

*Università degli studi della Calabria*

*FACOLTA' DI FARMACIA E SCIENZE DELLA NUTRIZIONE E  
DELLA SALUTE*

---

**CORSO DI LAUREA IN TOSSICOLOGIA DELL'AMBIENTE**

**TESI DI LAUREA**

**METALLI PESANTI CONTENUTI NEI FUNGHI IN  
CALABRIA**

**Relatori**  
*Prof. Luigi Antonio Morrone*

**Candidato**  
*Alessandro Turco*

---

*Anno Accademico 2008/2009*

## Indice

- 5 Introduzione
- 7 capitolo 1 – radioattività nei funghi
- 10 capitolo 2 – Il fungo di riferimento (“reference mushroom”)
- 14 capitolo 3 – i metalli pesanti
- 16 capitolo 4 – le analisi condotte
- 19 capitolo 5 – le concentrazioni in Calabria

## INTRODUZIONE

Il regno dei funghi comprende più di 100.000 specie di organismi diversi aventi le seguenti caratteristiche : alimentazione eterotrofa, completa mancanza di tessuti differenziati e sistema riproduttivo attraverso elementi chiamati spore.

Tra le varie specie di funghi sussistono notevoli differenze per dimensione, struttura ed attività metabolica.

Al regno dei funghi appartengono organismi molto semplici, unicellulari (come i lieviti) ed organismi più complessi, pluricellulari, con struttura vegetativa organizzata in cellule filamentose dette ife o micelio primario.

A differenza delle cellule vegetali aventi parete costituita prevalentemente da cellulosa, la parete cellulare dei funghi è composta da un altro polisaccaride, la chitina. Polimero della N-acetil- glucosamina, la chitina è molto più resistente della cellulosa alla degradazione dei microbi, al caldo, al freddo ed alla siccità.

Le cellule costituenti le ife possono essere mono o polinucleate ed essere separate da setti. La presenza di setti è caratteristica distintiva di alcuni gruppi di funghi.

Negli *Zigomiceti*, infatti, le ife non sono settate contrariamente a quanto riscontrabile negli *Ascomiceti*, *Basidiomiceti* e *Deuteromiceti*.

Le ife si sviluppano all'interno del substrato di crescita fino a formare un reticolo intrecciato, il micelio.

I funghi sono eterotrofi, ovvero ricavano sostanze nutritive dall'ambiente

esterno assorbendole attraverso le pareti. Rivestono un ruolo ecologico importantissimo poiché decompongono il materiale organico presente nel terreno e permettono la chiusura del ciclo della materia, rendendola nuovamente disponibile all'organizzazione da parte delle piante verdi.

Naturalmente l'eterotrofia costringe i funghi ad un tipo di vita dipendente che si può differenziare in tre modalità, distinte in base ai rapporti del fungo stesso con il substrato di crescita: parassitismo, saprofitismo e mutualismo.

Secondo le esigenze nutritive, si dividono in:

a) parassiti: vivono a danno di un altro organismo vivente, nutrendosi di tessuti, sottraendo risorse e sfruttandone le potenzialità metaboliche a proprio vantaggio; è il caso di *Ustilago maydis*, *Claviceps purpurea* e dei funghi patogeni per animali e piante;

b) saprofiti: vivono sfruttando materiale vegetale morto e contribuendo alla sua decomposizione; è il caso dei funghi che crescono nei boschi o nei prati su foglie e tronchi caduti;

c) simbiotici: stabiliscono una simbiosi con un altro organismo vivente, ossia un rapporto da cui entrambi traggono vantaggio; ad esempio le ife di molti funghi circondano strettamente le radici degli alberi formando una struttura denominata micorrizza, grazie alla quale il fungo riceve dal vegetale sostanze organiche e l'albero, grazie alla maggior superficie di contatto col terreno, assorbe maggiori quantità di acqua e sali<sup>(1)</sup>.

## Capitolo 1

### Radioattività nei funghi

I funghi assorbono anche altre sostanze, per loro innocue, che se ingerite possono essere pericolose per l'uomo.

Si parla spesso della tossicità intrinseca dei funghi dovuta alle tossine in essi contenute, mentre un aspetto poco divulgato è l'inquinamento da metalli pesanti, naturale o antropico, che sempre più spesso contamina anche la flora fungina.

Un inquinante rilasciato nell'ambiente, provoca un impatto ambientale che potenzialmente può modificare la qualità dell'aria, dell'acqua e del suolo. La deposizione diretta dell'inquinante nel suolo o quella indiretta attraverso l'acqua delle piogge, contenente inquinanti disciolti, provoca l'inevitabile contaminazione dei vegetali e dei funghi.

E' noto dalla letteratura che i funghi, come altri alimenti di origine vegetale, hanno la capacità di assorbire e/o di accumulare elevate quantità di contaminanti radioattivi

e convenzionali, nonostante i bassi livelli presenti nel terreno e come essi siano in grado di trattenere per lunghi periodi elevate concentrazioni di inquinanti.

Per questo motivo la ricerca biologica in campo ambientale ritiene che i macromiceti siano molto utili soprattutto nell'identificazione di bassi livelli di inquinamento, difficilmente evidenziabili con la semplice analisi dell'acqua o del terreno.

E' risaputo che il micelio costituisce l'organismo fungino, formato dall'insieme di un numero grandissimo di cellule, la cui differenziazione costituisce le sue varie parti.

La parte principale è formata da una fittissima ed intricata rete di filamenti con diametro variabile tra 0,5 e 150 micron, che diramandosi per decine di metri nel substrato di crescita, permette l'assorbimento di tutti gli elementi che possono essere assimilati o accumulati, in particolare i metalli pesanti.

La capacità dei funghi di fissare metalli pesanti assorbiti dal terreno è chiamata "fattore di accumulo" dato dal rapporto tra la concentrazione del metallo nel fungo e quella nel substrato di crescita.

Il principale costituente dei corpi fruttiferi è l'acqua, in percentuale variabile dall'80 al 90%, a seconda della specie; il restante residuo secco è costituito dal 2 al 7% di sostanze proteiche, dal 3 al 5% di carboidrati e chitina, dallo 0,1 allo 0,7% di grassi e piccole quantità di sali minerali.

Per sua costituzione quindi l'organismo fungino ha bisogno dei macro nutrienti: carbonio, idrogeno, ossigeno, azoto, fosforo, zolfo, magnesio, potassio, ferro, zinco, rame e manganese.

Oltre a questi elementi, essenziali per la vita del fungo, possono trovarsi altri elementi metallici presenti in maniera accidentale, cioè soltanto quando il carpoforo cresce in un substrato che li contiene.

La presenza di questi elementi non avrebbe nessuna rilevanza dal punto di vista alimentare se non fosse per il fatto che alcuni di questi, come ad esempio il mercurio e il piombo, sono tossici per l'organismo umano.

