Macroaree possono fornire confronto fra le diverse zone del territorio forlivese con una finalità che si può definire "esplorativa". La concordanza del metodo di raccolta e della determinazione dei risultati nello stesso Laboratorio dello studio di Torino potrà, inoltre, assicurare un confronto/verifica anche con i dati dello studio torinese. Sulla base del questionario compilato al momento della raccolta del campione di unghie, si cercherà di controllare i possibili effetti di confondimento (cambi di residenza, tempi lunghi trascorsi lontano dall'abitazione, ambiente di lavoro ed abitudini al fumo da parte dei genitori, tipo di alimentazione prevalente (Biologica o Non-Biologica), abitudini di gioco o di attività, esposizioni indoor etc).

Eventuali differenze giudicate "sensibili" fra aree diverse (o anche rispetto a quanto emergerà dallo studio di Torino) potranno fornire agli Amministratori locali uno spunto per verificare la qualità degli ambienti (aria, acqua, suolo, matrici alimentari, emissioni da ciminiera o da ambienti di lavoro etc) dove si siano evidenziate concentrazioni di alcuni metalli particolarmente elevate ed avviare così eventuali verifiche e ricerche secondo le modalità indicate dalle vigenti normative e secondo i dettami della Ricerca Scientifica.

Risultati

La raccolta dei campioni di unghie è iniziata il 4 Marzo ed è terminata l'8 Aprile 2017. È avvenuta in 8 sedi messe a disposizione dai Quartieri e si è avvalsa della collaborazione di 43 volontari, generalmente con 1 o 2 pomeriggi di raccolta a settimana per ogni sede. Sono stati raccolti spontaneamente 236 campioni suddivisi numericamente in maniera omogenea fra le 4 Macroaree, come mostra la Tab. 3.

Legenda Etichette	AREA	N° CAMPIONI
QUARTIERE:		
A Carpinello	EST	36
B Bussecchio	EST	28
C Coriano	NORD	41
D Ca'Ossi – Curiel	SUD	23
E Carpena – Magliano	SUD	35
F Schiavonia	CENTRO	9
G Romiti – Cava	OVEST	58
H San Lorenzo	SUD	6
TOTALE		236
Ripartizione per MACROAREE:		
Nord + Centro		50
Ovest		58
Sud		64
Est		64
TOTALE		236

Tab 3 Suddivisione dei campioni per sedi di raccolta e per Macroarea

Il laboratorio EUROLAB di Torino, al quale sono state inviate le provette contrassegnate con etichette riportanti una lettera da A ad H ed un numero progressivo, ha elaborato i dati grezzi di rilevamento della concentrazione dei 23 metalli previsti. In 3 provette non è stato reperito materiale ed in 12 casi il mate-

riale esaminato era inferiore a 0,0009 mg. Si è deciso di eliminare anche questi ultimi da ogni valutazione, perché l'analisi è da ritenere "inattendibile" essendo al limite dell'affidabilità strumentale. Si è inoltre verificato l'indirizzo di ogni donatore perché in alcuni casi il prelievo era stato eseguito in sedi diverse dall'area di domicilio. La suddivisione dei dati per le 4 Macroaree è stata così modificata a seconda della residenza effettiva del donatore.

Al termine di queste correzioni la numerosità dei campioni presi in esame è risultata di **221** e la nuova ripartizione per Macroarea è riportata nella Tab 4.

SUDDIVISIONE PER MACROAREE DOPO LA CORREZIONE PER DOMICILIO E QUANTITÀ DI MATERIALE.

Area NORD : Coriano 44 + CENTRO 8	52
Area OVEST : Romiti/Cava	48
Area SUD : Ca'Ossi 28 + Carpena/Magliano 32 + San Lorenzo 6	66
Area EST : Carpinello 32 + Bussecchio 23	55
TOTALE (Femmine/Maschi 93/128 42%/58%)	221

Tab 4 Suddivisione per Macroaree dopo la correzione per domicilio e quantità di materiale.

Analisi dei dati

Tre elementi: Molibdeno (**Mo**), Tallio (**Tl**) e Tungsteno (**W**) non sono stati rinvenuti in alcun campione in quanto la concentrazione è risultata sempre inferiore al limite di rilevabilità MDL.

I metalli "essenziali (in quantità limitate)" sono stati così trovati in percentuale, sui **221** campioni:

Zinco Zn	100%
Ferro Fe	77%
Rame Cu	72%
Manganese Mn	56%
Cromo Cr	11,7%
Selenio Se	7.2%

I metalli "estranei e tossici" sono stati trovati in percentuale, sui **221** campioni:

Cadmio Cd	76,4%
Alluminio Al	63%
Antimonio Sb	42%
Bario Ba	28%
Berillio Be	28%
Mercurio Hg	14,4%
Piombo Pb	9%

Casi sporadici: 6 elementi sono stati trovati in meno di 10 campioni, così distribuiti:

Arsenico As	in 3 campioni (tutti in area Est)
Boro B	in 1 campione (Sud)
Cobalto Co	in 1 campione (Est)
Torio Th	in 2 campioni (Est e Centro-Nord)
Uranio U	in 4 campioni (2 Est, 1 Sud 1 Ovest)
Vanadio V	in 7 campioni (5 Est, 1 Sud 1 Centro-Nord)

Nelle seguenti tabelle sono riportati i valori riscontrati ed i confronti fra le varie aree presi in esame, coerentemente con la finalità esplorativa dell'indagine di fornire un quadro descrittivo della presenza di metalli nelle unghie dei bambini nel territorio forlivese.

CONFRONTO FRA LE MEDIE ARITMETICHE E REPORT DEI CASI < DI 10 CAMPIONI						
Metalli	Campioni (N)	MEDIA totale su 221 campioni	SUD	EST	OVEST	CENTRO-NORD
		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Alluminio	(139)	120	85,8	218,6	107,9	72,0
Antimonio	(93)	0,091	0,03	0,06	0,2	0,08
Arsenico	(3)	0,0048	0	***	0	0
Bario	(62)	4,9	3,2	2,7	0,6	13,3
Berillio	(62)	0,024	0,02	0,02	0,01	0,02
Boro	(1)	0,11	*	0	0	0
Cadmio	(169)	0,059	0,049	0,05	0,1	0,02
Cobalto	(1)	0,011	0	*	0	0
Cromo	(26)	2,3	0,4	1,6	1,8	5,8
Ferro	(171)	220	130,7	216,5	189,0	364,1
Manganese	(125)	3,0	2,3	3,38	2,9	3,5
Mercurio	(35)	0,068	0,07	0,07	0,009	0,06
Molibdeno		0	0	0	0	0
Nichel	(47)	0,94	0,2	0,6	0,8	2,2
Piombo	(20)	0,78	0,1	1,6	1,5	0,3
Rame	(159)	5,2	0	0	0	0
Selenio	(16)	0,0090	0,014	0,006	0,004	0,008
Tallio		0	0	0	0	0
Torio	(2)	0,0017	0	*	0	*
Tungsteno		0	0	0	0	0
Uranio	(4)	0,00089	*	**	*	0
Vanadio	(7)	0,072	*	*****	0	*
Zinco	(221)	97	91	86	104	111

Tab 5 Quadro riassuntivo. Confronto per singolo metallo fra la media aritmetica di tutti i campioni (221) e quella delle singole Macroaree

LEGENDA: In giallo: medie nettamente superiori alla media totale (>50%) in azzurro le sedi dei campioni con metalli ritrovati sporadicamente: il numero di asterischi indica il numero dei pochi campioni con concentrazioni > MDL.

Da questa tabella emerge che cadmio, manganese, mercurio, rame e zinco sono distribuiti in modo abbastanza omogeneo fra le 4 macroaree. Per alluminio, bario, cromo, ferro, nichel, piombo, che presentano viceversa una distribuzione non omogenea, si rimanda alle tabelle successive in cui il confronto viene operato fra ogni singola macroarea e le restanti 3 aree (e non con l'intero territorio).

La Tabella 6 riporta per i metalli che hanno una sufficiente numerosità, accanto alla media sui 221 campioni, la deviazione standard, la mediana (50° percentile) ed a seguire il 75° e 95° percentile.

	TUTTE LE AREE				
	MEDIA	DEVIAZIONE STANDARD σ	Mediana (50.o pct)	75.o pct	95.o pct
Campioni			110,5	165,75	210
Alluminio mg/kg	120	243	64	160	400
Antimonio mg/kg	0,091	0,24	0,00	0,09	0,43
Arsenico mg/kg	0,0048	0,044	0	0	0
Bario mg/kg	4,9	39	0,0	2,0	8,1
Berillio mg/kg	0,024	0,065	0,00	0,02	0,12
Boro mg/kg	0,11	1,6	0	0	0
Cadmio mg/kg	0,059	0,17	0,02	0,06	0,17
Cobalto mg/kg	0,011	0,16	0	0	0
Cromo mg/kg	2,3	17	0	0	9
Ferro mg/kg	220	581	69	170	750
Manganese mg/kg	3,0	6,4	1,0	3,4	9,9
Mercurio mg/kg	0,068	0,24	0,00	0,00	0,39
Molibdeno mg/kg	0	0	0	0	0
Nichel mg/kg	0,94	6,6	0	0	2
Piombo mg/kg	0,78	5,0	0,0	0,0	3,5
Rame mg/kg	5,2	4,9	5	7	13
Selenio mg/kg	0,0090	0,036	0,000	0,000	0,071
Tallio mg/kg	0	0	0	0	0
Torio mg/kg	0,0017	0,023	0	0	0
Tungsteno mg/kg	0	0	0	0	0
Uranio mg/kg	0,00089	0,0092	0	0	0
Vanadio mg/kg	0,072	0,52	0	0	0
Zinco mg/kg	97	51	88	100	120

Tab 6 Media aritmetica, deviazione standard, Mediana o 50° , 75° e 95° percentile dei dati cumulativi di tutta Forlì.

Dalla Tab 6 emerge che la mediana (ad esclusione di rame e zinco) risulta molto minore della media, ciò significa che le distribuzioni dei singoli metalli sono fortemente asimmetriche (e quindi potenzialmente influenzabili anche da contaminazioni esterne) e quindi non gaussiane. La deviazione standard pertanto non fornisce indicazioni utili ed è preferibile utilizzare come parametri di riferimento il 75° e 95° percentile.

Nelle tabelle successive (Tab 7-8-9-10) viene riportato il confronto dei dati di ogni singola Macroarea con quelli delle altre 3 Macroaree (pur nella consapevolezza che la media aritmetica e la deviazione standard (σ) non sono del tutto rappresentative a causa delle asimmetrie delle distribuzioni e della variabilità). Non viene, inoltre, riportata la deviazione standard (σ) per i metalli con presenza sporadica.

Sono segnalati in rosso i valori con un rapporto superiore al doppio (2/1). Nell'ultima riga di ogni tabella è riportato (in verde) il carico complessivo dei metalli presenti nei campioni (rappresentato dalla somma delle concentrazioni dei singoli metalli) per ciascuna Macroarea, confrontato con quello del Resto di Forlì (cioè delle altre 3 Macroaree), con il relativo rapporto. In generale se il valore dell'ultima colonna è >1, significa che la concentrazione dell'Area in esame è maggiore rispetto alle restanti 3 Aree, se è <1 è viceversa inferiore rispetto alle altre 3 Aree. (Per es: un valore di 1,5 significa che l'area in esame ha un 50% in più di quel metallo rispetto alle altre 3 aree).

Nel **Centro-Nord** il carico complessivo di tutti i metalli è nettamente superiore al Resto di Forlì (+40%). **Bario, Cromo, Ferro e Nichel** sono presenti con concentrazioni decisamente maggiori rispetto al Resto di Forlì. Nel confronto sono lievemente maggiori anche le concentrazioni di Berillio, Manganese, Mercurio, Rame e Zinco. (Tab 7 pag.25)

Nell'**Est** il carico complessivo dei metalli è superiore a quello del Resto di Forlì (+30%). Due metalli importanti per gli effetti sulla salute sono nettamente più alti rispetto al Resto della città: **Alluminio e Piombo**. I metalli presenti in maniera sporadica, segnalati >0 sono **Arsenico** (3 casi), **Cobalto** (1), **Torio** (1), **Uranio** (2), **Vanadio** (5). (Tab.8 pag.26)

L'**Ovest** presenta una concentrazione complessiva di metalli leggermente inferiore rispetto a quella del Resto di Forlì (-10%). Tuttavia in questa area due metalli importanti per gli effetti sulla salute sono presenti con concentrazioni più elevate rispetto alle restanti tre aree: **Cadmio e Piombo**. L'**Antimonio** presenta una concentrazione tre volte superiore al Resto di Forlì. (Tab.9 pag.27)

Il **Sud** presenta il 40% in meno del carico complessivo di metalli rispetto al resto della città. I soli metalli che hanno concentrazioni modestamente maggiori (e possibilmente tossici) sono **Berillio e Mercurio**. Il **Selenio** che è più del doppio rispetto alle altre tre aree, non rappresenta un particolare rischio per la salute. (Tab.10 pag.28)

Metallo	CENTRO-NORD		95.o pct tutta Forlì	RESTO FORLÌ'		CENTRO NORD vs RESTO FORLÌ'
	MEDIA	σ		MEDIA	σ	
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	media Centro - Nord/ media Resto Forlì
Alluminio	72,098	110,988	400	135,04	266,93	0,5
Antimonio	0,088	0,150	0,43	0,091	0,262	1,0
Arsenico	0,000	0	0	0,006	0	0
Bario	13,365	78,220	8,1	2,351	10,668	5,7
Berillio	0,028	0,081	0,12	0,025	0,061	1,1
Boro	0,000	0	0	0,141	0	0,0
Cadmio	0,029	0,032	0,17	0,069	0,188	0,4
Cobalto	0,000	0	0	0,014	0	0
Cromo	5,849	33,661	9	1,258	5,510	4,6
Ferro	364,17	980,29	750	174,95	375,96	2,1
Manganese	3,511	7,124	9,9	2,847	6,149	1,2
Mercurio	0,081	0,184	0,39	0,063	0,257	1,3
Molibdeno	0,000	0	0	0,000	0	0
Nichel	2,245	12,744	2	0,534	2,808	4,2
Piombo	0,310	1,072	3,5	0,906	5,656	0,3
Rame	6,190	6,025	13	4,866	4,448	1,3
Selenio	0,008	0,037	0,071	0,009	0,036	0,9
Tallio	0,000	0	0	0,000	0	0
Torio	0,001	0	0	0,002	0	0,4
Tungsteno	0,000	0	0	0,000	0	0
Uranio	0,000	0	0	0,001	0	0,0
Vanadio	0,006	0	0	0,091	0	0,1
Zinco	108,76	94,908	120	93,247	26,479	1,2
Tutti i metalli	576,74			416,51		1,4

Tab 7 Confronto fra CENTRO-NORD vs Resto di Forlì.