Il meccanismo di assorbimento e accumulo non è ancora del tutto chiaro;

sicuramente alcune sostanze proprie del fungo sono capaci di legare, "organicare", elementi a carattere metallico indipendentemente che servano o no alla sopravvivenza dell'organismo.

Tale capacità potrebbe essere dovuta a molecole proteiche analoghe a componenti presenti nei tessuti animali denominati "micofosfatine" e "metallotioneine", molecole organiche complesse contenenti fosforo e zolfo e capaci di complessare i metalli di transizione.

Rimane da definire se l'accumulo di sostanze dipenda dal metabolismo della specie di fungo oppure sia dovuta esclusivamente a fattori esterni inquinanti. In genere i funghi saprofiti (*Macrolepiota*, *Lycoperdon*, *Pleurotus*) accumulano elementi tossici, mentre i funghi simbiotici (*Amanita*, *Boletus*, *Russula*, *Lactarius*) li assorbono in quantità uguale a quella presente nel substrato di crescita<sup>(2)</sup>.

## Capitolo 2

### Il fungo di riferimento (“reference mushroom”)

I funghi costituiscono dunque uno dei componenti più significativi della biodiversità e le potenzialità scientifiche dello sviluppo degli studi su questi esseri viventi sono moltissime. Anche considerazioni di questo hanno spinto gli studiosi ad approfondire il lavoro nel tentativo di individuare per i funghi un termine di confronto, il fungo di riferimento, appunto. Il metabolismo di questi esseri viventi, però, è ancora ben lontano dall'essere completamente conosciuto e quindi è difficile trovare in natura un campione che si possa definire, in riferimento alle concentrazioni degli elementi chimici, “bianco”. Le variabili in gioco nella problematica posta sono numerose, come stanno a dimostrare le alte deviazioni standard (in accordo con i dati di tutti gli altri autori) delle misure delle concentrazioni di quasi tutti gli elementi chimici e non sono tutte note. In questa situazione diventa essenziale il ruolo dell'analisi statistica, che resta l'unico strumento per uscire dall'«impasse».

E' evidente che il fungo di riferimento sarà definito, in prima approssimazione, in riferimento al data-base che contiene dati solo per *Ascomycetes* e *Basidiomycetes*, avendo tuttavia come obiettivo successivo quello di affinare l'analisi (e perciò di accumulare ancora dati per le specie per le quali sarà



necessario) per arrivare a definire il “reference mushroom” dei diversi taxa, fino alla specie.

In sintesi il concetto di “fungo di riferimento” ci serve per capire se le concentrazioni degli elementi chimici nei funghi superiori possono avere un ruolo nel definire possibilità di:

**Bioindicazione;**

**Valutazioni tassonomiche;**

**Stima dell’assunzione di metalli pesanti dal consumo delle diverse specie fungine commestibili.**

E’ necessario precisare che quando si parla, al punto 2), di “valutazioni tassonomiche” si fa riferimento ad un paradigma di specie “concettualmente diverso” da quello morfologico (sia macro che micro) oggi in pratica solo in Micologia, ma già largamente e storicamente superato, per esempio nel Regno Animale e Vegetale. In effetti in questi regni il concetto di specie è essenzialmente biologico e, recentemente, con le tecniche che permettono la lettura del DNA, decisamente basato sulla filogenetica e sull’evoluzione naturale. Queste tecniche si stanno applicando, ma si è ancora agli inizi, anche al regno dei funghi e il concetto di specie a cui si intende fare riferimento con queste valutazioni è analogo al concetto di specie “biologica”, in quanto le concentrazioni dei diversi elementi chimici presenti dipendono sicuramente dal metabolismo delle diverse specie. Ovviamente il “fungo di riferimento” è fortemente influenzato dall’ampiezza e dalla composizione del campione di base globale usato. Nonostante ciò, e con un campione ampio, l’uso di questo

concetto permette di caratterizzare con una buona approssimazione il valore medio delle variabili sotto esame.

### **L'impronta digitale chimica ("the chemical fingerprint"): una prima approssimazione**

Riportando la sottostante tabella 1 che rappresenta i seguenti parametri statistici: VM = valore medio; Min = valore minimo; 1°Q = primo quartile; Med = mediana; 3°Q = terzo quartile; % = scarto percentuale dalla media ( $\% = \text{Dev. standard} * 100/\text{VM}$ ) per tutto il data-base aggiornato a 7621 campioni.

La colonna delle mediane (intitolata Med), in una fase preliminare e di primo approssimativo approccio delle nostre considerazioni (in pratica come indicazione più che altro metodologica), ha rappresentato le concentrazioni del "reference mushroom"<sup>(3)</sup>.

**Tab. 1:** Dati per tutti i campioni (7621 esemplari. U.d.M.: mg/kg s.s.) <sup>(3)</sup>

El.	VM	Min	1°Q	Med	3°Q	Max	%
Al	328	1	66	147	349	11560	181
Ag	3,49	<0,05	0,20	0,90	3,50	178,40	227
As	18	<1	<1	<1	<1	6310	
Ba	3,8	<0,1	1,0	1,9	3,8	813,1	338
Be	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,98	
B	10,1	<0,2	1,9	4,0	8,9	735,9	281
Cd	4,39	<0,05	0,48	1,22	3,56	605,00	340
Ca	972	2	157	327	710	173810	351
Co	0,4	<0,1	0,1	0,2	0,4	69,1	265
Cr	1,5	<0,1	0,3	0,6	1,4	157,0	293
Fe	329,3	5,0	83,0	158,0	330,0	12131,0	183
P	7149	193	4172	5727	8910	35540	62
La	0,2	<0,1	<0,1	0,1	0,2	127,1	
Li	0,38	<0,01	0,07	0,16	0,37	28,90	231
Mg	1288,4	229,0	914,0	1134,5	1474,0	15410,0	61
Mn	34,24	1,70	11,50	19,40	34,60	2768,00	221
Hg	1,22	<0,05	0,14	0,40	1,19	221,00	301
Mo	0,2	<0,2	<0,2	0,2	0,2	7,3	
Ni	1,9	<0,2	0,6	1,0	1,9	88,9	198
Pb	1,6	<0,5	0,5	0,8	1,6	74,7	203
K	39168	<500	28700	38100	48300	140700	40
Cu	58,7	1,0	24,0	40,0	65,0	2359,0	144
Rb	135,8	<0,5	16,0	46,0	140,0	4597,0	194
Sc	0,17	<0,02	0,04	0,08	0,17	26,90	288
Se	5	<2	2	2	4	375	279
Na	330	<3	57	131	323	16730	223
Sr	3,4	<0,3	0,6	1,2	2,8	776,0	390
Ti	8,35	<0,05	1,84	4,00	9,34	164,70	154
V	3,6	<0,1	0,1	0,3	0,7	411,4	571
Y	0,13	<0,05	<0,05	0,05	0,12	5,68	220
Zn	119,5	3,0	69,0	99,0	141,0	1920,0	82
Zr	0,42	<0,05	0,06	0,10	0,21	103,90	577
S	3498	270	1793	2644	4249	30300	76

## Capitolo 3

### I metalli pesanti

Suscitano particolare interesse, anche in fase di prima approssimazione, le “impronte digitali chimiche” di:

*Agaricus alberti* Bon: risulta evidente la capacità di questa specie (come peraltro di tutte le specie della Sezione *Arvenses* del Sottogenere *Flavoagaricus* del Genere *Agaricus*) di concentrare, anche quando i carpofori crescono in terreni non contaminati, Cd, Ag, Hg e, in minor misura, cobalto (Co), rame (Cu), arsenico (As).

*Amanita muscaria* (L. : Fr.) Hooker: sono alte le concentrazioni di vanadio (V) e zirconio (Zr) caratterizzanti questa specie. Non abbiamo notizie di altri esseri viventi che concentrino Zr. In misura minore sono concentrati anche Cd e rubidio (Rb): dalla letteratura ci vengono considerazioni che correlano le alte concentrazioni di Rb con bassi valori di pH (substrati acidi).

*Boletus pinophilus* Pilát & Dermek: questa specie concentra in misura notevole selenio (Se), Hg, Ag. Tali caratteristiche sono comuni, seppur in minor misura, alle altre specie del gruppo del *Boletus edulis* (*B. edulis*, *B. aestivalis*, *B. aereus*).

*Xerocomus subtomentosus* (L. : Fr.) Quélet : presentiamo questa «impronta digitale chimica» per far vedere che ci sono specie le cui concentrazioni di elementi chimici non si discostano da quelle del fungo di riferimento.

Un aspetto molto considerato (il problema è il numero ancora troppo ridotto di campioni dei terreni di crescita rispetto al numero di funghi analizzati) è il calcolo e la conseguente rappresentazione grafica dei fattori di concentrazione, per ogni specie, degli elementi chimici. Intendiamo per fattore di concentrazione (*f.c.*) per ogni elemento:

$$f.c. = \frac{\text{concentrazione nel fungo}}{\text{concentrazione nel terreno di crescita}}$$

I dati analitici sono stati analizzati su campioni secchi, in quanto i dati ottenuti da sostanze tal quali risultano essere non immediatamente confrontabili fra loro. Inoltre i dati ottenuti sono stati raccolti in tabelle e in istogrammi che mostrano l'andamento della percentuale di umidità e della concentrazione del piombo in funzione delle varie uscite per i vari campionamenti<sup>(2)</sup>.

## Capitolo 4

### Le analisi condotte

#### **P. S. A. (Potentiometric Stripping Analysis).**

La potenziometria di ridissoluzione fu introdotta nel 1976 da Jagner e Graneli, che la applicarono alla determinazione di ioni metallici che formano un'amalgama con il mercurio (o leghe con l'oro). Questa rimane tuttora, con poche eccezioni, l'applicazione fondamentale della tecnica, di cui descriveremo le due fasi principali:

1. Si lavora con un sistema potenziostatico a tre elettrodi, opportunamente modificato da un voltmetro a elevata impedenza per la misura del potenziale dell'elettrodo di lavoro. La preconcentrazione, che consiste nella elettrodeposizione catodica degli ioni metallici da depositare, a una durata variabile secondo le esigenze analitiche (in genere circa due min.); viene condotta su l'elettrodo di carbonio vetroso ricoperto da un sottile film di mercurio o d'oro, a cui viene applicato un potenziale sufficientemente negativo.

La soluzione in analisi deve contenere un opportuno agente ossidante, come l'ossigeno

disciolto nel campione oppure ioni  $\text{Hg}^{2+}$  o anche, talvolta, ioni  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$  o  $\text{MnO}_4^-$ .

Le reazioni che si verificano possono essere così schematizzate:

Riduzione dello ione metallico e formazione di un amalgama  $\text{M}^{n+} + n\text{e}^- \rightarrow \text{M}(\text{Hg})$ .

- Riduzione degli ioni  $\text{Hg}^{2+}$  o di altri ossidanti presenti. I metalli si depositano con

diverse velocità, secondo la loro natura e concentrazione. Se vengono mantenute

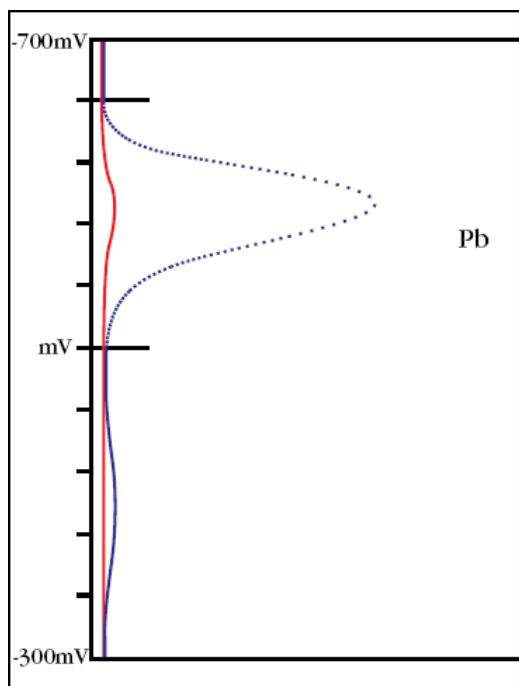
costanti le condizioni idrodinamiche (velocità di agitazione della soluzione), la riproducibilità è assicurata.

2. Dopo la preconcentrazione si interrompe l'applicazione del potenziale e si apre il circuito; entrambi gli elettrodi (quello di lavoro e di riferimento) vengono immediatamente collegati ad un voltmetro per la misura del potenziale. A partire da questo momento si registra la variazione nel tempo del potenziale del microelettrodo, che in questa fase funge da elettrodo indicatore, perché non è più polarizzato.

Tale variazione è dovuta alla riossidazione dei metalli amalgamati, che ritornano in soluzione come cationi.

L'ossidazione dei diversi metalli avviene secondo i rispettivi potenziali redox, a partire dal più riducente, e la velocità del fenomeno è regolata dalla velocità con cui l'agente ossidante raggiunge il microelettrodo. Lavorando in condizioni tali da mantenere costante questa velocità, il tempo necessario per la completa

ridissoluzione di un metallo è direttamente proporzionale alla quantità depositata e dunque alla concentrazione del campione.



(4)



## **Capitolo 5**

### **Le concentrazioni in Calabria**

I dati successivi provengono da campioni raccolti in Calabria.

REF: Reference Mushroom della DB Cocchi et al.