Metallo	EST		Rif. Forlì	RESTO FORLÌ		EST vs RESTO FORLÌ
	MEDIA mg/kg	σ mg/kg		MEDIA mg/kg	σ mg/kg	
Alluminio	218,618	419,997	400	88,012	125,127	2,5
Antimonio	0,062	0,086	0,43	0,100	0,272	0,6
Arsenico	0,019	0,087	0	0,000	0,000	>0
Bario	2,713	4,592	8,1	5,615	44,614	0,5
Berillio	0,026	0,049	0,12	0,025	0,071	1,1
Boro	0,000	0,000	0	0,145	1,863	0,0
Cadmio	0,057	0,090	0,17	0,060	0,185	1,0
Cobalto	0,044	0,324	0	0,000	0,000	>0
Cromo	1,660	6,486	9	2,536	19,118	0,7
Ferro	216,545	561,343	750	219,307	584,267	1,0
Manganese	3,388	8,280	9,9	2,872	5,631	1,2
Mercurio	0,081	0,162	0,39	0,063	0,264	1,3
Molibdeno	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0
Nichel	0,635	3,239	2	1,025	7,383	0,6
Piombo	1,669	9,504	3,5	0,470	1,810	3,5
Rame	5,840	4,134	13	4,951	5,089	1,2
Selenio	0,006	0,021	0,071	0,010	0,040	0,6
Tallio	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0
Torio	0,006	0,046	0	0,0002	0,003	>0
Tungsteno	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0
Uranio	0,0013	0,009	0	0,001	0,009	>0
Vanadio	0,262	1,005	0	0,008	0,088	>0
Zinco	86,200	13,483	120	100,331	58,274	0,9
Tutti i metalli	537,833			425,531		1,3

Tab 8 Confronto fra EST vs Resto di Forlì.

Metallo	OVEST		Rif. Forlì	RESTO FORLÌ		EST vs RESTO FORLÌ
	MEDIA mg/kg	σ mg/kg		MEDIA mg/kg	σ mg/kg	
Alluminio	107,979	143,741	400	123,994	262,289	0,9
Antimonio	0,204	0,459	0,43	0,059	0,108	3,4
Arsenico	0,000	0,000	0	0,006	0,049	0,0
Bario	0,644	2,497	8,1	6,072	43,703	0,1
Berillio	0,017	0,056	0,12	0,028	0,069	0,6
Boro	0,000	0,000	0	0,0139	1,825	0,0
Cadmio	0,108	0,331	0,17	0,046	0,068	2,3
Cobalto	0,000	0,000	0	0,014	0,182	0,0
Cromo	1,892	7,221	9	2,436	18,700	0,8
Ferro	189,021	233,786	750	226,832	641,216	0,8
Manganese	2,944	4,352	9,9	3,016	6,843	1,0
Mercurio	0,021	0,089	0,39	0,080	0,269	0,3
Molibdeno	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0
Nichel	0,861	3,935	2	0,947	7,169	0,9
Piombo	1,150	3,028	3,5	0,663	5,412	1,7
Rame	4,133	5,322	13	5,460	4,719	0,8
Selenio	0,005	0,033	0,071	0,010	0,037	0,5
Tallio	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0
Torio	0,000	0,000	0	0,002	0,026	0,0
Tungsteno	0,000	0,000	0	0,000	0,000	0
Uranio	0,003	0,017	0	0,000	0,005	>0
Vanadio	0,000	0,000	0	0,091	0,581	0,0
Zinco	103,771	35,714	120	94,902	54,741	1,1
Tutti i metalli	412,752			464,797		0,9

Tab 9 Confronto fra OVEST vs Resto di Forlì.

Metallo	SUD		Rif. Forlì	RESTO FORLÌ		EST vs RESTO FORLÌ
	MEDIA mg/kg	σ mg/kg		MEDIA mg/kg	σ mg/kg	
			95.o pct mg/kg			media Est/ media Resto Forlì
Alluminio	85,821	137,069	400	135,610	276,932	0,6
Antimonio	0,035	0,301	0,43	0,115	0,280	0,3
Arsenico	0,000	6,368	0	0,007	0,052	0,0
Bario	3,278	18,220	8,1	5,595	45,162	0,6
Berillio	0,029	13,837	0,12	0,024	0,063	1,2
Boro	0,358	19,342	0	0,000	0,000	>0
Cadmio	0,050	4,960	0,17	0,064	0,194	0,8
Cobalto	0,000	19,221	0	0,016	0,193	0,0
Cromo	0,475	17,531	9	3,119	20,121	0,2
Ferro	130,731	230,218	750	256,857	669,266	0,5
Manganese	2,333	9,512	9,9	3,290	6,830	0,7
Mercurio	0,079	16,185	0,39	0,062	0,153	1,3
Molibdeno	0,000	19,309	0	0,000	0,000	0
Nichel	0,251	15,296	2	1,239	7,877	0,2
Piombo	0,106	17,558	3,5	1,057	5,950	0,1
Rame	4,593	6,767	13	5,424	5,232	0,8
Selenio	0,015	17,842	0,071	0,006	0,031	2,3
Tallio	0,000	19,309	0	0,000	0,000	0
Torio	0,000	19,195	0	0,002	0,028	0,0
Tungsteno	0,000	19,309	0	0,000	0,000	0
Uranio	0,0001	18,887	0	0,001	0,011	>0
Vanadio	0,016	18,803	0	0,095	0,610	>0
Zinco	91,448	31,546	120	99,169	59,134	0,9
Tutti i metalli	319,581			511,754		0,6

Tab 10 Confronto fra SUD vs Resto di Forlì.

	n. campioni > 95.imo percentile						Forlì			Valori massimi					
	Est mg/kg	CENTRO -NORD mg/kg	Sud mg/kg	Ovest mg/kg	n>95.o pct	95.o pct mg/kg	n. cmp>0	Est mg/kg	Centro -NORD mg/kg	Sud mg/kg	Ovest mg/kg	Forlì mg/kg			
N. Casi attesi	3	3	3	2	11										
Alluminio	7	1	1	1	11	400	139	2500	530	690	770	2500			
Antimonio	0	3	1	7	11	0,43	93	0,19	0,64	0,44	2,6	2,6			
Arsenico	3	0	0	0	3	0	3	0,46	0	0	0	0,46			
Bario	4	3	3	1	11	8,1	62	20	560	130	14	560			
Berillio	2	3	5	1	11	0,12	62	0,22	0,52	0,41	0,35	0,52			
Boro	0	0	1	0	1	0	1	0	0	24	0	24			
Cadmio	3	0	4	4	11	0,17	164	0,16	0,11	0,28	1,7	1,7			
Cobalto	1	0	0	0	1	0	1	2,4	0	0	0	2,4			
Cromo	3	3	1	4	11	9	26	10	240	14	43	240			
Ferro	3	5	2	1	11	750	171	3800	5100	1600	940	5100			
Manganese	1	4	3	3	11	9,9	125	61	36	27	20	61			
Mercurio	6	2	2	1	11	0,39	35	0,39	0,82	3	0,51	3			
Molibdeno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Nichel	1	5	2	3	11	2	47	24	91	3,1	27	91			
Piombo	2	1	0	8	11	3,5	20	68	6,2	3,5	16	68			
Rame	2	4	2	1	9	13	157	17	35	14	26	35			
Selenio	2	2	6	1	11	0,071	16	0,1	0,23	0,22	0,23	0,23			
Tallio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Torio	1	1	0	0	2	0	2	0,34	0,037	0	0	0,34			
Tungsteno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
Uranio	2	0	1	1	4	0	4	0,064	0	0,0042	0,12	0,12			
Vanadio	5	1	1	0	7	0	7	6,1	0,29	1,1	0	6,1			
Zinco	1	3	1	5	10	120	221	150	670	250	280	670			

Tab 11 Il Numero dei campioni >95° percentile (in rosso il numero dei casi superiori agli attesi) e i Valori Massimi registrati per ogni area e per ogni metallo (in rosso). In rosa gli stessi dati per i metalli “sporadici”.

Dalla Tab 11 si evince come i valori massimi, spesso ben oltre il 95° percentile si registrino soprattutto nell’area Centro-Nord (8 volte) e che quelli riguardanti i metalli “estranei” siano concentrati oltre che nel Centro-Nord, anche nell’Est. Se poi si considera il carico complessivo dei metalli (ultima riga in verde delle Tab. 7, 8, 9, 10) si nota che le aree Centro-Nord ed Est hanno anche carichi complessivi superiori al resto del territorio (+40% e +30% rispettivamente), mentre le altre due aree Ovest e Sud hanno carichi inferiori (-10% e -40%).

Discussione e considerazioni

CONSIDERAZIONI SU: METALLI RITROVATI “SPORADICAMENTE”:

- Arsenico (**As**) in 3 campioni (tutti in area Est),
- Boro (**B**) in 1 campione (Sud),
- Cobalto (**Co**) in 1 campione (Est),
- Torio (**Th**) in 2 campioni (1 Est ed 1 Centro-Nord),
- Uranio (**U**) in 4 campioni (2 Est, 1 Sud ed 1 Ovest),
- Vanadio (**V**) in 7 campioni (5 Est, 1 Sud 1 Centro-Nord).

Tralasciando il caso di presenza di B, che non presenta particolari criticità, 12 dei rimanenti 17 casi sono segnalati in area EST, tuttavia si ritiene che non si possa prescindere anche da eventuali indicazioni che provengano dai questionari compilati dai genitori. Sono stati descritti in alcuni casi: genitori che fumano, oppure l'uso di bigiotteria, o di colori o creta o anche di apparecchi ortodontici. Sono state segnalate, altresì, vicinanze a coltura intensiva di frutta (albicocche) o di strade con traffico elevato, ed è evidente che in questi pochi casi queste variabili potrebbero risultare determinanti.

CONSIDERAZIONI SU: METALLI TROVATI CON PERCENTUALI VARIABILI DAL 7 AL 30%:

- Bario (**Ba**) in 62 campioni (28%),
- Berillio (**Be**) in 62 (28%),
- Cromo (**Cr**) in 26 (11,7%),
- Mercurio (**Hg**) in 32 (14,4%),
- Piombo (**Pb**) in 20 (9%),
- Selenio (**Se**) in 16 (7,2).

Il **Ba** è presente in 23 campioni in area Est, in 18+1 (in Nord+ Centro), in 16 in Sud (3 su 6 a San Lorenzo) ed in 4 in Ovest; il **Be** ha questa distribuzione: 22 Est, 8+4 (Nord + Centro), 20 Sud (3/6 a San Lorenzo), 8 Ovest. Questi due metalli fanno parte di leghe (con nichel il Ba e con rame il Be) e sono presenti: il Ba in vernici, piastrelle, vetro e gomma, il Be nella fabbricazione di componenti

per computer; entrambi sono emessi da processi industriali e da incenerimento di rifiuti e sono considerati “**estranei**”.

Il **Cr** è un metallo “**estraneo**” usato per saldature placcatura di acciaio, per vernici, tinture, nastri magnetici, ma anche in **pesticidi** ed è presente nel fumo di tabacco: lo abbiamo trovato 9 volte in area Est, 6+2 in Nord+Centro, 3 in Sud, 6 in Ovest.

Il **Pb** è un inquinante diffuso “**estraneo**”, usato da tempo nelle batterie, in coloranti in ceramica per manufatti (tubi, pentole..) in schermi, in additivi di benzina (fino a qualche anno fa), lo ritroviamo ormai spesso nell'ambiente per traffico stradale, per emissioni industriali e per incenerimento di rifiuti, ma anche come componente del fumo di tabacco. È stato trovato: 4 volte in area Est, 5+1 in Nord+Centro, 3 in Sud e 8 in Ovest.

Il Mercurio (**Hg**) è anch'esso un metallo inquinante ed “**estraneo**” purtroppo ormai molto diffuso, usato in passato in amalgami dentarie ed anche in batterie, plastiche, vernici, prodotti antimuffa e fertilizzanti. Viene immesso nell'ambiente anche da incenerimento di rifiuti e lo ritroviamo nel cibo (in particolare in pesci di grosse dimensioni per biomagnificazione). È stato trovato 11 volte in area e (6 a Bussecchio), 7+3 in Nord+Centro, 9 in Sud (7 a Ca'Ossi, 1 Magliano ed 1 San Lorenzo), 2 in Ovest.

Il **Se** è un oligoelemento, che tuttavia può provenire anche da diverse sorgenti antropiche; lo abbiamo trovato più presente in area Sud.

Considerazioni su: metalli trovati con percentuali variabili dal 40 al 80%:

- Ferro (**Fe**) in 171 campioni (77%)
- Cadmio (**Cd**) in 169 (76,4%)
- Alluminio (**Al**) in 139 (63%)
- Manganese (**Mn**) in 125 (56,5%)
- Antimonio (**Sb**) in 93 (42%)

Il **Cadmio**, inquinante, “**estraneo**” e potenzialmente cancerogeno, è ormai diffuso nell'ambiente. È usato in rivestimenti, placche di acciaio, pigmenti, stabilizzanti e soprattutto in fertilizzanti, concimi e **pesticidi** in agricoltura. È componente del fumo di tabacco ed è immesso nell'ambiente da inceneritori di rifiuti. L'**Antimonio** (**Sb**) usato nelle leghe col piombo, è utilizzato in batterie,

cavi, ceramiche, pesticidi, rivestimenti in tetrapak per alimenti ed è presente nel fumo di tabacco. Entrambi sono stati trovati diffusamente (in tre/quarti dei campioni il Cd e in poco meno della metà l'antimonio), con concentrazioni medie simili nelle 3 Macroaree (Centro-Nord, Est e Sud) e con un valore un po' più elevato in area Ovest.

Alluminio, Ferro e Manganese, sono metalli componenti di leghe e diffusamente utilizzati da industrie metalmeccaniche; sono presenti ampiamente nell'ambiente anche per il recupero di rottami e l'incenerimento di rifiuti. L'**Al** oltre ad essere utilizzato in strumenti di cucina e in fogli di conservazione dei cibi ed in lattine per bibite, è usato anche come additivo alimentare, cosmetico e medicinale. È presente in quasi due/terzi dei campioni ed ha una concentrazione media doppia nell'area Est rispetto alle restanti Macroaree. Il **Fe** è presente in tre/quarti dei campioni ed è un elemento essenziale per l'uomo essendo componente dell'emoglobina. Se introdotto in eccesso può comportare patologie gravi come l'emocromatosi. Nei nostri dati è presente con una concentrazione media nell'area Nord di circa 2 volte superiore rispetto a quella del resto di Forlì. Il **Mn**, infine, entra in numerosi processi metallurgici, per batterie, vetro, tessili ed anche fertilizzanti. È per l'uomo un oligoelemento essenziale, ma in eccesso può provocare gravi danni al sistema nervoso centrale soprattutto nell'infanzia. È presente nei nostri dati in poco più del 50% dei campioni, con medie di concentrazione alquanto uniformi fra le 4 Macroaree, ma lievemente più alte in area Est e Centro-Nord.

CONSIDERAZIONI SU: DUE METALLI "UBIQUITARI"

Il Rame (**Cu**) e lo Zinco (**Zn**) sono oligoelementi essenziali, usati diffusamente per prodotti industriali in leghe ed in agricoltura. Come già detto per il Ferro, se introdotti in eccesso possono comportare effetti dannosi per la salute. Li troviamo in concentrazioni piuttosto uniformi su tutto il territorio forlivese.

CONSIDERAZIONI SU: IL CONFRONTO FRA CENTRO-NORD+EST E OVEST+SUD

È stato osservato che Centro-Nord+Est hanno carichi complessivi di metalli superiori al resto del territorio forlivese (+40% e +30% rispettivamente), mentre le altre due aree Ovest+Sud hanno carichi inferiori (-10% e -40%).

Pur essendo consci che tutti questi dati sono gravati da un'elevata incertezza a causa della loro possibile variabilità, non essendo stata eseguita una strutturazione preordinata, per puro esercizio, si è deciso di accorpare fra loro i dati delle Aree

Centro-Nord+Est confrontandoli con quelli delle Aree Ovest+Sud (Tab. 12), anche per favorire alcune possibili considerazioni di tipo geografico ambientale.