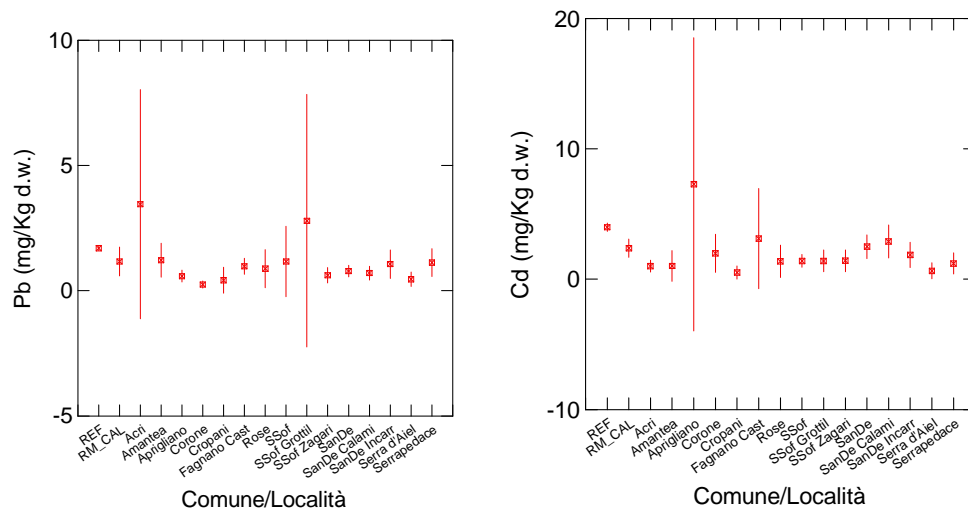
RM\_CAL: Reference Mushroom per tutti i funghi calabresi

S Sof: Santa Sofia d'Epiro

S Sof Grottil, SSof Zagari: due località di Santa Sofia d' Epiro

SanDe: San Demetrio Corone

SanDe Calami, SanDe Incarr: due località di San Demetrio Corone



(3)

**Il piombo** è molto velenoso e si trova principalmente nel minerale galena PbS.

Viene utilizzato nell'industria di produzione di vernici, batterie elettriche e sempre meno utilizzato come additivo (piombo tetraetile) antidetonante nelle benzine.

L'intossicazione da piombo provoca patologie cardiovascolari negli adulti, aumento della pressione sanguigna, cefalea, delirio, insufficienza renale, anemia, coliche dolorose dette saturnine (dal nome dato al piombo dagli alchimisti medioevali).

L'Organizzazione Mondiale della Sanità ha fissato che il limite massimo raccomandabile di assunzione settimanale di piombo non superi i 0,3 mg.

I terreni ai lati delle strade e autostrade sono risultati particolarmente inquinati per il piombo eliminato, con i fumi, dagli scarichi dei veicoli a motore.

I funghi raccolti a 10 metri di distanza da una autostrada, pur avendo generalmente valori di contaminazione inferiori al substrato, hanno presentato

concentrazioni di piombo altissime, mentre tra i 250 e i 500 metri i valori variano da 0,1 a 0,3 mg per Kg di peso fresco.

**Il cadmio** è un elemento relativamente raro in natura; si trova insieme allo zinco ma in quantità mille volte inferiore. La produzione del cadmio si ottiene purificando lo zinco attraverso distillazione: il cadmio, più volatile dello zinco, evapora e viene raccolto nei primi distillati. Il cadmio è utilizzato nell'industria di produzione di leghe, di pigmenti per vernici, di batterie al Cd-Ni, di plastiche, di cavi elettrici. Molti fertilizzanti fosfatici contengono alte concentrazioni di cadmio perché sono ricavati addirittura dai fanghi derivanti da depurazione dei rifiuti. La produzione mondiale di cadmio è molto elevata e viene stimata in 10 milioni di chilogrammi, è pertanto inevitabile che una parte sfugga nell'ambiente.

L'avvelenamento acuto per ingestione provoca nelle persone nausea, vomito diarrea e disfunzioni renali mentre gli effetti acuti della inalazione sono a livello polmonare. Peraltro non è possibile escludere un'eventuale azione cancerogena. Un caso molto grave di inquinamento da cadmio si ebbe in Giappone sotto forma della cosiddetta malattia itai - itai, che in fase acuta provocò danno renale e, per interferenza con il metabolismo del calcio, la "sindrome osteomalacia" con dolori alle ossa, e alle articolazioni con loro deformazione e negli stadi avanzati possibili fratture per sollecitazione.

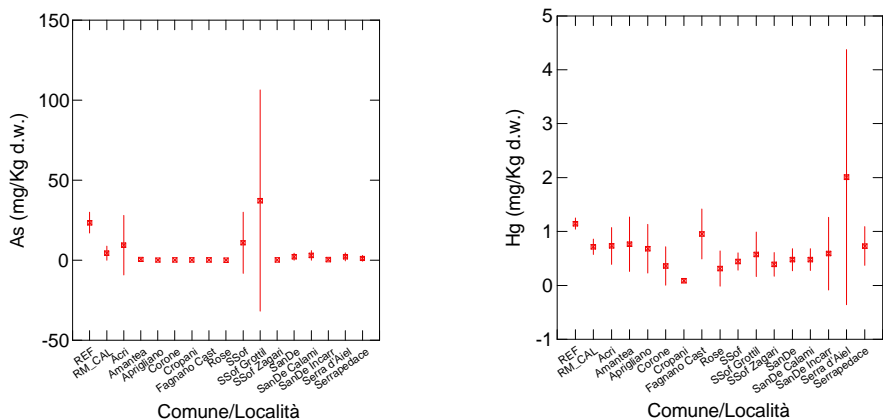
L'Organizzazione Mondiale della Sanità ha fissato che il limite massimo raccomandabile di assunzione settimanale di cadmio non superi i 0,5 mg. Tale valore sarebbe realizzato con un consumo settimanale di 50 g di alcuni

*Agaricus freschi*<sup>(2)</sup>.

Funghi spontanei raccolti in zone non inquinate contengono 0,5 mg in 250 - 300 g, alcune specie come la *Macrolepiota procera* Singer possono contenere anche valori prossimi a 1 mg per Kg di peso fresco. Tuttavia già con l'alimentazione normale viene assunta una quantità di circa 0,25 mg.

Una larga fascia di popolazione raccoglie e consuma con continuità e, a volte, una grande quantità di *Agaricus arvensis* Schaeff. Fr., *Agaricus campestris* L. : *Agaricus silvicola* (Vittadini) Saccardo che contengono mediamente 100 mg/Kg sostanza secca.

Ricordiamo che il DPR 10 settembre 1982 n. 915 considera tale valore come soglia oltre la quale una sostanza è da considerarsi "rifiuto tossico e nocivo".  
tazioni minime.