Metallo	Est	Centro-Nord	Est+Centro Nord	Ovest	Sud	Ovest+Sud	Rapporto E+CN/O+E
	Media	Media		Media	Media		
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
Alluminio	218,6182	72,0980	147,4121	107,9792	85,8209	95,1507	1,5
Antimonio	0,0616	0,0884	0,0746	0,2039	0,0349	0,1060	0,7
Arsenico	0,0189	0,0000	0,0097	0,0000	0,0000	0	>1
Bario	2,7127	13,3647	7,8894	0,6438	3,2776	2,1686	3,6
Berillio	0,0265	0,0278	0,0271	0,0171	0,0290	0,0240	1,1
Boro	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,3582	0,2074	<1
Cadmio	0,0572	0,0287	0,0433	0,1078	0,0497	0,0742	0,58
Cobalto	0,0436	0,0000	0,0224	0,0000	0,0000	0	>1
Cromo	1,6600	5,8490	3,6958	1,8917	0,4746	1,0713	3,4
Ferro	216,5455	364,1765	288,2914	189,0208	130,7313	155,2743	1,9
Manganese	3,3876	3,5108	3,4475	2,9444	2,3334	2,5907	1,3
Mercurio	0,0809	0,0812	0,0810	0,0213	0,0790	0,0547	1,5
Molibdeno	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0	0
Nichel	0,6355	2,2447	1,4175	0,8608	0,2154	0,4871	2,9
Piombo	1,6691	0,3098	1,0085	1,1500	0,1055	0,5453	1,8
Rame mg/kg	5,8400	6,1902	6,0102	4,1333	4,5925	4,3992	1,4
Selenio	0,0061	0,0081	0,0070	0,0048	0,0146	0,0105	0,67
Tallio	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0	0
Torio	0,0062	0,0007	0,0035	0,0000	0,0000	0	>1
Tungsteno mg/kg	0,0000	0,0000	0	0,0000	0,0000	0	0
Uranio	0,0013	0,0000	0,0007	0,0025	0,0001	0,0011	<1
Vanadio	0,2618	0,0057	0,1373	0,0000	0,0164	0,0095	>1
Zinco	86,2000	108,7647	97,1660	103,7708	91,4478	96,6364	1,01
Tutti i metalli	538	577	557	413	320	359	1,6

rapporto > 2		rapporto da 0 a 1
rapporto > 1		

Tab 12 Confronto fra gli accorpamenti delle Aree Centro-Nord+EST versus Ovest+Sud

Emerge chiaramente dalla Tab. 12 che il carico complessivo di metalli nell'area Centro-Nord+Est è superiore di circa un 60% rispetto alle altre due aree accorpate (Ovest+Sud). Nel Centro-Nord+Est appaiono nettamente più alte le medie di concentrazioni di **Bario e Cromo** (tre volte e mezzo) e **Nichel** (quasi

tre volte) e, comunque, più elevate quelle di **Alluminio** (+50%), **Berillio** (+10%), **Ferro** (+90%), **Manganese** (+30%), **Mercurio** (+50%), **Piombo** (+80%) e **Rame** (+40%) rispetto all'Ovest+Sud. In queste ultime due Macroaree accorpate prevalgono invece **Antimonio** (+30%), **Cadmio** (+42%) e **Selenio** (+33%).

CONSIDERAZIONI IN BASE ALLA DESCRIZIONE DEL TERRITORIO FORLIVESE

Una linea immaginaria posizionata sulla Via Emilia, costruita dai Romani più di 2000 anni fa, taglia la città e tutto il territorio comunale in due parti, lasciando a valle, verso Nord-Est, la pianura e dalla parte opposta, a Sud-Ovest, la parte prevalentemente collinare e pedemontana. Questa ripartizione è utile per descrivere il territorio e le attività prevalenti che lo caratterizzano: storicamente la città è sempre stata circondata da terreno a vocazione agricola, con colture di cereali, ma soprattutto presenza di vigneti e frutteti, alcuni dei quali gestiti più recentemente in maniera intensiva per produzione di tipo industriale. L'acqua potabile proveniente in gran parte dall'invaso di Ridracoli ed in parte minore da pozzi che prelevano ad oltre 100 metri di profondità risulta pressochè priva di residui di pesticidi. Il dato non è così altrettanto sicuro per quanto riguarda le acque superficiali con cui si irrorano orti e campi e che sicuramente possono risentire dei trattamenti usati in agricoltura (e talora anche da privati in fossi e giardini).

Nell'immediato dopoguerra erano presenti nella zona limitrofa fra i quartieri delle aree Centro e Nord due impianti industriali di grandi dimensioni, uno di tipo metalmeccanico (ex-Bartoletti) ed una di carattere chimico (ex-Orsi-Mangelli); entrambi sono stati chiusi e dismessi da alcune decine di anni. Nel "*Catasto dei siti contaminati Arpa Emilia-Romagna REPORT 2015*" si legge: "...l'insediamento industriale ex Orsi Mangelli (era) presente in centro città. Si tratta di un'area che si estende per 12 ettari circa di fronte alla stazione ferroviaria dove veniva prodotto il rayon una fibra tessile cellulosica. La bonifica dei suoli è stata affrontata per lotti funzionali e quella delle acque è stata gestita in modo unitario per tutta l'area ed è ancora in corso. Al momento attuale rimane aperta per i suoli la procedura di bonifica per un ultimo lotto di pertinenza del comune di Forlì. I contaminanti presenti nei terreni sono principalmente i metalli pesanti dati dalla presenza di ceneri esauste di pirite, IPA, PCB, Idrocarburi pesanti. Nelle acque si riscontrano: solventi organici, solfati e metalli.... Si cita inoltre l'area di pertinenza dell'ex ospedale Morgagni. I contaminanti coinvolti sono stati : mercurio e idrocarburi per l'area della centrale termica e dei serbatoi di gasolio per il riscaldamento."

Oggi, nelle aree periferiche della città, sono presenti alcuni insediamenti artigianali: lungo la via Emilia (in area Ovest), a Carpena e San Martino in Strada (area Sud); le strade di maggior traffico tagliano "a croce" la città e la periferia (via Emilia, Via Ravennana e Viale dell'Appennino), la nuova tangenziale si dirige da Sud verso Nord-Est, la via Cervese va verso Est (in direzione mare), infine l'Autostrada A14 corre parallelamente alla via Emilia ed attraversa le aree Nord ed Est.

La Zona Industriale di Forlì si sviluppa a ridosso della città con numerose aziende di piccole-medie dimensioni di lavorazione dei metalli, concentrate prevalentemente in area Nord ed Est. Vi sono industrie di classe A (insalubri 1° categoria) e fra le altre un'azienda di produzione di conglomerati bituminosi, autorizzata al recupero di scorie di acciaieria ed un'azienda di smaltimento rifiuti speciali radioattivi, entrambe collocate in vicinanza del confine fra Nord ed Est. Lo sviluppo della Zona Industriale è poi proseguito negli anni nell'area Est in particolare con una grande industria metallurgica e altre industrie di lavorazioni metalliche nei quartieri di Villa Selva-San Leonardo, ai confini con il Comune di Forlimpopoli.

Infine proprio sul confine fra area Nord (quartiere Coriano) ed area Est (quartiere Bagnolo) sono presenti l'inceneritore per rifiuti urbani (120-180.000 ton.) ed a poche centinaia di metri l'inceneritore per rifiuti ospedalieri da 32.000 ton. Uno studio condotto nei primi anni 2000 e pubblicato nel 2011 (18) sulla mortalità della popolazione abitante nei pressi degli inceneritori si basò su un modello matematico di dispersione dei metalli pesanti secondo i venti principali che disegnava un'area di ricaduta importante, ma non molto estesa, nella zona Nord (Coriano, Ospedaletto, Pianta) ed una altrettanto importante e molto più estesa (anche oltre i confini comunali) verso Est (Bagnolo, La Selva, Forniolo, San Leonardo, Carpinello, Castellaccio, Rotta, Pievequinta, Durazzano, Borgo Sisa).

La suddivisione fra l'accorpamento di Centro-Nord (con il Centro il numericamente poco importante, "a cavallo" della linea) + Est (che, però, presenta una propaggine al disotto della via Emilia con quartieri densamente popolati: Spazoli/Campo di Marte, Bussecchio, Ronco) verso quella di Ovest+Sud, divide di fatto il territorio in due parti, la prima con insediamento industriale, inceneritori, autostrada ed un contorno di attività agricole, la seconda con aree artigianali ed attività prevalentemente agricola. Nella prima (Centro-Nord+Est) la somma dei metalli totali trovati nelle unghie mostra una quantità superiore del 60% in più rispetto a quella riscontrata nelle altre due Macroaree (Ovest+Sud).

Una ulteriore considerazione può essere effettuata sulla base di una suddivisione presa dal documento *ISTISAN 04/28 del 2004 "identificazione del*

pericolo relativo ai siti inquinati da METALLI PESANTI"⁽¹⁹⁾. In tale report vengono descritti come “**Atmofili**” alcuni elementi (As, Cu, Cd, Hg, Mo, Pb, Se, Sb, Zn), che vengono maggiormente trasportati dall’atmosfera, mentre altri sono definiti “**Litofili**”(Al, Co, Cr, Fe, Ni, Mn, V, Ti) la cui mobilità è di preferenza affidata alle acque. “Gli elementi atmofili esibiscono la tendenza all’accumulo sul particolato atmosferico fine e, poiché le polveri “inquinanti” sono di granulometria più fine di quelle presenti in natura, ne consegue che gli elementi atmofili, provenienti da attività antropogeniche, risiedono nell’atmosfera molto più tempo degli elementi litofili. I metalli atmofili provenienti da varie sorgenti sono trasportati per distanze differenti in dipendenza del loro stato di aggregazione

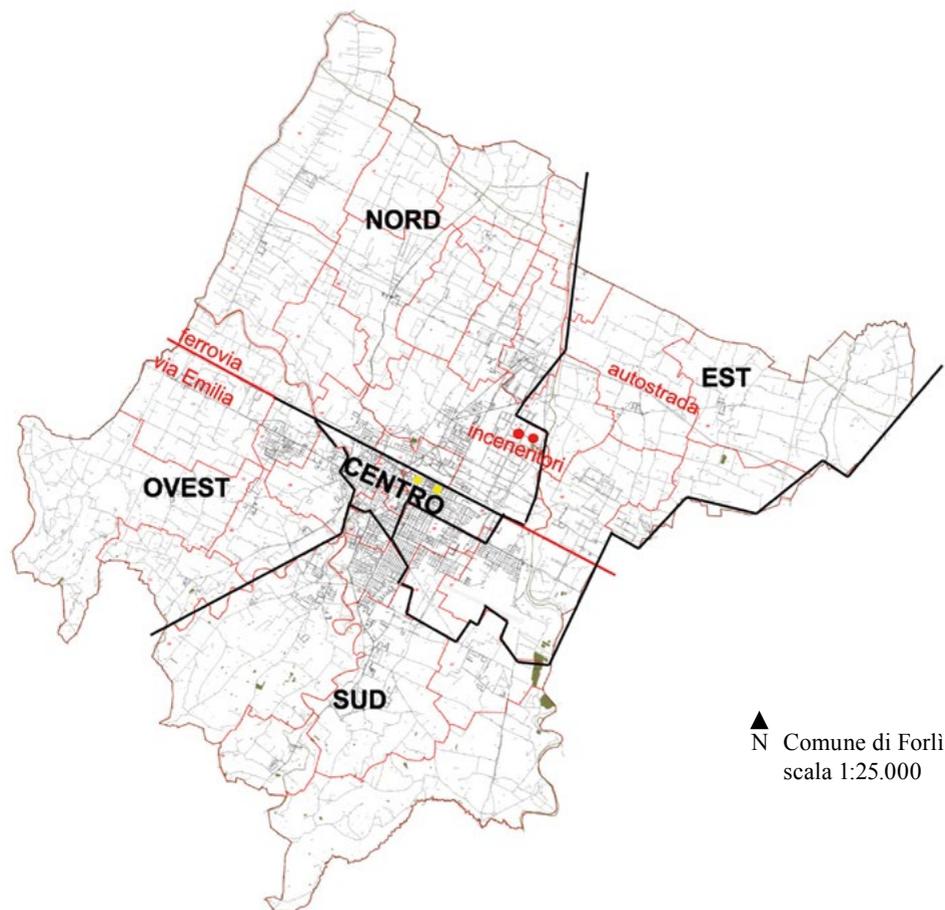


Fig 3 Territorio Comunale di Forlì suddiviso nei 5 Macroquartieri. La via Emilia (e la ferrovia) dividono anagraficamente le Aree Centro-Nord ed Est dalle Ovest e Sud. Si può notare, però, come l’area Est abbia una propaggine al di sotto di questa ipotetica linea di divisione, con quartieri alquanto popolati.

(gassoso, vapore o particolato) prima di essere abbandonati dall’aria e dai venti ed essere immessi nei suoli e negli oceani. Alcuni studi hanno evidenziato che molti metalli atmofili associati con materiale particolato grossolano sono stati depositati entro un’area di 10 km dalla sorgente di emissione.” I metalli litofili, invece, ricadono più rapidamente al suolo e vengono poi eventualmente veicolati dalle acque.

Sulla base di questa suddivisione possiamo osservare, nei dati raccolti in questa iniziativa, come alcuni litofili (**Cr, Fe, Ni e Mn**) siano maggiormente presenti nell’area Nord ed altri (**Al, Co, V, Mn**) siano presenti e segnalati in area Est. In area Est troviamo anche atmofili (**As, Pb**) e questa categoria di metalli è presente in maniera più diffusa anche nelle altre aree (Ovest e Sud): **Sb, Cd, Pb, Se**. Questa visione della dispersione dei metalli nelle diverse aree del nostro territorio appare alquanto plausibile: una ricaduta di metalli da produzione industriale nelle aree di Nord ed Est a cui si aggiunge una diffusione più generale che interessa tutte le aree con differenze meno marcate di inquinanti che derivano da sostanze usate in agricoltura.

Alcuni elementi infine, meritano considerazioni diverse: il Mercurio (**Hg**), ad esempio, è rinvenuto trasversalmente in quartieri “risparmiati” da altri elementi (Bussecchio, Ca’Ossi, Centro) e questo dato potrebbe essere influenzato da abitudini particolari di vita e soprattutto di alimentazione.

Considerazioni conclusive

L'Associazione Medici per l'Ambiente (ISDE Forlì-Cesena) con la collaborazione di altre Associazioni con finalità di tutela dell'ambiente e della salute, ha promosso a Forlì una iniziativa di Biomonitoraggio per valutare la concentrazione dei metalli pesanti nelle unghie dei ragazzi di età compresa fra i 6 ed i 9 anni. Grazie al fondamentale aiuto dei Quartieri, l'iniziativa **“DIFENDIAMO L'AMBIENTE CON LE UNGHIE!”** è stata accolta dalla popolazione forlivese con favore e con una adesione superiore alle attese, ha permesso di raccogliere un insieme di dati inediti che potranno anche essere forse di riferimento a livello nazionale per iniziative simili o studi epidemiologici, ed avendo acquisito le caratteristiche di uno “Studio Osservazionale”, come tale è stato notificato al Comitato Etico della Romagna (CEROM).

La popolazione ha aderito sia nell'accompagnare i propri ragazzi (ben 236) in età 6-9 anni alla raccolta dei campioni di unghie, sia col supporto finanziario nelle iniziative di raccolta fondi. La ricerca di 23 metalli nella matrice ungueale è avvenuta in 221 campioni idonei. Alcuni di questi metalli sono oligoelementi essenziali dell'organismo e come tali sono presenti normalmente, se in piccole concentrazioni, nel nostro corpo, altri sono invece, per lo più correlati ad attività umane, sono potenziali indicatori di contaminazione ambientale (attraverso aria, acqua, cibo, etc.). Non essendo disponibili in letteratura valori certi di riferimento per la presenza di metalli nelle unghie non è possibile fornire indicazioni assolute circa i possibili Valori di Riferimento, ma solo eseguire confronti fra le differenti aree del territorio.

La distribuzione di alcuni metalli (Cadmio, Manganese, Mercurio, Zinco) nelle 4 macroaree è risultata alquanto omogenea; altri metalli, invece, sono stati trovati in quantità diversificate e verosimilmente collegabili ad esposizioni ambientali. Si può ritenere, infatti, che i possibili fattori di confondimento, (fumo dei genitori, tipo di alimentazione, tipo di attività ludiche, etc..) siano distribuiti in maniera piuttosto omogenea sul territorio e che quindi non possano essere loro ascritte le differenze emerse fra le varie aree. Il ritrovare metalli nelle unghie dei nostri ragazzi non ci deve stupire, sia perché ciò che ci circonda entra nel nostro corpo, sia perché alcuni microelementi sono essenziali per la nostra salute. Tuttavia la loro concentrazione talora verosimilmente elevata non deve essere sottovalutata, né va tralasciata o minimizzata la presenza talora cospicua di elementi “estranei”, dotati di diverso grado di potenziale tossicità anche per piccole quantità.

Lo scopo principale di questa ricerca è stato quello di fornire una “fotografia” della presenza dei metalli pesanti nel territorio forlivese attraverso la loro quantificazione nelle unghie dei bambini di Forlì. Il contatto con i volontari, i genitori e con la popolazione in genere ha confermato la volontà dei singoli di essere attori e responsabili dell'integrità del territorio e quindi di voler contribuire a tutelare la propria salute e quella dei propri figli e nipoti. Le persone hanno compreso che il ritrovare tracce di elementi “estranei” all'interno del proprio corpo è un segnale dello stretto contatto esistente fra noi e l'ambiente esterno, perché quanto ritroviamo nell'aria, nel suolo, nell'acqua e nel cibo entra nel nostro corpo ed interagisce comunque con i nostri tessuti. Hanno compreso che si deve tenere in grande considerazione l'ambiente che ci circonda e che dobbiamo impedire che le attività umane continuino ad alterare i normali equilibri naturali. Queste consapevolezza rappresentano di per sé un primo importante risultato raggiunto dall'iniziativa.

I dati relativi alle medie di concentrazione dei singoli metalli, aggregati per Macroaree, hanno mostrato alcune differenze importanti fra le diverse Zone. Valutazioni più fini saranno eseguiti con test più appropriati in particolare per i metalli presenti in percentuali inferiori al 50%. La concordanza del metodo di raccolta e di determinazione dei dati avvenuta nello stesso Laboratorio che ha eseguito le determinazioni dello studio di Torino, potrà assicurare un confronto/verifica anche con quei risultati. Sulla base dei questionari compilati al momento della raccolta dei campioni, potrà essere valutato, per tutti i campioni, senza la suddivisione in Zone, anche l'eventuale impatto di altri fattori quali l'abitudine al fumo dei genitori, il tipo di alimentazione prevalente, le abitudini di gioco, etc.

Questa iniziativa ha voluto porre una base di riflessione sulla qualità dell'ambiente in cui viviamo e fornire agli Amministratori locali, con un insieme corposo di dati, lo spunto per verificare la qualità degli ambienti dove si siano evidenziate particolari criticità con concentrazioni di alcuni metalli difformi dal resto del territorio. Se lo riterranno opportuno potranno avviare verifiche e ricerche secondo le modalità indicate dalle vigenti normative e secondo i dettami della “Ricerca Scientifica”, al fine di identificare le eventuali fonti di emissione ed avviare concrete politiche di risanamento ambientale per la tutela della salute.

Riferimenti

- 1 La ricostruzione “storico-filosofica” della Premessa è ripresa in gran parte da Naomi Klein in “Una rivoluzione ci salverà” Ed Rizzoli “BestBUR” 2015; e “Shock Politics” Ed. Feltrinelli 2017
- 2 Alimonti A, Bocca B, Mattei D, Pino A. Biomonitoraggio della popolazione italiana per l'esposizione ai metalli: valori di riferimento 1990-2009. (Rapporti ISTISAN 10/22) © Istituto Superiore di Sanità 2010
- 3 Wilhelm M, Ewers U, Wittsiepe J, Fürst P, Hölzer J, Eberwein G, Angerer J, Marczyński B, Ranft U. Human biomonitoring studies in North Rhine-Westphalia, Germany. *Int J Hyg Environ Health*. 2007 May;210(3-4):307-18. Epub 2007 Mar 7.
- 4 Hussein Were F, Njue W, Murungi J, Wanjau R. Use of human nails as bio-indicators of heavy metals environmental exposure among school age children in Kenya. *Sci Total Environ*. 2008 Apr 15;393(2-3):376-84. doi: 10.1016/j.scitotenv.2007.12.035. Epub 2008 Feb 19.
- 5 Laohaudomchok W, Lin X, Herrick RF, Fang SC, Cavallari JM, Christiani DC, Weiskopf MG. Toenail, blood, and urine as biomarkers of manganese exposure. *J Occup Environ Med*. 2011 May;53(5):506-10. doi: 10.1097/JOM.0b013e31821854da.
- 6 Loh MM, Sugeng A, Lothrop N, Klimecki W, Cox M, Wilkinson ST, Lu Z, Beamer PI. Multimedia exposures to arsenic and lead for children near an inactive mine tailings and smelter site. *Environ Res*. 2016 Apr;146:331-9. doi: 10.1016/j.envres.2015.12.011. Epub 2016 Jan 21.
- 7 Chaturvedi R, Banerjee S, Chattopadhyay P, Bhattacharjee CR, Raul P, Borah K. High iron accumulation in hair and nail of people living in iron affected areas of Assam, India. *Ecotoxicol Environ Saf*. 2014 Dec;110:216-20. doi: 10.1016/j.ecoenv.2014.08.028. Epub 2014 Sep 26.
- 8 Vinceti M, Venturelli M, Sighinolfi C, Trerotoli P, Bonvicini F, Ferrari A, Bianchi G, Serio G, Bergomi M, Vivoli G. Case-control study of toenail cadmium and prostate cancer risk in Italy. *Sci Total Environ*. 2007 Feb 1;373(1):77-81. Epub 2006 Dec 15.
- 9 Bergomi M, Pellacani G, Vinceti M, Bassissi S, Malagoli C, Alber D, Sieri S, Vescovi L, Seidenari S, Vivoli R. Trace elements and melanoma. *J Trace Elem Med Biol*. 2005;19(1):69-73.
- 10 Amaral AF, Porta M, Silverman DT, Milne RL, Kogevinas M, Rothman N, Cantor KP, Jackson BP, Pumarega JA, López T, Carrato A, Guarner L, Real FX, Malats N. Pancreatic cancer risk and levels of trace elements. *Gut*. 2012 Nov;61(11):1583-8. Epub 2011 Dec 19.
- 11 Qayyum MA, Shah MH. Comparative study of trace elements in blood, scalp hair and nails of prostate cancer patients in relation to healthy donors. *Biol Trace Elem Res*. 2014 Dec;162(1-3):46-57. doi: 10.1007/s12011-014-0123-4. Epub 2014 Sep 18.
- 12 Karimi G, Shahar S, Homayouni N, Rajikan R, Abu Bakar NF, Othman MS. Association between trace element and heavy metal levels in hair and nail with prostate cancer. *Asian Pac J Cancer Prev*. 2012;13(9):4249-53.
- 13 Golasik M, Jawień W, Przybyłowicz A, Szyfter W, Herman M, Golusiński W, Florek E, Piekoszewski W. Classification models based on the level of metals in hair and nails of laryngeal cancer patients: diagnosis support or rather speculation? *Metallomics*. 2015 Mar;7(3):455-65. doi: 10.1039/c4mt00285g.
- 14 Gómez-Aracena J, Riemersma RA, Gutiérrez-Bedmar M, Bode P, Kark JD, Garcia-Rodríguez A, Gorgojo L, Van't Veer P, Fernández-Crehuet J, Kok FJ, Martin-Moreno JM; Heavy Metals and Myocardial Infarction Study Group. Toenail cerium levels and risk of a first acute myocardial infarction: the EURAMIC and heavy metals study. *Chemosphere*. 2006 Jun;64(1):112-20. Epub 2005 Dec 15.
- 15 Carneiro MF, Rhoden CR, Amantéa SL, Barbosa F Jr. Low concentrations of selenium and zinc in nails are associated with childhood asthma. *Biol Trace Elem Res*. 2011 Dec;144(1-3):244-52. doi: 10.1007/s12011-011-9080-3. Epub 2011 May 24.
- 16 Memore L; Voce dai territori: studio di biomonitoraggio ambientale mediante metalli pesanti nelle unghie dei bambini denominato SpoTT, sulle popolazioni residenti intorno all'inceneritore del Gerbido-Torino FattoQuotidianoRadio e Isde 14 apr. 2016)
- 17 Circolare Ministeriale N. 6 del 2 Settembre 2002, pubblicata sulla GU n. 214 del 12 Settembre 2002 sulla attività dei comitati etici istituiti ai sensi del decreto ministeriale 18 Marzo 1998.
- 18 Andrea Ranzi et Al. Mortality and morbidity among people living close to incinerators: a cohort study based on dispersion modeling for exposure assessment *Environmental Health* 2011, 10:22 doi:10.1186/1476-069X-10-22
- 19 Rapporti ISTISAN 04/28 © Istituto Superiore di Sanità: “Identificazione del pericolo relativo ai siti inquinati da metalli pesanti” 2004

Appendice

PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEI 23 METALLI INDAGATI

Alluminio – Al

L'alluminio è usato in molte industrie per realizzare milioni di prodotti differenti ed è molto importante per l'economia mondiale. Il suo uso supera quello di qualunque altro metallo ad eccezione del ferro. È un metallo molto reattivo, forma facilmente leghe con molti elementi quale rame, zinco, magnesio, manganese e silicio ed è difficile estrarlo dal suo minerale, l'ossido di alluminio (Al₂O₃). Si ossida molto velocemente formando un composto estremamente stabile.

Il recupero di alluminio dai rottami (attraverso il riciclaggio) è diventato una componente importante dell'industria. Negli ultimi trenta anni si è visto un aumento costante di alluminio presente nella nostra dieta ed anche nell'ambiente. Caramelle colorate, agenti lievitanti, aspirina tamponata contengono additivi a base di alluminio. È un comune additivo alimentare e si trova in alimenti come il formaggio fuso, sale da cucina, sottaceti, farina bianca, preparati per pasta, miscele di torte, panna non casearia, vaniglia in polvere e alcuni ciambelle e cialde ed alcuni tipi di latte per neonati; è presente in diversi cosmetici. È un componente di tegami in cucina (pentole) e viene usato in fogli per la conservazione degli alimenti (e può essere rilasciato nel caso di alimenti acidi come agrumi o pomodori) o in lattine per bibite.

Nessun sistema vivente utilizza l'alluminio per i processi biochimici. Ha la tendenza ad accumularsi nel cervello e nelle ossa. È molto meno tossico di mercurio, arsenico, piombo o cadmio, ma è molto più comune nel nostro ambiente, e sembra anche essere più persistente rispetto alla maggior parte degli altri veleni metallici.

L'assunzione di alluminio può avvenire attraverso il cibo, attraverso la respirazione e tramite il contatto con la pelle. Ad elevate concentrazioni o per un'assunzione continuata di concentrazioni significative può causare problemi di salute come: danneggiamento del sistema nervoso centrale, con perdita della memoria, indebolimento, tremore, demenza.

L'inalazione di polvere di alluminio e di ossido di alluminio è stata indicata come causa di danni ai polmoni e di fibrosi polmonare. Questo effetto, noto come malattia del rasoio, è complicato dalla presenza di silicio e di ossidi di ferro nell'aria inalata.

Antimonio – Sb

L'antimonio un elemento chimico semimetallico che può esistere in due forme: la forma metallica è luminosa, argentea, dura e fragile; la forma non metallica è una polvere grigia. L'antimonio molto puro è usato per diodi e rivelatori a infrarossi. L'antimonio è spesso unito in leghe con il piombo usate in batterie, metalli a bassa frizione, guaine per cavi. I composti dell'antimonio sono usati per fare materiali resistenti al fuoco, vernici, smalti, vetro e ceramica. È un inquinante presente in aree industriali, soprattutto nei pressi di fonderie di Rame, Piombo e Zinco. Lo si trova nei suoli agricoli per deposizione da residui di combustione o attraverso la distribuzione di concimi chimici o fanghi di depurazione.

Principalmente inquina, dunque, i terreni e le acque superficiali, attraverso l'acqua freatica può attraversare grandi distanze. Può essere rimosso dall'acqua tramite processi di coagulazione e microfiltrazione. L'antimonio è presente come contaminate anche nell'aria delle aree urbane (concentrazioni tra 0,42 e 0,85 µg/m³) ed è presente anche nel fumo di tabacco.

L'esposizione umana all'antimonio può avvenire respirando aria, mangiando cibi e bevendo acque lo contengono, ma anche attraverso il contatto della pelle con il terreno, l'acqua ed altre sostanze che lo contengono.

Se l'esposizione continua e porta ad un forte accumulo, possono verificarsi effetti sulla salute, quali infezioni polmonari, problemi al cuore, diarrea, vomito severo e ulcere dello stomaco. Era usato in passato come rimedio per infezioni da parassiti, ora nella forma di triossido è considerato un possibile cancerogeno per l'uomo (gruppo 2B).

Arsenico - As

L'Arsenico è un semi-metallo molto diffuso in natura, nell'atmosfera, nel suolo, nelle rocce, nell'acqua, negli organismi ed in quasi tutti i tessuti animali e vegetali. Per l'uomo la principale fonte di esposizione non occupazionale è rappresentata dall'assunzione di acqua potabile contaminata.

Una volta ingerito in forma elementare viene principalmente eliminato dall'organismo senza comportare alcun assorbimento. I composti solubili dell'arsenico vengono invece rapidamente assorbiti nell'apparato gastrointestinale e in base al rispettivo numero di ossidazione subiscono vie metaboliche diverse: - l'arsenico pentavalente subisce una completa eliminazione per via renale, l'arsenico

trivalente subisce una prima detossificazione a livello epatico e successivamente viene eliminato per via renale.

Ha effetti negativi sulla riproduzione, e può causare malattie neurologiche, cardiovascolari, respiratorie, diabete e tumori. L'arsenico è classificato dalla IARC cancerogeno per l'uomo (gruppo 1). La concentrazione massima di arsenico nell'acqua potabile è stata fissata a 10 µg/L dall'OMS. Il maggior contributo di arsenico con la dieta deriva dai cereali, dagli ortaggi, prodotti caseari e dall'acqua potabile.

Bario – Ba

Il bario è un metallo bianco-argenteo che esiste naturalmente nell'ambiente. È molto leggero, ossida in aria, reagisce vigorosamente con l'acqua formando l'idrossido e liberando ossigeno. Il bario reagisce con quasi tutti i non-metalli, formando spesso composti velenosi. È usato spesso in leghe bario-nichel per gli elettrodi dello spark-plug (candele di accensione), in tubi a vuoto come essiccante ed agente per la rimozione dell'ossigeno, inoltre è usato in lampade fluorescenti e facilita la perforazione attraverso le rocce lubrificando la trivella. I composti di bario sono inoltre usati per fare vernice, mattoni, piastrelle, vetro, e gomma. I clorati ed i nitrati di bario danno ai fuochi d'artificio un colore verde.