(3)

**L'arsenico** è un elemento semimetallico estremamente velenoso, inodore e insapore che in natura si ritrova allo stato libero sotto forma di masse granulari grigio-biancastre.

Veniva utilizzato sotto forma dei suoi composti, per la produzione di fungicidi, insetticidi, ora viene usato nell'industria vetraria e talvolta aggiunto alle leghe metalliche per aumentarne la durezza.

I composti sulfurei dell'arsenico venivano utilizzati dagli Egizi come pigmenti per la decorazione.

In Cina l'arsenico aveva un posto importante come curativo di un tipo di malaria

L'arsenico a piccoli dosaggi è utilizzato in omeopatia ed è impiegato recentemente per trattare alcuni malati di leucemia. Dosaggi di arsenico superiori a 200 mg/Kg sono letali.

L'avvelenamento cronico di arsenico provoca perdita di appetito, disturbi gastroenterici e congiuntivite.

Un caso grave di avvelenamento da arsenico che avvenne in Giappone nel 1955, provocò la morte di 120 bambini a causa di alimenti contenenti questo elemento.

Alte concentrazioni di arsenico sono state riscontrate in alcune specie di funghi tra cui la *Laccaria amethystina* (Hudson) Cooke con valore di 20 mg/Kg sostanza secca<sup>(2)</sup>.

**Il mercurio**, che a temperatura ambiente è liquido, si ricava dal cinabro (HgS).

La tossicità è nota dai tempi dei Romani dove gli schiavi erano impiegati nella sua distillazione.

Si stima, essendo volatile, che ogni anno circa 200.000 tonnellate ricadano dalla biosfera.

Il mercurio è utilizzato per la sintesi di coloranti in odontotecnica, nell'industria chimica per la produzione di plastica (cloruro di polivinile) nella preparazione di fungicidi, germicidi e in preparati per la prevenzione di muffe.

L'intossicazione da mercurio provoca progressivo indolenzimento delle mani e della faccia, tremori, stato confusionale, perdita della memoria e del controllo

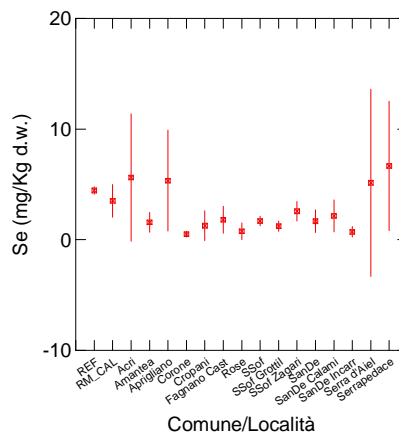
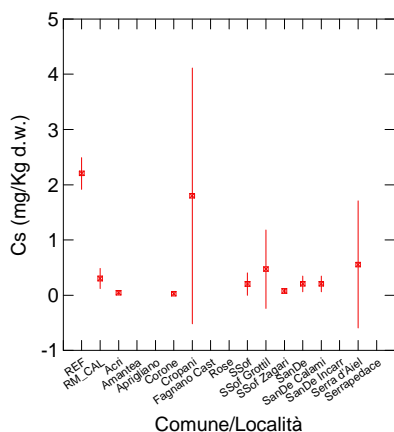
del movimento corporeo.

Tale sintomatologia è nota come malattia di Minamata, piccolo villaggio di pescatori del Giappone, dove nel 1953 la gente rimase intossicata a causa dell'ingestione di pesce contaminato da mercurio immesso nell'acqua da una fabbrica di materiali plastici

Casi analoghi di inquinamento si sono ripetuti anche nel 1965 a Niigata dove morirono 5 persone e ne rimasero intossicate 115.

La tossicità del mercurio è legata al fatto che i funghi hanno la capacità, come altri organismi, di "metilare" il mercurio, cioè di formare con esso molecole organiche liposolubili eliminabili molto lentamente.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità ha fissato che il limite massimo raccomandabile di assunzione settimanale di mercurio non superi i 0,3 mg  
I funghi non coltivati possono contenere concentrazioni di mercurio anche 50 volte superiori a quelle del substrato: anche 1 mg/Kg di peso fresco nel *Boletus edulis* e fino a 20 mg nell'*Agaricus bitorquis* (Quèlet) *Saccardo*(5).



(3)

**Il cesio** è caratterizzato da uno spettro che contiene due linee luminose nel blue. È oro argenteo, morbido e duttile. È l'elemento più elettropositivo e il più

alcalino. In aria i livelli di cesio sono generalmente bassi, ma il cesio radioattivo è stato rilevato ad un certo livello nell'acqua superficiale ed in molti tipi di alimenti. La quantità di cesio in cibo e bevande dipende in dall'emissione di cesio radioattivo attraverso gli impianti di energia nucleare, soprattutto a causa degli incidenti. Le persone che lavorano nell'industria nucleare possono essere esposte ai livelli elevati di cesio, ma molte misure preventive possono essere prese per impedire ciò. Non è molto probabile che la gente avverta gli effetti sulla salute che possono essere collegati al cesio in se. Quando si verifica contatto con cesio radioattivo, il che è altamente improbabile, una persona può subire danni cellulari dovuti alle radiazioni delle particelle di cesio. A causa di ciò, possono verificarsi effetti quali nausea, vomito, diarrea e emorragie.

Quando l'esposizione dura molto tempo può persino provocare perdita di conoscenza, seguita da coma o persino morte. Quanto seri sono gli effetti dipende dalla resistenza delle singole persone, dalla durata esposizione e dalla concentrazione a cui una persona è esposta.

Considerando che la dose mortale per la metà degli individui è di 6 Sv (Sievert), il rischio derivante dal consumo alimentare di funghi è alquanto trascurabile. In ogni caso, precauzionalmente, è buona regola utilizzare quantitativi modesti di funghi e possibilmente solo dopo l'essiccamento per le specie così conservabili. Infatti è stato verificato che l'acqua usata per il rinvenimento dei funghi essiccati utilizzati in cucina, scioglie, penetrando nei tessuti dei funghi stessi, i sali idrosolubili formati dal metallo alcalino cesio.

**Il selenio** è un elemento semimetallico che si ottiene dalle melme anodiche della raffinazione elettrolitica del rame.

E' usato nella fabbricazione di raddrizzatori, cellule fotoelettriche, nella preparazione di smalti e di pigmenti.