Quantità elevate di bario possono essere trovate nei terreni e in alimenti, come noci, alghe, pesci ed alcune piante, ma generalmente non in quantità tali da diventare una minaccia per la salute. Rischi per la salute sono causati dalla respirazione di aria che contiene solfato di bario o carbonato di bario: molte discariche di rifiuti pericolosi contengono consistenti quantità di bario.

I composti di bario che si dissolvono in acqua possono essere nocivi per la salute umana causando difficoltà di respirazione, aumento della pressione sanguigna, variazione del ritmo cardiaco. Se assorbito in quantità elevate può rimuovere il potassio all'interno delle cellule e causare effetti di vario genere nel tono muscolare, nelle funzioni del cuore ed nel sistema nervoso.

Il solfato di bario è un farmaco usato in test diagnostici. Si tratta di un agente radiopaco che offre un contrasto tra i tessuti di organi durante una radiografia. Per eliminare il solfato di bario si consiglia di bere molti liquidi.

Berillio – Be

Il berillio è usato nelle leghe di rame-berillio nell'industria della difesa ed aerospaziale; è usato anche nel campo della diagnosi attraverso raggi X (è trasparente ai raggi X) e nella realizzazione di dispositivi per computer. Il berillio esiste in aria sottoforma di particelle di polvere molto piccole. Le emissioni industriali rilasciano berillio all'aria e gli scarichi idrici rilasciano il berillio nell'acqua. Si deposita solitamente in sedimenti. Nell'acqua, i composti chimici reagiscono con il berillio, rendendolo insolubile. Questo è un fatto positivo, perché la forma insolubile di berillio in acqua può causare molto meno danni agli organismi rispetto alla forma solubile in acqua. Il suo contenuto nelle piante è in genere troppo basso per interessare gli animali che se ne cibano.

È un elemento non essenziale e non serve ad alcuna funzione biologica: è uno degli elementi chimici più tossici. Può essere molto nocivo se respirato, perché può danneggiare i polmoni e causare polmonite. L'effetto il più comunemente noto del berillio è detto berilliosi, con danni persistenti ai polmoni e nel tempo al cuore. Può anche causare reazioni allergiche nelle persone ipersensibili. Per la IARC è un possibile cancerogeno (2B).

Boro - B

Il boro contribuisce, nell'organismo, a regolare i livelli del fosforo, influenza il metabolismo del calcio (ne migliora l'assorbimento) e del magnesio (ne riduce la perdita). Intervenendo su questi due metabolismi, il boro innalza i livelli di estrogeni e di vitamina D. Agevolando l'assorbimento di calcio nelle ossa, aiuta a salvaguardare l'integrità del sistema osseo e a prevenire l'osteoporosi. Partecipa a diverse reazioni enzimatiche tra cui quelle che permettono all'organismo di ricavare energia da grassi e zuccheri, preserva la salute delle membrane cellulari e contribuisce a mantenere efficiente la funzionalità cerebrale e mnemonica.

Non viene sintetizzato dall'organismo umano e deve quindi essere assunto tramite la dieta; gli alimenti più ricchi di boro sono i cavolfiori, le carote, i datteri, i fagioli, i funghi, i legumi verdi, le mandorle, le pere, le prugne e l'uva. Tra i principali sintomi di carenza: indebolimento della struttura ossea, artrite, carie, squilibri ormonali, dolori muscolari e debolezza, depressione, tendenza allo stress, deficit di memoria. Secondo quanto affermato dall'*Istituto Superiore della Salute americano*, la dose raccomandata di boro oscilla tra 1,5 e 3,9 mg giornalieri. Un'assunzione eccessiva di boro può provocare la riduzione del senso di fame, nausea, vomito, diarrea, problemi cutanei e letargia.

Cadmio – Cd

Il cadmio è un metallo brillante, bianco-argento, duttile, molto malleabile. È simile per molti aspetti allo zinco ma si presta a composti più complessi. È usato soprattutto in batterie (soprattutto batterie Ni-Cd) ed anche in pigmenti, rivestimenti e placcatura, e stabilizzatori per plastica. Il cadmio è stato usato specialmente per placcare l'acciaio; ha la capacità di assorbire neutroni, quindi è usato come barriera per controllare la fissione nucleare. È naturalmente presente nell'ambiente, nei fiumi attraverso l'erosione delle rocce e in aria attraverso incendi boschivi e vulcani. Gran parte del cadmio è, però, liberato dalle attività umane, principalmente attraverso il terreno, perché è presente in concimi e pesticidi. Dopo che il fertilizzante viene applicato sul terreno coltivabile finisce nelle acque superficiali. I vermi di terra ed altri microrganismi essenziali per il terreno sono estremamente suscettibili all'avvelenamento da cadmio che minaccia l'intero l'ecosistema del suolo. Negli ecosistemi acquatici il cadmio può bio-accumularsi in mitili, ostriche, gamberi, aragoste e pesci. Esposizione ad alti livelli può avvenire anche in prossimità di discariche di rifiuti o di fabbriche, ma anche col fumo di tabacco che trasporta il cadmio nei polmoni.

L'assorbimento di cadmio avviene principalmente attraverso il cibo: fegato, funghi, crostacei, mitili, polvere di cacao ed alghe secche e nel corpo umano è trasportato al fegato tramite il sangue. Nel fegato si lega alle proteine formando complessi poi trasportati ai reni; si accumula nei reni e danneggia i meccanismi di filtrazione con conseguente proteinuria. Inibisce il rilascio di acetilcolina, dando luogo ad iperattività del sistema nervoso (nei bambini), cefalea o perdita di appetito. Sostituisce lo zinco nelle arterie rendendole meno flessibili e creando disturbi cardiovascolari come l'ipertensione. Altera il metabolismo di calcio e fosforo dando luogo ad osteoporosi e fragilità dentale. Sostituendo lo zinco interferisce nella produzione di insulina e nel metabolismo del testosterone, con possibilità di diabete, problemi alla prostata e impotenza. Può provocare inoltre alopecia (perdita dei capelli), diarrea, anemia, deficit immunologici e renali. La IARC lo classifica cancerogeno (categoria 1).

L'assorbimento intestinale e la fissazione del cadmio possono essere antagonizzati da una integrazione alimentare di alte dosi di zinco (integratori in cui lo zinco è in forma chelata), sotto controllo medico.

Cobalto – Co

Il cobalto è usato in molte leghe: superleghe, per parti nei motori delle turbine a gas dei velivoli, leghe resistenti alla corrosione, acciai, carburi cementati, nei magneti e come catalizzatore per l'industria chimica e petrolifera, infine, come agente essiccante per vernici e inchiostri. Il blu cobalto è una componente importante della gamma di colori degli artisti ed è usato in lavori in porcellana, ceramica, vetro macchiato, mattonelle e smalti per gioielleria. Il suo isotopo radiattivo, il cobalto-60, è usato nelle cure mediche ed anche per irradiare gli alimenti, per conservarli e proteggere il consumatore. Il cobalto non è solitamente estratto da solo e tende ad essere prodotto come sottoprodotto dell'attività di estrazione mineraria di nichel e rame. È relativamente poco abbondante nella crosta terrestre e nelle acque naturali; nell'ambiente marino è necessario per le alghe blu-verdi (cianobatteri) e per altri organismi che fissano l'azoto.

Il cobalto è essenziale per la salute perché è parte della vitamina B12, ma concentrazioni troppo elevate (in prossimità di miniere ed impianti di fusione) possono provocare: danni alla tiroide, problemi cardiologici, problemi di vista, vomito e nausea. Effetti sulla salute possono anche derivare dalle radiazioni degli isotopi radioattivi che tuttavia hanno periodi di decadimento relativamente brevi e non sono particolarmente pericolosi. La IARC colloca il cobalto ed i suoi composti nel gruppo 2B (possibilmente cancerogeni).

Cromo – Cr

Le utilizzazioni principali del bicromato di potassio sono leghe come l'acciaio inossidabile, la placcatura di cromo e la ceramica metallica. Il cromo è usato in metallurgia per fornire resistenza alla corrosione e rivestimento lucido; è presente in tinture e vernici, i suoi sali colorano il vetro verde smeraldo e provocano l'annerimento del cuoio. L'ossido di cromo (CrO₂) è usato per produrre nastri magnetici.

La forma trivalente (III) ed esavalente (VI) sono molto diverse: la prima (Cr III) è considerata un oligonutriente essenziale per gli organismi: la sua carenza può interrompere il metabolismo degli zuccheri, con un effetto dimagrante, con disturbi cardiologici, metabolici e diabete, ma con un livello di tossicità relativamente bassa. Il livello di cromo in aria ed acqua è generalmente basso, si presenta naturalmente in molte verdure, frutta, carni, lieviti e farinacei; occorre fare attenzione alla conservazione del cibo in contenitori d'acciaio o in lattine. Le attività umane principali che aumentano le concentrazioni di cromo (III) sono

la lavorazione di acciaio, cuoio e tessuti. La seconda (Cr VI) deriva da composti di origine industriale è considerata altamente tossica. Il cromo esavalente è classificato dalla IARC come cancerogeno (classe I): l'apparato respiratorio rappresenta il principale bersaglio dell'azione tossica e cancerogena. L'esposizione professionale, acuta e cronica, avviene soprattutto per assorbimento mediante inalazione. Oltre ad essere cancerogeno può causare sulla pelle reazioni allergiche con ulcere, dermatiti e chiazze cutanee (tessuti di cuoio trattati). A seguito di inalazione può causare irritazione ed epistassi, irritazione di faringe e laringe, bronchiti asmatiche, broncospasmi ed edema.

I tre più importanti impieghi industriali del Cr VI sono: - Cromatura galvanica, per proteggere dalla corrosione, migliorare l'estetica ed indurire pezzi meccanici in ferro o acciaio o per riportarli a spessore dopo rettifica; - Saldatura ad arco di acciai speciali con elettrodi ad alto tenore di cromo; - Produzione e tintura con colori ed inchiostri contenenti pigmenti a base di cromato. L'esposizione ai composti del Cr VI può avvenire anche durante l'applicazione e la fabbricazione di pesticidi, di cemento portland ed in alcuni rami industriali minori; sono a rischio soprattutto le persone che lavorano nell'industria tessile e siderurgica. Anche le persone che fumano tabacco hanno una maggiore probabilità di esposizione al cromo.

Ferro – Fe

Il ferro è il metallo più abbondante sulla terra, brillante, duttile, malleabile, grigio-argenteo, arrugginisce in aria umida, ma non in aria secca. Si dissolve rapidamente in acidi diluiti, è chimicamente attivo e forma due serie composti chimici importanti: ferro bivalente (II), o ferroso, e ferro trivalente (III), o ferrico. È il più usato di tutti i metalli, formando il 95 % di tutti i composti metallici prodotti universalmente. L'acciaio è la lega migliore del ferro; altri composti del ferro sono: ghisa, ferro di getto, acciaio al carbonio, ferro modellato, acciai legati, ossidi di ferro.

Il ferro è essenziale per gli esseri viventi: può essere trovato nella carne (dalla quale è assorbito più velocemente) e in molti altri prodotti alimentari, come patate e vegetali. È costituente dell'emoglobina, l'agente che colora il sangue di rosso e che trasporta l'ossigeno in tutto il corpo. La carenza di ferro porta all'anemia: la necessità giornaliera è di 7 mg per un uomo e di 11 mg per una donna (quantità che si ritrovano, comunque, normalmente nella dieta). Solo in particolari situazioni, e sotto controllo medico, gli integratori di ferro rappresentano un valido aiuto per scongiurare la comparsa di quadri da carenza e la

possibilità che questi evolvano ad anemia sideropenica. Se la carenza di ferro provoca anemia, l'esagerata presenza di questo ione metallico nelle cellule (per esempio nei pazienti che si sottopongono a frequenti trasfusioni di sangue) può provocare l'*emocromatosi*: un accumulo di ferro in alcuni organi, soprattutto fegato, pancreas e ghiandole che producono ormoni.

L'accumulo di ferro nel fegato può portare, negli anni, a fibrosi, cirrosi ed anche alla comparsa di epatocarcinomi. L'inalazione cronica di concentrazioni eccessive dei vapori delle polveri dell'ossido del ferro può provocare lo sviluppo di pneumoconiosi benigna, detta siderosi. A contatto con i tessuti la polvere di ferro può causare congiuntivite, coroiditi e retiniti.

Manganese - Mn

Il Manganese è un elemento molto comune che può essere trovato dappertutto sulla terra. È un metallo duro, molto fragile, fondibile con difficoltà ma facilmente ossidabile. È reattivo in forma pura e come polvere brucia in ossigeno, reagisce con l'acqua (si arrugginisce come il ferro) e si dissolve in acidi diluiti. È essenziale per l'industria siderurgica nella produzione di composti di ferro e acciaio, essendo il componente chiave delle produzioni a basso costo di acciaio inossidabile e di diverse leghe di alluminio. È usato per la produzione di batterie, nella chimica, nella produzione di vetro, nell'industria tessile e della pelle ed anche come fertilizzante.

È dimostrata una sua funzione vitale con l'impossibilità di crescita e sviluppo di alcuni microorganismi in assenza di dosi infinitesimali di manganese, infatti, il manganese è uno degli oligoelementi essenziali "tossici". È necessario per la sopravvivenza degli esseri umani, ma è anche tossico se presente nel corpo umano in concentrazioni troppo alte. Fonte di manganese sono: alimenti di origine vegetale, specialmente frumento e riso non raffinati, frutta secca, foglie di tè ed in misura minore uova, latte, frutta fresca e carne.

Nell'uomo i sintomi da carenza di manganese vengono riscontrati solo di rado con miastenia gravis ed atassia. Si ipotizza anche che una carenza di questo oligoelemento possa arrecare danni a carico della capacità riproduttiva, dello sviluppo, della formazione di ossa e cartilagini, metabolismo di grassi e carboidrati, ed anche possibili conseguenze per diabete ed ipercolesterolemia. I fabbisogni giornalieri raccomandati (RDA) di manganese sono stimati tra i 2 ed i 4 mg e il valore 0,74 mg/di costituisce il minimo fabbisogno giornaliero.

Come detto, l'eccesso di questo minerale può avere, invece, gravi riflessi sulla

salute dell'uomo. L'intossicazione acuta avviene per inalazione prolungata di fumo e/o polvere tipica di lavoratori dell'industria metalmeccanica. L'intossicazione nota con il termine "pazzia da manganese" è stata descritta nei minatori con allucinazioni, tendenza alla violenza, irritabilità. Esposizioni frequenti e prolungate a fumi di manganese sono stati evidenziati casi di morbo di Parkinson: anche per questo, il manganese è stato inserito nella lista delle sostanze tossiche e pericolose, redatta da OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*). Il limite massimo oltre al quale il manganese si definisce tossico è stimato attorno ai 5mg/m³-1 mg/m³. Per la sua capacità di attraversare la barriera emato-encefalica, il minerale può raggiungere le aree del sistema nervoso centrale (SNC) e produrre effetti neurotossici caratteristici: debolezza, crampi alle gambe, sonnolenza, paralisi, languore, impotenza, disturbi emotivi ed irritabilità. Ma, soprattutto, gravi alterazioni del SNC sono descritte nel feto e nella prima infanzia.