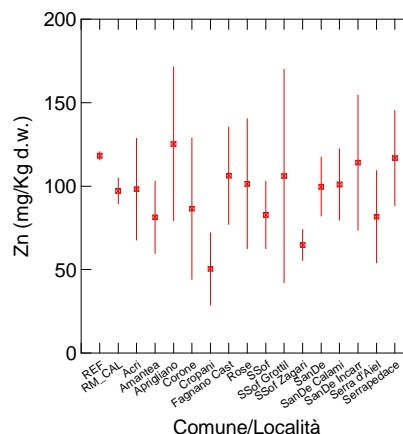
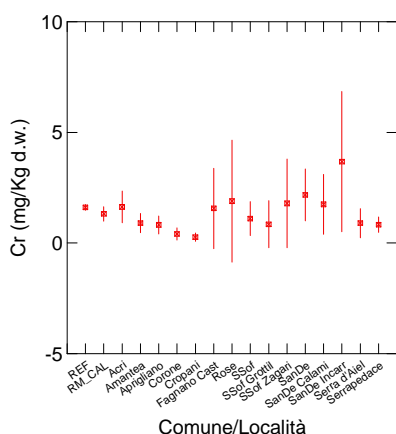
Il selenio, insieme ad altri enzimi, svolge una funzione antiossidante a livello delle membrane e delle cellule.

A basse concentrazioni l'azione del selenio ha effetti benefico per l'organismo umano mentre alte concentrazioni possono rivelarsi pericolose.

L'assunzione giornaliera raccomandata di selenio per adulti non dovrebbe superare 1 microgrammo per Kg di peso corporeo.

Dosi eccessive di selenio determinano un'intossicazione che si manifesta con nausea, vomito, dolori addominali, diarrea, dermatiti e anomalie neurologiche.

E' stato riscontrato che il *Boletus pinophilus* Pilàt & Dermek risulta avere concentrazioni medie di selenio oltre 100 mg/Kg di sostanza secca che corrispondono a 10 mg/Kg di sostanza fresca(2).



(3)

**Il cromo** è un metallo argento-grigio, le persone possono essere esposte al bicromato per via aerea, per via boccale o per semplice contatto con la pelle



Anche nell'acqua potabile il livello di bicromato di potassio è solitamente basso, ma l'acqua di pozzo contaminata può contenere il pericoloso cromo (IV); cromo esavalente. Per la maggior parte delle persone il consumo di alimenti che contengono cromo (III) è la via principale di assunzione di cromo, dal momento che il cromo (III) si presenta naturalmente in molte verdure, frutta, carni, lieviti e farinacei. I vari metodi di preparazione ed immagazzinamento degli alimenti possono alterare il contenuto di cromo degli alimenti. Quando si conserva il cibo in contenitori d'acciaio o in lattine la concentrazione di cromo può aumentare. Il cromo (III) è una sostanza nutriente essenziale per gli esseri umani e la sua scarsità può causare gli disturbi al cuore, problemi al metabolismo e diabete. Ma l'assorbimento di una quantità eccessiva di cromo (III) può causare anche problemi di salute, per esempio chiazze cutanee.

Il cromo (VI) è un pericolo per la salute umana, principalmente per le persone che lavorano nell'industria tessile e siderurgica. Anche le persone che fumano tabacco hanno una maggiore probabilità di esposizione a cromo.

Il cromo (VI) è noto causare vari effetti sulla salute. Quando è un composto di prodotti di cuoio, può causare reazioni allergiche, quale chiazze cutanee. A seguito di inalazione può causare irritazione ed emorragie nasali.

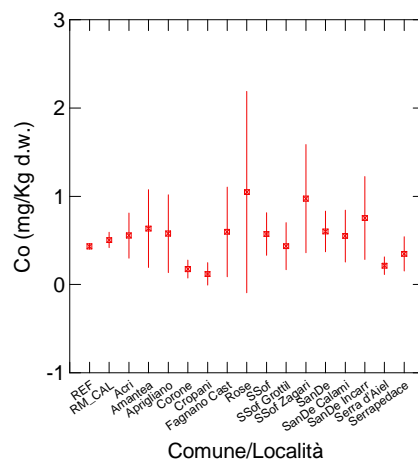
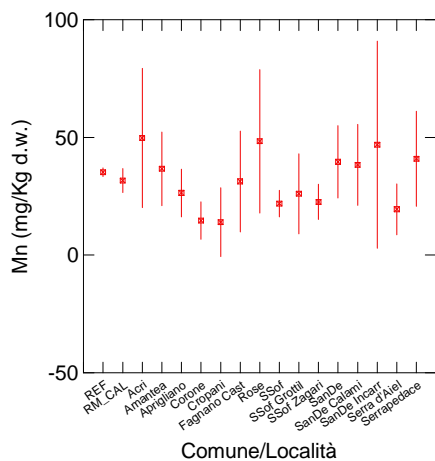
Altri problemi di salute che sono causati da cromo (VI) sono:

Eruzioni cutanee, problemi di stomaco e ulcera, problemi respiratori, indebolimento del sistema immunitario, danni a fegato e polmoni, alterazione del materiale genetico, cancro ai polmoni e Morte.

I rischi per la salute associati a esposizione a cromo dipendono dal suo stato di ossidazione. La forma metallica (il cromo come esiste in questo prodotto) ha

una bassa tossicità. La forma esavalente è tossica. Gli effetti negativi della forma esavalente sulla pelle possono includere le ulcere, dermatiti, e reazioni cutanee allergiche. L'inalazione di composti di cromo esavalente può provocare ulcerazione e perforazione delle membrane mucose del setto nasale, irritazione di faringe e laringe, bronchiti asmatiche, broncospasmi ed edema. I sintomi respiratori possono includere tosse e asma, respiro breve, e prurito nasale.

**Lo zinco** è un metallo bianco-bluastro brillante, Alcuni suoli sono pesantemente contaminati da zinco ed essi si trovano nelle zone dove lo zinco viene estratto o raffinato, o dove il fango di scarico di zone industriali e' stato usato come fertilizzante. Lo zinco è un elemento in tracce che è essenziale per la salute umana. Quando le persone assorbono troppo poco zinco possono sperimentare una perdita di appetito, una ridotta sensazione di gusto ed odore, formazione lenta di ferite e dolore alla pelle. Scarsità di zinco può persino causare difetti di nascita. Anche se gli esseri umani possono sopportare concentrazioni in proporzione elevate di zinco, troppo zinco può ancora causare gravi problemi di salute, come spasmi allo stomaco, irritazioni cutanee, vomito, nausea e anemia. I livelli molto elevati di zinco possono causare danni a pancreas e disturbare il metabolismo delle proteine e causano arteriosclerosi. Una lunga esposizione a cloruro di zinco può causare disordini respiratori Sul posto di lavoro il contagio da zinco può portare ad una condizione simile all'influenza nota come febbre di metallo. Questa condizione passa dopo due giorni ed è causata da ipersensibilità. Lo zinco può essere un pericolo per i bambini appena nati. Quando le loro madri hanno assorbito grandi quantità di zinco i bambini possono essere esposti ad attraverso il sangue o il latte delle loro madri<sup>(5)</sup>.



(3)

Il manganese è uno dei metalli più abbondanti nel terreno, in cui si presenta in ossidi e idrossidi e passa attraverso i suoi vari stati di ossidazione. Il manganese si presenta principalmente come pirolusite ( $MnO_2$ ) ed in quantità inferiore come rodocrosite ( $MnCO_3$ ). Il manganese è un elemento molto comune che può essere trovato dappertutto sulla terra. Il manganese è uno dei tre oligoelementi essenziali tossici, il che significa che è non soltanto necessario per la sopravvivenza degli esseri umani, ma è anche tossico se presente nel corpo umano in concentrazioni troppo alte. Quando le persone non vivono rispettando le quantità giornaliere raccomandate la loro salute peggiora. Ma quando l'assorbimento è troppo elevato si verificano anche problemi di salute. L'assorbimento di manganese da parte degli esseri umani principalmente avviene attraverso gli alimenti, quali spinaci, tè ed erbe. Le derrate alimentari che contengono le concentrazioni più elevate sono frumento e riso, soia, uova, dadi, olio di oliva, fagioli ed ostriche verdi. A seguito di assorbimento il manganese è trasportato attraverso il sangue a fegato, reni, pancreas e ghiandole endocrine. Gli effetti del manganese si presentano principalmente nelle vie respiratorie e nel cervello. I sintomi di avvelenamento da manganese

sono allucinazioni, dimenticanza e danni ai nervi. Il manganese può anche causare il Parkinson, embolie polmonari e bronchite. Quando gli uomini sono esposti a manganese per un periodo di tempo lungo possono diventare impotenti.

Una sindrome causata dal manganese manifesta sintomi quali schizofrenia, ottusità, indebolimento muscolare, emicranie ed insonnia. Dal momento che il manganese è un elemento essenziale per la salute umana anche la sua scarsità ha effetti sulla salute. Si manifestano i seguenti effetti: obesità, intolleranza al glucosio, coagulazione del sangue, problemi di pelle, livelli di colesterolo bassi, disordini allo scheletro, Problemi di nascita, variazione del colore del sangue. Sintomi neurologici L'avvelenamento cronico da manganese può derivare da inalazione prolungata di polvere e fumo. Il sistema nervoso centrale è il luogo principale di danni causati dalla malattia, quale può provocare l'invalidità permanente. I sintomi includono il languore, sonno, debolezza, disturbi emozionali, andatura spastica, crampi alle gambe ricorrenti, e paralisi. Un'alta incidenza di polmonite e di altre infezioni respiratorie superiori è stata trovata in operai esposti a polvere o al fumo di composti di manganese. I composti del manganese sono agenti cancerogeni sperimentali.

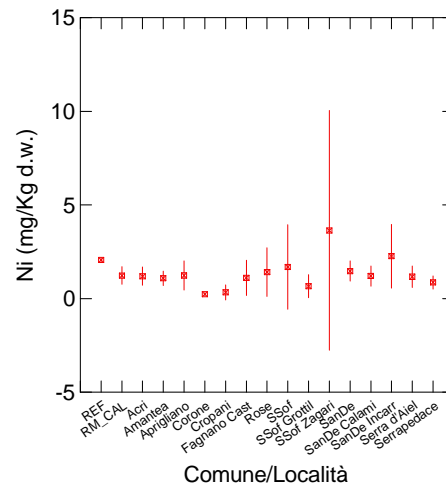
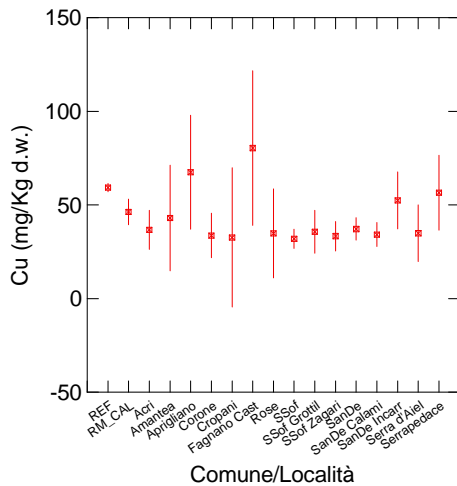
**Il cobalto** è un elemento ferromagnetico duro di colore bianco argenteo. Dal momento che il cobalto è ampiamente disperso nell'ambiente gli esseri umani possono essere esposti ad esso respirando aria, bevendo acqua e mangiando alimenti che contengono cobalto. Anche il contatto con terreno o acqua che contiene cobalto può aumentare l'esposizione.

Il cobalto non è spesso liberamente disponibile nell'ambiente, ma da quando le

particelle di cobalto non sono legate al terreno o a particelle di sedimenti, l'assorbimento da parte di piante ed animali è più alto e può verificarsi accumulo in piante e animali. Il cobalto è favorevole per gli esseri umani perché è parte della vitamina B12, che è essenziale per la salute umana. Il cobalto è usato per trattare l'anemia nelle donne incinte, perché stimola la produzione di cellule rosse del sangue. La presa giornaliera di cobalto è variabile e può essere pari a 1 mg, ma quasi tutto passa attraverso l'organismo senza essere assorbito, tranne quello assorbito nella vitamina B<sub>12</sub>. Tuttavia, concentrazioni di cobalto troppo elevate possono danneggiare la salute umana. Quando respiriamo in concentrazioni troppo alte di cobalto attraverso l'aria avvertiamo effetti ai polmoni, come asma e polmonite. Questo avviene soprattutto in persone che lavorano con il cobalto. Quando le piante crescono su terreni contaminati accumulano particelle molto piccole di cobalto, in particolare nelle parti delle piante che mangiamo, come frutta e semi. I terreni in prossimità di miniere ed impianti di fusione possono contenere quantità molto elevate di cobalto, di conseguenza l'assorbimento dagli esseri umani attraverso l'ingestione di piante può avere degli effetti sulla salute. Gli effetti sulla salute che derivano da assorbimento di alte concentrazioni di cobalto sono:

Vomito e nausea, Problemi di vista, Problemi di cuore, Danni alla tiroide. Effetti sulla salute possono anche essere causati attraverso radiazione degli isotopi radioattivi di cobalto. Ciò può causare la sterilità, perdita di capelli, vomito, perdite di sangue, diarrea, coma e perfino morte. Questa radiazione è a volte usata nei pazienti di cancro per distruggere i tumori. Questi pazienti soffrono di perdite di capelli, diarrea e vomito. La polvere di cobalto può causare una

malattia simile all'asma con sintomi che variano da tosse, respiro corto e dispnea fino a riduzione nelle funzioni polmonari, fibrosi nodulare, inabilità permanente e morte. L'esposizione a cobalto può causare perdita di peso, dermatite e ipersensibilità respiratoria. LD 50 (orale, ratti) = 6171 mg/kg. (LD50 = dose mortale 50 = singola dose di una sostanza che causa la morte del 50% di una popolazione animale a seguito di esposizione alla sostanza in tutte le vie tranne inalazione. LD50 è espresso solitamente in milligrammi o grammi di materiale per il chilogrammo di peso dell'animale (mg/kg o g/kg). L'associazione internazionale per la ricerca contro il cancro (IARC) colloca il cobalto ed i composti di cobalto all'interno del gruppo 2B (agenti che possono essere cancerogeni per gli esseri umani). L'ACGIH ha collocato il cobalto ed i suoi composti inorganici nella categoria A3 (cancerogeno per gli animali da laboratorio: l'agente è cancerogeno per gli animali da laboratorio in concentrazioni relativamente elevate, attraverso vie, in forme istologiche, o con meccanismi che non sono considerate importanti per l'esposizione degli operai.) Il cobalto è stato classificato essere cancerogeno per agli animali da laboratorio in Germania<sup>(5)</sup>.