Mercurio – Hg

Il mercurio è l'unico metallo comune liquido a temperature ordinaria. Si unisce facilmente in leghe con molti metalli, come oro, argento e stagno (amalgami). Grazie alla sua elevata densità è usato in barometri, manometri e termometri per il suo alto tasso di espansione termica. Per la sua facilità nell'amalgamarsi è sfruttato nel recupero di oro dai suoi minerali. Il mercurio è usato in certi ingranaggi elettrici, come gli interruttori ed i raddrizzatori di corrente e per la catalisi industriale. Molto meno mercurio è oggi usato nelle batterie per l'illuminazione fluorescente. Il cloruro mercurico (sublimato corrosivo, HgCl₂) è usato come insetticida, nel veleno per topi, e come disinfettante. L'ossido mercurico è usato in unguenti per la pelle. Il solfato mercurico è usato come catalizzatore in chimica organica (industria plastica). Il vermiglio, un pigmento rosso, è solfuro mercurico, mentre un'altra forma cristallina del solfuro (anche usato come un pigmento) è nera. Mercurio fulminate, Hg(CNO)₂, è usato come detonatore. Il mercurio viene impiegato, infine, come antimuffa nelle vernici, e, fino a qualche tempo fa, dai dentisti come amalgama dentale.

Il mercurio è un metallo che si presenta naturalmente nell'ambiente, ma la sua concentrazione ambientale sta aumentando a causa dell'attività umana. È scaricato nell'aria, attraverso il combustibile fossile, l'estrazione mineraria, la fusione e la combustione dei rifiuti solidi, e nel terreno o nell'acqua, da fertilizzanti agricoli o dallo scarico nelle acque reflue industriali. Tutto il mercurio che è liberato nell'ambiente finisce nel terreno o nelle acque superficiali. Non si trova naturalmente nelle derrate alimentari, ma si bioaccumula nel passaggio fra

piccoli e grandi animali. In particolare la concentrazione di mercurio nei pesci di grossa taglia spesso supera notevolmente la concentrazione nell'acqua in cui vivono. Anche i prodotti di allevamento del bestiame possono contenere elevate quantità di mercurio. Il mercurio del terreno può accumularsi nei funghi.

In caso di intossicazione acuta, gli effetti riscontrati sono broncopneumite, danni a carico del SNC con sintomi neurologici, ed a livello dell'apparato gastrointestinale. Nella tossicità cronica gli effetti riscontrati comprendono tremori, forme di allucinazioni, danno renale, neurotossicità a livello della corteccia cerebrale e del cervelletto con degradazione della capacità di apprendimento, perdita di memoria, cambiamenti di personalità, alterazioni dei movimenti e scoordinamento muscolare, debolezza, perdita della vista e dell'udito.

I principali effetti di tossicità acuta e cronica del mercurio possono essere così riassunti: gravi alterazioni del sistema nervoso e danneggiamento delle funzioni cerebrali; stanchezza ed emicranie; danni cromosomici; reazioni allergiche, con chiazze cutanee, danni riproduttivi: alterazioni dello sperma, difetti di nascita, aborti, malformazioni.

Molibdeno – Mo

È un metallo di transizione, bianco argenteo, duro, ma anche morbido e duttile in modo tale da essere impiegato come prezioso agente legante, poiché contribuisce all'indurimento e alla durezza degli acciai raffreddati e temperati. È usato in leghe per elettrodi, catalizzatori ed in pezzi di artiglieria. In leghe a base di nichel determina resistenza al calore ed alla corrosione. È usato nelle fornaci in vetro elettricamente riscaldate, in applicazioni di energia nucleare e per parti di velivoli e missili. È utile come catalizzatore nella raffinazione del petrolio. Il solfuro di molibdeno è un lubrificante e componente essenziale di quasi tutti gli acciai di resistenza ultraelevata. Pigmenti a base di molibdeno hanno colori che variano tra il giallo intenso e l'arancione vivo e vengono usati nelle vernici, negli inchiostri e nei manufatti di plastica e di gomma.

Il molibdeno è un oligoelemento essenziale per tutte le specie, ma, come per gli altri oligometalli, lo è in quantità molto piccole, mentre può essere altamente tossico in dosi maggiori. In operai cronicamente esposti sono state segnalate disfunzioni al fegato con iperbilirubinemia; segni di gotta (dolori alle ginocchia, mani, piedi, deformità articolari, eritema e edema delle giunture) sono stati riscontrati negli operai di fabbriche e fra gli abitanti dell'Armenia, regione ricca di molibdeno. Gli alimenti più ricchi in molibdeno sono le crucifere, i legumi ed alcuni cereali.

Nichel – Ni

Il nichel è un metallo bianco argenteo che appartiene al gruppo del ferro ed è duro, malleabile e duttile. È un buon conduttore di calore e di elettricità ed il suo uso principale è nella preparazione delle leghe che presentano resistenza, duttilità e resistenza alla corrosione ed al calore. Molti acciai inossidabili contengono il nichel: circa il 65% del nichel consumato nel mondo occidentale è usato per l'acciaio inossidabile, la cui composizione è tipicamente ferro, con 18% di cromo ed 8% di nichel. Vengono così prodotti acciai legati, batterie ricaricabili, catalizzatori e prodotti chimici, coniatore, prodotti di fonderia e placcatura. Infine, il nichel può essere presente nei detersivi.

La maggior parte del nichel presente sulla terra è inaccessibile perché è intrappolato nel nucleo fuso ferro-nichel del pianeta. Il materiale organico ha una notevole capacità di assorbire il metallo, ciò spiega perché il carbone e l'olio ne contengono quantità considerevoli. Il nichel è rilasciato nell'aria dalle centrali elettriche e dagli inceneritori di rifiuti. Le particelle contenenti nichel cadono e persistono per tempi lunghi nel terreno. Nei terreni silicei, tuttavia, il nichel spesso fluisce fuori nell'acqua freatica. Non tende ad accumularsi in piante o in animali, di conseguenza non si bioaccumula nel ciclo alimentare.

Due fonti insospettabili ma importanti di nichel per l'uomo sono l'acqua del rubinetto e il fumo di sigaretta. È comunque presente in molti alimenti di origine vegetale come pomodori e fagioli, ma anche nocchie, lenticchie, piselli, cipolle, cioccolato, tè, in quantità che variano molto in base al terreno di coltura. Le fonti alimentari più nocive di nichel possono essere i grassi vegetali idrogenati (margarina e simili). Anche le uova contengono nichel, in base al tipo di mangime con cui sono nutrite le galline. In definitiva l'assunzione di nichel si amplifica quando si mangiano grandi quantità di verdure provenienti da terreni inquinati ed i fumatori sono i soggetti ad un più alto assorbimento ed accumulo.

Nel corpo umano se ne ritrovano tracce per un totale di circa 1 mg., soprattutto nelle ossa, nel pancreas, nella saliva. A piccole dosi agisce come coenzima per il metabolismo del glucosio, di alcuni ormoni, dei lipidi e delle membrane cellulari. Sembra importante anche per la sintesi di acidi nucleici (DNA, RNA). Dunque, il nichel è essenziale in piccolissime quantità, ma quando l'assorbimento è elevato può divenire tossico. Una esposizione alla forma gassosa può provocare problemi respiratori ed embolie polmonari, asma, bronchite, malessere e stordimento. L'eccesso di assunzione può determinare problemi cardiocircolatori e problemi riproduttivi. Sono descritte reazioni allergiche cutanee fino all'ul-

cerazione (principalmente da bigiotteria/gioielleria) e la sensibilità al nichel una volta manifestatasi, sembra persistere indefinitamente. La IARC ha collocato i composti del nichel all'interno del gruppo 1 (cancerogeni certi) ed il nichel all'interno del gruppo 2B (possibilmente cancerogeni).

Piombo - Pb

Il piombo è il maggiore costituente delle batterie ampiamente impiegate nelle automobili. È usato come elemento colorante nei vetri e nella ceramica, in alcune candele per trattare la cera e nei proiettili. Costituisce la base metallica per tubi, per pentole e vari utensili da cucina ed è usato come elettrodo nei processi di elettrolisi. Una delle sue maggiori applicazioni è nel vetro di computer e televisori, dove scherma l'utente dalle radiazioni. È usato in cavi, saldature, vetri in cristalli al piombo, munizioni, cuscinetti e nei pesi dell'attrezzatura sportiva. È stato usato fino a poco tempo fa come additivo nella benzina ed i suoi sali sono entrati nell'ambiente attraverso gli scarichi delle automobili: sono finiti sul terreno o nell'acqua superficiale inquinandola, mentre le particelle più piccole sono veicolate per lunghe distanze attraverso l'aria e persistono a lungo nell'atmosfera. Una parte di questo piombo ricade poi sulla terra con la pioggia. Questo "ciclo del piombo" causato dalla produzione umana è aumentato ed alimentato dalla combustione per processi industriali e per incenerimento di rifiuti solidi, rendendo l'inquinamento da piombo un problema mondiale.

Il piombo è un elemento chimico particolarmente pericoloso, dal momento che può accumularsi non soltanto nei diversi organismi, ma anche nell'intera catena alimentare. Può entrare nel corpo umano attraverso l'assunzione di cibo (65%), acqua (20%) ed aria (15%), mentre viene eliminato tramite urine e feci. Alimenti come frutta, verdura, carne, grano, frutti di mare, bibite analcoliche e vino possono contenere significative quantità di piombo. Anche il fumo di sigaretta contiene piccole quantità di piombo.

Il piombo non svolge alcuna funzione essenziale nel corpo umano. Può soltanto causare danni in seguito al suo assorbimento, perché, oltre al legame con i gruppi -SH delle proteine, va a sostituire il Ca^{2+} , indispensabile per i processi enzimatici, per la contrazione muscolare e per i processi di neurotrasmissione.

L'intossicazione più probabile è quella cronica, perché è molto difficile entrare a contatto con quantità di piombo talmente grandi da provocare tossicità acuta. L'intossicazione grave da piombo prende il nome di "saturnismo": anemia emolitica (per alterazione della biosintesi di emoglobina), nausea, vomito,

fortissimi dolori addominali, convulsioni, disturbi psichici ed insufficienza renale; gotta acuta, lesioni a carico delle ossa e delle cartilagini, artrosi e dolori agli arti; Orletto di Burton (sottile strato color bluastro che interessa la gengiva al di sotto dei canini e degli incisivi, tipica spia di grave intossicazione da piombo), alterazione dei valori pressori arteriosi; alterazioni spermatiche nell'uomo ed infertilità nella donna; cefalea, tremore, mancata coordinazione motoria e "follia". È stata recentemente descritta una correlazione diretta fra la probabilità di commettere un crimine violento e la quantità di piombo misurata nel sangue.

I danni "maggiori" sono a carico dei bambini: diminuzione della capacità di apprendere, disturbi comportamentali come aggressività, comportamento impulsivo ed iperattività. Il piombo può entrare nel feto attraverso la placenta e causare serio danneggiamento del sistema nervoso e del cervello con conseguente un ridotto quoziente intellettivo (QI). Secondo l'EFSA (Autorità europea per la sicurezza alimentare) esistono preoccupazioni ed allarme in merito ad effetti sullo sviluppo neurologico nei feti, nei neonati e nei bambini.

Rame - Cu

Il rame è un metallo di colore rossastro e consistenza duttile e malleabile. È un ottimo conduttore di calore e di elettricità e presenta una buona resistenza alla corrosione ed una bassa reattività chimica. Il rame puro è molto morbido e per essere lavorato deve essere indurito, mentre le leghe come l'ottone (rame e zinco) e il bronzo (rame e stagno) sono dure e resistenti, hanno elevata resistenza elettrica e di conseguenza non possono essere utilizzate come materiale conduttore. È usato in agricoltura e in industria soprattutto per la fabbricazione di materiale elettrico ed edile.

Il rame può essere in molti tipi di alimenti (fegato bovino e carne di manzo, funghi secchi, ostriche, cacao in polvere, noci, arachidi, semi di girasole e di zucca, pistacchi, pinoli, pomodori essiccati), nell'acqua potabile (attraverso la corrosione dei tubi dell'acquedotto se contengono rame) e nell'aria. Assorbiamo rame ogni giorno mangiando, bevendo e respirando. L'assorbimento di rame è necessario, perché è un oligoelemento indispensabile per la salute umana.

Anche se possiamo gestire concentrazioni proporzionalmente elevate di rame, l'eccessiva assunzione può causare problemi di salute. Una volta assorbito viene veicolato da una proteina (ceruloplasmina) al fegato, che provvede a regolarne la quantità e a distribuirlo in tutto il corpo (ossa e muscoli ne contengono oltre il 50% della quantità presente nell'organismo). In tutti i tessuti il rame favorisce

l'assimilazione del ferro da parte dell'intestino e agisce come catalizzatore, insieme alla vitamina C, della formazione dell'emoglobina, delle ossa. Catalizza anche la formazione degli enzimi che mantengono elastici i vasi sanguigni ed il muscolo cardiaco, proteggendo i tessuti dall'aggressione dei radicali liberi. Sono attribuite al rame proprietà cosmetiche: aumenta, infatti, la formazione di collagene e la produzione di elastina, prevenendo le rughe e il rilassamento cutaneo aiutando a mantenere una pelle sana.

L'eccesso di rame, per esposizione a lungo termine, può provocare intossicazioni e danneggiare la flora intestinale, irrita mucose di naso, bocca e occhi, dell'esofago, faringe e stomaco, con vomito e diarrea. Elevata assunzione di rame può causare danni a fegato e reni, mentre è da accertare se l'esposizione di lunga durata ad alte concentrazioni possa provocare un declino nell'intelligenza nei giovani adolescenti. L'avvelenamento cronico da rame provoca la malattia di Wilson, caratterizzata tramite da cirrosi epatica, danni cerebrali, demenza-alienazione, disturbi renali e deposizione di rame nella cornea.

La pratica di indossare al polso braccialetti in rame, introdotta dai Caldei circa 6000 anni a.C. per contrastare i reumatismi e prevenire le infezioni, è alla base della "metalloterapia"; tuttavia i risultati di uno studio pubblicato sulla prestigiosa rivista *PLoS ONE* hanno, recentemente, dimostrato che i braccialetti di rame (ed i cinturini magnetici) non offrono effetti terapeutici significativi rispetto a dispositivi simili placebo (non contenenti rame).

Selenio - Se

Il selenio è un elemento chimico non metallico; viene utilizzato per rimuovere il colore dal vetro e per dare un colore rosso a vetri e smalti. Nell'industria della riproduzione per fotocopie e prodotti fotografici serve a intensificare ed aumentare la gamma tonale delle immagini fotografiche in bianco e nero. È usato in elettronica, per fotocellule, esposimetri e pile solari. La selenite di sodio è impiegata per l'alimentazione degli animali e per supplementi alimentari. Altri impieghi del selenio sono in leghe metalliche come nelle piastre di piombo utilizzate in pile secondarie e nei raddrizzatori per convertire la corrente alternata in corrente continua. È usato, infine, per migliorare la resistenza all'abrasione in gomme vulcanizzate e, talora, residui di selenio sono aggiunti ad alcuni tipi di sciampo antiforfora.

Il selenio è un minerale essenziale che si trova in quantità minime nell'organismo. Viene in gran parte assunto grazie agli alimenti: i terreni agricoli ben

fertilizzati ne contengono in abbondanza dal momento che è naturalmente presente nei fertilizzanti al fosforo ed è normalmente aggiunto come nutriente. In prossimità di siti di scarico di rifiuti pericolosi, però, si può configurare una ben più alta esposizione nel suolo e nell'aria: da discariche pericolose e da terreno coltivabile il selenio può finire nell'acqua superficiale o nell'acqua freatica. I cibi che ne contengono di più sono: pesce, e frutti di mare, agnello, manzo, pollo, tacchino e fegato di vitello, uova, lievito di birra, funghi e cereali. Nelle verdure e nei tuberi la quantità dipende dalla presenza del minerale nel terreno.

Il selenio è un elemento essenziale, molto utile al nostro organismo, poiché, operando come antiossidante in sinergia con altri microminerali necessari, come lo zinco, il rame, lo iodio, il cromo, il manganese e con la vitamina E, ostacola la formazione dei radicali liberi ritardando in tal modo l'invecchiamento cellulare e conservando l'elasticità dei tessuti. Il selenio è un componente essenziale del sistema enzimatico, in particolar modo è coinvolto nel processo di trasformazione della tiroxina in triiodotironina, gli ormoni tiroidei. Svolge, quindi, un ruolo primario nel supportare la funzionalità tiroidea, favorendo una corretta regolazione del sistema nervoso centrale e del metabolismo. Il selenio è in grado di proteggere il sistema cardiovascolare in quanto diminuisce la viscosità delle piastrine del sangue(*), prevenendo le malattie coronariche e gli ictus, e, nelle giuste quantità, può essere un'antagonista nei confronti di metalli pesanti come mercurio, argento e cadmio. Gli viene attribuito un effetto preventivo nei confronti di diversi tipi di tumore (prostata, colon, fegato, mammella e cute) ed di potenziamento del sistema immunitario. Migliora la motilità dello sperma (insieme alle vitamine A, C ed E) e determina un miglioramento della fertilità.

Il livello di assunzione giornaliero di selenio si aggira intorno ai 50/55 microgrammi per un adulto e non dovrebbe superare i 400 mcg/die. Mangiare una porzione di cereali o di carne dovrebbe assicurare selenio sufficiente per la maggioranza delle persone. La carenza di selenio può causare una particolare patologia cardiaca conosciuta sotto il nome di morbo di Keshan, un maggior rischio di cancro, disturbi cardiovascolari, malattie infiammatorie, invecchiamento precoce e cataratta.

Il sovradosaggio di selenio può avvenire in genere attraverso l'abuso di integratori e può provocare rischi per la salute: la caduta dei capelli e peli può essere un "primo avvertimento", si associano poi fragilità delle unghie, eruzioni, calore, gonfiore cutaneo, nausea, vomito, dolori addominali, diarrea, confusione mentale ed alitosi. Gli animali che assorbono o accumulano concentrazioni estremamente elevate di selenio possono avere problemi riproduttivi e difetti di nascita.

(*)Va evitata l'assunzione di selenio in concomitanza con gli anticoagulanti, inclusa l'aspirina.

Tallio – Tl

Il tallio non è un elemento raro: è 10 volte più abbondante dell'argento; mostra brillantezza metallica, ma, quando viene esposto all'aria fresca, sviluppa un colore grigio-bluastro simile al piombo, restando, però, molto morbido e malleabile. È usato per fare vetro speciale a basso punto di fusione per lenti altamente riflettenti. Poiché la sua conduttività elettrica cambia con l'esposizione alla luce infrarossa, è usato in fotocellule ed anche nella separazione dei minerali per densità. L'amalgama del tallio è usato in termometri per basse temperature, perché congela a -58 °C (il mercurio puro congela a °C -38) e in materiali semiconduttori, contatori a scintillazione per la misurazione della radioattività e sistemi ottici, che sfruttano l'alto grado di rifrazione del metallo. Il radioisotopo tallio-201, in piccole quantità viene utilizzato come radiotracciante non tossico negli esami di imaging biomedico in medicina nucleare, in particolare nella scintigrafia miocardica. I sali del tallio sono usati come reagenti nella ricerca chimica. Il solfato di tallio ancora è venduto nei paesi in via di sviluppo in cui è ancora consentita la sua applicazione come antiparassitario, anche se esso è vietato nei paesi occidentali. Tale sale è stato a lungo impiegato come veleno per topi e più volte coinvolto in casi di avvelenamento nell'uomo.

Il tallio è parzialmente solubile in acqua e di conseguenza può essere disperso con l'acqua freatica se i terreni ne contengono grandi quantità; può anche disperdersi per assorbimento sul fango. Fra le fonti antropiche di inquinamento da tallio vi sono le emissioni gassose dei cementifici, delle centrali a carbone e delle fognie per metalli (condotti sotterranei per drenare acqua o materiale di scarto). La principale causa delle concentrazioni elevate di tallio nell'acqua è la lisciviazione del tallio a seguito di operazioni di trattamento del minerale.

Il corpo umano assorbe il tallio molto efficacemente, soprattutto attraverso la pelle per contatto, gli organi respiratori attraverso polveri e fumi ed il tratto digestivo per cibi contaminati. In genere i livelli di tallio nell'aria e nell'acqua sono molto bassi. Il contributo prevalente all'esposizione è dato dalla dieta, principalmente attraverso il consumo di frutta e verdura contaminati. Una volta ingerito (in genere accidentalmente) si distribuisce rapidamente in tutto l'organismo accumulandosi di preferenza nelle ossa, nel rene e nel sistema nervoso centrale; può attraversare la barriera placentare e si trova anche nel latte materno. Si verificano dolori di stomaco e danneggiamento del sistema nervoso. In alcuni casi

i danni sono così irreversibili che la morte si manifesta in breve tempo. Se un essere umano sopravvive all'avvelenamento da tallio spesso rimangono conseguenze dei disturbi al sistema nervoso, come tremito, paralisi e cambiamenti del comportamento. Ulteriori effetti che possono essere collegati all'avvelenamento da tallio sono dolori ai nervi e dolori alle giunture. Nei feti l'avvelenamento da tallio può causare disordini congeniti. Per l'accumulo del tallio, si possono manifestare effetti cronici, come stanchezza, emicranie, depressione, mancanza di appetito, dolori alle gambe, perdita dei capelli e disturbi alla vista.

Il tallio inoltre ha effetti negativi sulle piante: fa cambiare colore alle foglie e ne disturba lo sviluppo. I mammiferi sono sensibili agli effetti tossici del tallio quanto gli esseri umani.

Torio – Th

Il torio è un metallo radioattivo ed è, con l'uranio, uno dei due elementi che si trovano radioattivi in natura, in grandi quantità, come elemento primordiale. Il torio ha la più lunga emivita rispetto a tutti gli elementi radioattivi: 14 miliardi di anni. In natura si trova solo come torio-232, il suo isotopo più stabile debolmente radioattivo. È un metallo bianco argenteo che mantiene la sua lucentezza per parecchi mesi. Quando è contaminato con l'ossido, si appanna lentamente in aria, diventando grigio ed infine nero. L'ossido di torio ha un punto di fusione di 3300°C, il più alto di tutti gli ossidi; non si dissolve rapidamente nella maggior parte degli acidi comuni, tranne che nell'acido cloridrico.

Il torio è usato come elemento di lega per magnesio, per rivestire il tungsteno in apparecchiature elettroniche, per controllare il formato dei grani di plutonio usato per lampade elettriche e nella produzione di materiali refrattari per l'industria metallurgica. L'ossido di torio è usato per crogioli ad alta temperatura da laboratorio, è aggiunto al vetro per generare vetri con alto indice di rifrazione e bassa dispersione (obiettivi per macchine fotografiche e strumenti scientifici). Come l'uranio, il torio potrebbe essere una fonte di combustibile nucleare: può essere bruciato in un reattore nucleare, senza generare plutonio. L'uranio ed il torio sono usati per la datazione di ominidi fossili.

Il torio è sorprendentemente abbondante nella crosta terrestre, essendo quasi abbondante quanto il piombo e tre volte più abbondante dell'uranio. Si trova in piccolissime quantità nella maggior parte delle rocce e dei terreni. Il granito contiene fino a 80 ppm di torio. Poiché l'ossido di torio è altamente insolubile, pochissimo di questo elemento circola nell'ambiente, ma la quantità di torio

nell'ambiente può aumentare a causa dei rilasci accidentali degli impianti di lavorazione. I lavoratori a contatto con torio possono essere soggetti ad esposizione che supera i livelli naturali. Il torio metallico polverizzato si incendia molto facilmente e deve essere maneggiato con cautela. La disintegrazione di isotopi instabili del torio produce un isotopo del radon (^{220}Rn) che è pure radioattivo e pericoloso per la salute. Perciò è fondamentale che i locali in cui è immagazzinato il torio siano ben ventilati. La respirazione di torio sul posto di lavoro può aumentare le probabilità di malattie polmonari e di cancro a pancreas, polmoni ed ossa anche molti anni dopo l'esposizione. La respirazione di una notevole quantità di torio può essere rapidamente mortale.

Tutte le persone assorbono un po' di torio attraverso cibo o bevendo acqua, ma la quantità presente in aria è così piccola, che l'assorbimento può essere solitamente ignorato. Quantità incontrollate di torio potrebbero trovarsi vicino a discariche di rifiuti pericolosi in cui il metallo non è stato disposto secondo procedure adeguate. Le persone che abitano nei pressi di discariche di rifiuti pericolosi possono essere esposte più del normale per l'inalazione di polvere e per gli alimenti coltivati vicino alla discarica.

Tungsteno – W

Il tungsteno è un metallo brillante e bianco argenteo con il punto di fusione più alto di tutti i metalli (3.422 °C), la più bassa pressione di vapore e la più alta resistenza alla trazione a temperature oltre i 1.650 °C. Ha una ottima resistenza alla corrosione, la maggior parte degli acidi minerali lo intacca solo debolmente, mentre viene facilmente ossidato, sia puro che sotto forma di carburo dall'azione dell'acqua ossigenata. È usato in leghe, come acciaio, al quale conferisce grande resistenza. È usato nei filamenti di bulbi di lampade incandescenti, ed anche per contatti elettrici ed elettrodi ad arco; le sue leghe sono usate anche nell'industria aerospaziale. Uno dei suoi usi più importanti costituisce il cemento al carbonio il cui costituente principale è il carburo di tungsteno. È usato in tubi per l'emissione di raggi-X per uso medico, per lo schermo usato per vedere i raggi X, nei microchip e nei cristalli dei display (telefoni cellulari e computer). Date le sue proprietà meccaniche e la sua resistenza è un metallo ideale per la produzione di armi, specialmente proiettili perforanti in grado di penetrare anche le blindature più solide e per realizzare i corpetti di protezione dalle radiazioni. Il carburo di tungsteno si usa, di recente, anche per bigiotteria e gioielleria grazie alle sue caratteristiche di resistenza al graffio ed all'usura, per la sua ipoallergenicità e per la capacità di mantenersi lucido molto più a lungo di qualunque altro metallo.

Il suo contenuto nel terreno è generalmente molto basso e tale è pure la sua concentrazione nelle acque naturali. Tuttavia, il recente forte aumento dell'uso del tungsteno fa ritenere che piccole quantità di metallo possano depositarsi nell'ambiente, in sistemi di acqua e sul terreno agricolo. Le conseguenze per la salute sono tuttora in gran parte sconosciute, ma il tungsteno viene considerato come una sostanza tossica che deve destare attenzione.

Nell'organismo agisce contrapponendosi all'azione del molibdeno, un elemento essenziale presente in tracce. Come effetti acuti sulla salute sono descritti: attacchi convulsivi, insufficienza renale con necrosi tubulare acuta, irritazione ed arrossamento della pelle, delle membrane mucose e degli occhi per contatto. L'inalazione causa irritazione polmonare. Non si conoscono a fondo effetti cronici noti, poiché non è descritta una esposizione ripetuta o prolungata. Uno studio Statunitense ha dimostrato che alte concentrazioni di tungsteno (misurato in campioni di urina) sono fortemente legate ad un aumento della frequenza di ictus (circa il doppio). Anoressia, mancanza di coordinazione, tremore, dispnea e perdita di peso sono stati descritti in animali avvelenati tramite ingestione ed in un report di uno studio condotto su cavie è stato evidenziato un collegamento tra l'insorgenza di rhabdomyosarcoma e l'amalgama di tungsteno depositata nei muscoli.

Il tungsteno "non sembra essere pericoloso per l'ambiente" e.. non sono disponibili particolari valori di ecotossicità per tale prodotto. Tuttavia tutti i composti del tungsteno sono considerati tossici e la sua polvere metallica costituisce un pericolo per incendi ed esplosioni.

Uranio – U

L'uranio è un metallo duro, denso, malleabile, duttile, bianco-argento, radioattivo e con una densità molto elevata. È fortemente legato allo sviluppo dell'impiego dell'energia nucleare. La prima bomba atomica usata in guerra era all'uranio e conteneva abbastanza isotopo di U-235 da iniziare una reazione a catena che in una frazione di un secondo indusse innumerevoli atomi di uranio a subire la fissione, liberando una enorme sfera di energia. L'utilizzazione principale dell'uranio nel settore civile è come combustibile per centrali elettriche nucleari commerciali. Ciò richiede l'arricchimento con l'isotopo U-235 ed il controllo della reazione a catena in modo che l'energia sia rilasciata in un modo gestibile.

L'uranio è radioattivo e molto reattivo e non può essere trovato in ambiente in stato elementare, ma i composti dell'uranio che si formano con altri elementi

e sostanze si dissolvono facilmente in acqua e nel terreno. L'uranio è, dunque, ampiamente sparso nell'ambiente ed è quindi impossibile evitarlo. Può essere rinvenuto naturalmente in quantità molto piccole nelle rocce, nel terreno, nell'aria e nell'acqua, ma in genere sempre con concentrazioni molto basse. Gli esseri umani aggiungono uranio al terreno attraverso le attività industriali ed i fertilizzanti di fosfato (in genere ad alto contenuto di uranio). È presente nell'acqua potabile ma generalmente a concentrazioni molto basse.

Siamo quindi sempre soggetti ad una certa esposizione a piccole quantità di uranio presente nel cibo, nell'aria, nel terreno e nell'acqua, poiché è naturalmente presente in tutti questi componenti. Possono essere soggetti ad una esposizione più alta le persone che vivono in luoghi vicino a discariche di rifiuti pericolosi o a miniere, quelle che lavorano nell'industria del fosfato, quelle che mangiano raccolti o che bevono acqua su terreni contaminati. Se si lavano bene le verdure l'uranio viene rimosso.

L'assorbimento di grandi quantità di uranio possono provocare conseguenze gravi sulla salute: l'esposizione ai radionuclidi che si formano durante il decadimento radioattivo per un lungo periodo di tempo, possono sviluppare il cancro. Le probabilità di ottenere il cancro sono molto più alte quando la gente è esposta ad uranio arricchito, perché quella è una forma più radioattiva di uranio. L'uranio arricchito può finire nell'ambiente durante incidenti in centrali elettriche nucleari. A parte i dati relativi alle esplosioni belliche di Hiroshima e Nagasaki si rammentano quelli relativi all'incidente di "Three Mile Island" avvenuto oltre 30 anni fa e che pose fine al "sogno nucleare americano": dopo il 1979 non venne più costruite centrali nucleari in USA. Non ci furono morti diretti dell'incidente, ma tra il 1982 e il 1984 si registrarono picchi elevati di malati di cancro e prendendo in considerazione la dispersione secondo i venti prevalenti, nei settori dove la contaminazione da radiazioni fu più elevata, fu registrato un aumento di cancro del polmone del 150%. Incidenti più recenti riguardano Chernobyl e Fukushima le cui valutazioni sanitarie sono tuttora monitorizzate e da definire nel loro impatto totale. Numerose sono le segnalazioni relative ad aree in cui la popolazione vive in prossimità di centrali nucleari: una delle principali è quella relativa alla Centrale Nucleare di Krümmel in Germania sull'Elba. Nel raggio di 5 Km si è registrato un numero di malattie tumorali superiori di 4 volte rispetto alla media nazionale, con tassi più alti di leucemie soprattutto infantili.

Uranio impoverito: è uno dei sottoprodotti del processo di arricchimento per l'uso delle centrali nucleari. Presenta una radioattività inferiore a quella dell'uranio naturale di circa il 40%. L'uranio impoverito è usato come scudo per proteggere carri armati ed anche in pallottole, missili ed anche per realizzare sta-

bilizzatori di aerei e navi. Trova impiego dovunque sia necessario concentrare una grande massa (peso) in poco spazio. Nei proiettili anticarro, che devono perforare le corazze dei carri armati, questo metallo pesante costituisce il nucleo (penetratore) che grazie al suo grande peso e alle sue dimensioni contenute scarica su un'area ridotta una grande energia cinetica, potendo così penetrare gli spessi strati delle difese del carro. In effetti a questo scopo si possono impiegare anche altri metalli pesanti (per esempio il tungsteno) ma probabilmente la scelta è caduta sull'uranio impoverito perché più pesante e, soprattutto, più a buon mercato trattandosi di materiale per così dire di scarto che viene praticamente acquisito gratis dai fabbricanti di armi. In conclusione è in virtù della sua massa (e per il basso costo), non certo per la debole radioattività, che l'uranio impoverito viene impiegato nelle munizioni.

L'emissione di particelle alfa e beta, che non possiedono una grande capacità di penetrazione, possono essere arrestate già dalla pelle o al massimo dal tessuto delle uniformi. I raggi gamma, invece, sono radiazioni ad alta energia ma, come detto, la sua emissione da parte dell'uranio impoverito è molto debole. I pericoli, dunque, non sono legati tanto alla radioattività quanto al fatto che come tutti i metalli pesanti è tossico e tende ad accumularsi nell'organismo (in particolare nelle ossa e nei reni). Il pericolo di intossicazione ha origine dal fatto che al momento dell'impatto il penetratore di uranio impoverito letteralmente si polverizza bruciando, con dispersione nell'aria, nel terreno e nell'acqua, di particelle che possono essere inalate, bevute, introdotte con gli alimenti. In pratica, è come usare un gas tossico i cui effetti, però, si manifestano con l'andare del tempo e non immediatamente come avviene con i gas nervini o altre armi chimiche. Ad oggi non c'è dimostrazione certa che l'esposizione esterna all'uranio impoverito causi direttamente tumori del sangue o tumori solidi, anche se, secondo alcuni studiosi, il rischio di tumori, comunque, aumenta. L'esposizione interna risulta sicuramente più pericolosa, perché anche la debole radioattività delle particelle del metallo che si arrestano nei polmoni, una volta superato lo sbarramento delle prime vie aeree, restano nell'organismo per parecchi anni esercitando il loro effetto distruttivo. Fonti non ufficiali hanno segnalato che dopo la guerra del Golfo in Iraq la leucemia è balzata dal settimo al quarto posto per diffusione tra i tumori. Uno studio pubblicato, condotto su reduci americani dal conflitto in Iraq, dimostra conseguenze sul sistema nervoso, minore efficienza cognitiva, tra coloro che hanno subito l'esposizione interna, provata dai superiori livelli di uranio riscontrati nelle urine. Studi in vitro molto recenti, infine, hanno mostrato che l'uranio impoverito induce la mutazione degli osteoblasti umani (le cellule alla base della formazione delle ossa) nella variante cancerogena, anche se poi gli autori dicono che questo non significa necessariamente che lo stesso effetto

si produca nell'organismo. Tutti concordano sul fatto che siano necessari altri studi, ma nel frattempo, senza conoscerne con certezza gli effetti, si continuano a usare i proiettili incriminati.

Vanadio – V

Il vanadio è un elemento grigio-bianco, raro, morbido e duttile usato principalmente per produrre leghe: l'80% nell'acciaio "inossidabile" (per assi, alberi a gomito, ingranaggi ed altri componenti critici, ferri chirurgici, utensili resistenti alla ruggine come chiavi esagonali), oppure, se mescolato con l'alluminio in leghe di titanio, è usato nei motori a propulsione e nei profili di aerei ad alta velocità. Le leghe del vanadio sono anche usate nei reattori nucleari, perché, con la sua bassa capacità di assorbimento dei neutroni, non si deforma ad alte temperature. Il vanadio resiste alla corrosione grazie ad una pellicola protettiva di ossido sulla superficie. I comuni stati di ossidazione del vanadio includono +2, +3, +4 e +5. L'ossido del vanadio (V₂O₅) è usato come catalizzatore nella produzione di acido solforico ed anidride maleica e per fare la ceramica. Viene aggiunto al vetro per tingergli di verde o di blu. Il vetro rivestito di diossido del vanadio (VO₂) può bloccare la radiazione infrarossa ad una certa temperatura.

Non si trova mai libero in natura ma si presenta in circa 65 minerali differenti come la bauxite, il carbone ed in depositi quali petrolio greggio, argillite petrolifera e sabbie bituminose. Essendo i suoi composti generalmente molto solubili, è presente nella maggior parte dei terreni, in quantità variabili, e può essere assunto dalle piante. In biologia è un componente essenziale di alcuni enzimi che fissano l'azoto di alcuni microorganismi. Può essere trovato in alghe, piante, invertebrati, pesci ed in molte altre specie; si accumula notevolmente in granchi e mitili, con concentrazioni di oltre 100 volte più elevate di quelle marine.

L'assorbimento del vanadio da parte degli esseri umani avviene soprattutto attraverso le derrate alimentari, come grano saraceno, soia, olio di oliva, olio di girasole, mele e uova. Il corpo umano di un adulto di 70kg contiene circa 100 microgrammi di vanadio, concentrati soprattutto a livello osseo, dentale, polmonare, epatico e renale. È il quinto elemento per abbondanza tra gli elementi di transizione (dopo ferro, titanio, manganese e zirconio) ed il suo ruolo biologico non è ancora stato pienamente chiarito. Una larga parte della ricerca sul vanadio è stata dedicata al diabete mellito con lo scopo di trovare un migliore trattamento per questa malattia, grazie alla sua attività sulla secrezione insulinica ed alle sue proprietà insulino-simili a livello periferico. Tuttavia sembra essere selettivo per specifiche funzioni dell'insulina in alcuni tessuti, ma non in altri ed i suoi effetti

“benefici” sono stati spesso indotti a concentrazioni talmente elevate, da indurre effetti collaterali tossici. Nell’adulto, il “*food and nutrition board*” americano indica un *Tolerable Upper Intake Level* di 1800 microgrammi/die, precisando che “*sebbene il vanadio alimentare non abbia mostrato effetti negativi sugli esseri umani, non vi è alcuna giustificazione per l’aggiunta di vanadio agli alimenti e gli integratori alimentari di vanadio andrebbero usati con cautela*”.

Quando l’assorbimento è troppo alto sono segnalati effetti tossici: se l’assunzione avviene attraverso l’aria può causare bronchite e polmonite (operai esposti a polveri di perossido di vanadio hanno mostrato severi sintomi di irritazione ad occhi, gola e naso). I maggiori rischi per la salute connessi ad esposizione a vanadio dipendono dal suo stato di ossidazione: la forma del pentossido (+5), risultante dalle saldature è la più tossica e pericolosa: può causare irritazione severa degli occhi, della pelle, delle vie respiratorie superiori, infiammazioni persistenti di trachea e bronchi, edema polmonare e avvelenamento sistematico. L’OSHA (l’ente statunitense per la sicurezza sul lavoro) ha fissato un limite di esposizione TLV-TWA di 0,05 mg/m³ per il pentossido di vanadio in polvere e di 0,1 mg/m³ per i vapori del medesimo. Un limite di 35 mg/m³ di composti di vanadio è considerato critico; non va mai superato in quanto è alta la probabilità che causi danni gravi permanenti. Prove di laboratorio con animali hanno dimostrato che il vanadio può causare danni al sistema riproduttivo nei maschi ed accumularsi nella placenta delle femmine gravide.

Zinco – Zn

A temperature ordinarie, lo zinco è un metallo bianco-bluastro brillante, fragile e cristallino, che diventa duttile e malleabile se riscaldato fra i 110°C ed i 150°C. È alquanto reattivo, usato per la galvanizzazione del ferro e dell’acciaio ed utilizzato nelle leghe di ottone, argento tedesco e bronzo. È il principale metallo dei penny americani (le monetine da 1 centesimo), è usato per le piastre negative in batterie elettriche, per la costruzione di grondaie, nell’industria automobilistica ed in quella della gomma. L’ossido di zinco è usato come pigmento bianco nei colori ad acqua o nelle vernici e per plastiche, cosmetici, carta per fotocopia, carta da parati, inchiostri da stampa ecc.

Lo zinco è molto comune in natura, nell’aria, nell’acqua e nel terreno, ma le sue concentrazioni stanno aumentando in modo innaturale, a causa delle attività umane: industriali, da lavorazione dell’acciaio da estrazione e combustione di carbone e da incenerimento di rifiuti. Alcuni terreni sono pesantemente contaminati da zinco nelle zone dove viene estratto o raffinato, o dove il fango di sca-

rico di zone industriali è stato usato come fertilizzante. Sui tali terreni soltanto un numero limitato di piante può sopravvivere: lo zinco in altissime quantità influenza negativamente l’attività dei microrganismi e dei vermi del sottoterra compromettendo seriamente la biodiversità del suolo. L’acqua potabile, infine, può contenere quantità variabili di zinco, talora più elevate se immagazzinate in serbatoi metallici o addirittura tali da causare problemi di salute se provenienti da sorgenti industriali o di siti di rifiuti tossici.

Lo zinco è indispensabile per il nostro organismo essendo un elemento costitutivo di molte proteine e di oltre 200 enzimi che regolano la respirazione cellulare e la funzione antiossidante. Nel corpo umano si accumula prevalentemente nelle cellule di muscoli, ossa, pelle e fegato e nei capelli, ma è presente anche nei tessuti cerebrali, nello sperma e, in piccole quantità, nel plasma e nei globuli bianchi.

Le fonti alimentari sono: pesce, carne rossa, cereali, legumi, frutta secca e semi (girasole e zucca). Alte percentuali sono contenute anche nelle ostriche, nel lievito, nel latte, nei funghi, nel cacao, nelle noci, nel tuorlo d’uovo. Solo il 20%-30% circa dello zinco presente negli alimenti viene assorbito dall’organismo. Frutta, verdura e i cereali contengono fitati e fibra che ne riducono l’assorbimento, che viene ostacolato anche da alcune proteine del latte, come la caseina, e da elevate assunzioni di calcio. Con la sua attività antiossidante lo zinco combatte gli effetti negativi dei radicali liberi e i processi di invecchiamento cellulare ad essi legati, stimola il sistema immunitario, facilita la rimarginazione di ferite ed ulcere, ostacola la formazione dell’acne ed infine antagonizza la presenza di Cadmio. Può essere d’aiuto nella prevenzione nel trattamento della sterilità ed è un elemento fondamentale per un’equilibrata crescita corporea e per il controllo del metabolismo e del peso. Sembra migliorare le funzioni dei nostri sensi, della vista, del tatto, dell’olfatto e della memoria e nei maschi è importante per la produzione di sperma: una carenza di zinco può provocare una diminuzione nel numero degli spermatozoi. Il fabbisogno giornaliero di zinco è di circa 10 mg nel bambino, 15 mg per le donne e gli anziani, e 18 mg negli uomini adulti e nelle donne durante la gravidanza e l’allattamento.

La carenza di zinco può dipendere da insufficiente o cattivo assorbimento (dovuto a dieta ricca di cereali ma povera di proteine, ad alcolismo o età avanzata) o da un’eccessiva eliminazione urinaria. Anche alcuni farmaci possono provocare un deficit di zinco, fra questi i diuretici, i corticosteroidi e gli antidepressivi. I sintomi da carenza di zinco sono: perdita di capelli, eruzioni cutanee, diarrea, stanchezza, perdita dell’appetito con diminuzione della sensibilità gustativa, lenta cicatrizzazione delle ferite, diminuzione della risposta immunitaria con

suscettibilità alle infezioni e cecità notturna. Una carenza molto accentuata di zinco può causare ipogonadismo, ossia un inadeguato funzionamento di ovaie e testicoli, e se si verifica durante il periodo fetale o della crescita può determinare nanismo o rallentamento dello sviluppo.

Viceversa una eccessiva assunzione di zinco può essere ricondotta, generalmente, alla contaminazione di cibi e bevande da parte dei contenitori galvanizzati usati per la conservazione, che possono rilasciare il metallo quando lasciati aperti, specie se il loro contenuto è fortemente acido. Anche l'uso di creme solari potrebbe provocare eccesso di zinco nel sangue per un assorbimento attraverso i pori della pelle. I sintomi di un eccesso di assunzione di zinco possono essere: febbre, nausea, vomito e diarrea, vertigini, sonnolenza, perdita della coordinazione muscolare, insufficienza renale, anemia.

“Fare la propria Parte”

Devo questa “storia” ad **Anna Giannone**,
una “Grande-Madre” siciliana.

Le storie di Miriam

una al mese dal 2002; sono online a questo indirizzo:
<http://www.bibliotechebologna.it/arKcoli/58692/id/58716>



Giorgio (3° elementare) mi ha chiesto cosa significa:

“**FARE LA PROPRIA PARTE**” ho risposto con questa “piccola storia”.

Tutti gli animali, anche il leone, fuggivano dal grande incendio scoppiato nella foresta. Incrociando un uccellino che andava verso la foresta, il leone pensò di dissuaderlo e lo derise per la piccola goccia d’acqua che l’uccellino portava nel becco.

Ma l’uccellino, senza scomporsi, rispose che:

“STAVA FACENDO SOLTANTO LA SUA PARTE!”

Comitato Organizzatore e Ringraziamenti	pag.3
Una Premessa	pag.5
Introduzione	pag.7
Biomonitoraggio	pag.8
I metalli pesanti nelle unghie	pag.10
Come è nata l’Iniziativa	pag.12
Modalità, Materiali e Metodi	pag.14
Metodologia di Laboratorio	pag.15
Informatizzazione, Tutela della Privacy, Comunicazione dei dati	pag.16
Analisi statistica – Finalità dell’Iniziativa	pag.18
Risultati	pag.19
Analisi dei dati	pag.21
Discussione e Considerazioni	pag.30
Considerazioni Conclusive	pag.38
Riferimenti Bibliografici	pag.40
Appendice: principali caratteristiche dei 23 metalli indagati	pag.43
“Fare la propria parte”	pag.69



GLOBAL

S I S T E M I

gruppoglobalsistemi.it



SOLUZIONI E TECNOLOGIE PER L'INFORMATICA

SOFTWARE - WEB AGENCY - IT CONSULTING - NETWORKING - OUTSOURCING

IMPIANTISTICA E AUTOMAZIONI

FOTOVOLTAICO - VIDEOSORVEGLIANZA - ANTINTRUSIONE E ALLARMI - DOMOTICA



Via Gandhi, 9 - 47121 Forlì



info@globalsistemi.com



0543 85684

Informatizzazione ed archiviazione elettronica elaborate da *Global Sistemi Srl*

tipoart

grafica e stampa

t i p o • l i t o • d i g i t a l e

Via I. Golfarelli 85/A - Forlì (FC)
Tel. 0543 32402 - Email: info@tipoart.com
www.tipoart.com

Stampato nel mese di maggio 2018