(3)

**Il rame** è un metallo rossastro con una struttura cristallina cubica con facce centrate. trovato in molti tipi di alimenti, in acqua potabile ed in aria. A causa di ciò assorbiamo quantità ingenti di rame ogni giorno mangiando, bevendo e respirando. L'assorbimento di rame è necessario, perché il rame è un oligoelemento indispensabile per la salute umana. Anche se gli esseri umani possono gestire concentrazioni proporzionalmente elevate di rame, troppo rame può causare gravi problemi di salute. Le concentrazioni di rame in aria sono solitamente abbastanza basse, quindi l'esposizione a rame attraverso la respirazione è trascurabile. Le persone che vivono nei pressi di fonderie che trasformano il minerale di rame in metallo sono soggette a questo tipo di esposizione. L'esposizione professionale a rame avviene spesso. Nell'ambiente del posto di lavoro il contagio da rame può condurre ad una condizione simile all'influenza nota come febbre del metallo. Questa condizione passa dopo due giorni ed è causata da iper-sensibilità. L'esposizione a lungo termine al rame può causare irritazione di naso, bocca e occhi ed causare emicranie, dolori di stomaco, stordimento, vomito e diarrea. Elevata assunzione intenzionale di rame può causare danni a fegato e reni e perfino la morte. Se il rame sia

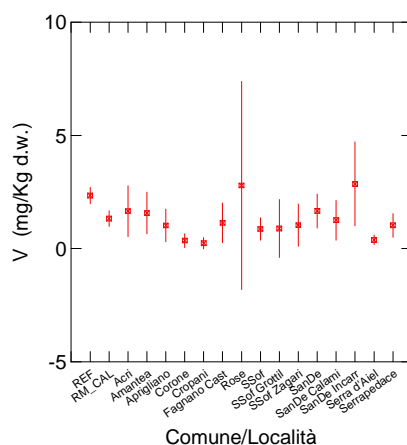
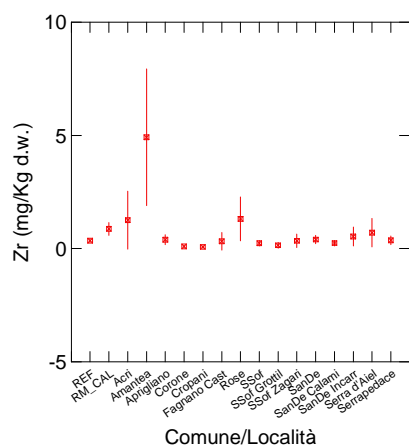
cancerogeno non è stato ancora stabilito. Esistono articoli scientifici che indicano un collegamento fra l'esposizione di lunga durata ad alte concentrazioni di rame e un declino nell'intelligenza nei giovani adolescenti. Se ciò dovrebbe preoccupare è oggetto per ulteriore ricerca. L'esposizione industriale a vapori, polveri, o nebbie di rame può provocare la febbre del vapore del metallo con cambiamenti antropici nelle membrane mucose nasali. L'avvelenamento cronico da rame provoca la malattia di Wilson, caratterizzata tramite da cirrosi epatica, danni cerebrali, disturbi renali e deposizione di rame nella cornea.

**Il nichel** è metallo bianco argenteo che subisce un'alta lucidatura. Appartiene al gruppo del ferro ed è duro, malleabile e duttile. Il cibo contiene naturalmente piccole quantità di nichel. Il cioccolato ed i grassi sono noti contenerne quantità molto alte. L'assunzione di nichel si amplifica quando la gente mangia grandi quantità di verdure provenienti da terreni inquinanti. Le piante sono note accumulare il nichel e di conseguenza l'assunzione del nichel dalle verdure è rilevante. I fumatori sono soggetti ad un più alto assorbimento di nichel tramite i loro polmoni. Infine, il nichel può essere trovato nei detersivi. Gli esseri umani possono essere esposti a nichel respirando aria, bevendo acqua, mangiando certi alimenti o fumando sigarette. Anche il contatto della pelle con terreno o acqua contaminati da nichel può provocare esposizione a nichel. Il nichel è essenziale in piccoli importi, ma quando l'assorbimento è troppo alto può essere un pericolo per la salute umana. La presa di una quantità troppo bassa di nichel ha le seguenti conseguenze:

Probabilità più elevata di sviluppo di cancro ai polmoni, al naso, alla laringe ed



alla prostata, malessere e stordimento a seguito di esposizione al nichel gassoso ,embolie polmonari, problemi respiratori, problemi di nascita, asma e bronchite cronica, reazioni allergiche come prurito alla pelle, principalmente da gioielleria e problemi di cuore. Carcinogenicità: Il nichel e determinati composti del nichel sono stati elencati dal programma nazionale di tossicologia (NTP) come per essere composti quasi cancerogeni. L'agenzia internazionale per ricerca sul cancro (IARC) ha collocato i composti del nichel all'interno del gruppo 1 (esiste evidenza sufficiente di carcinogenicità per gli esseri umani) ed il nichel all'interno del gruppo 2B (agenti che possono essere cancerogeni per gli esseri umani). L'OSHA non regola il nichel come sostanza cancerogena. Il nichel è sull'avviso dell'ACGIH sui cambiamenti progettati come categoria A1, agente cancerogeno umano confermato<sup>(5)</sup>.



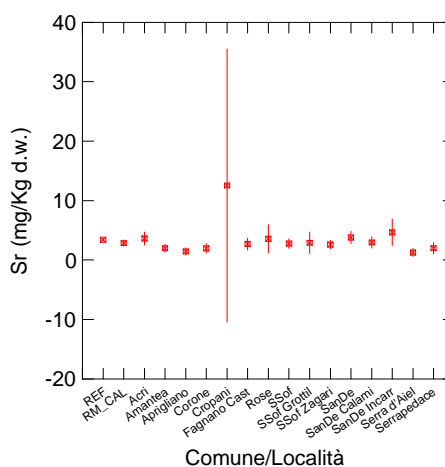
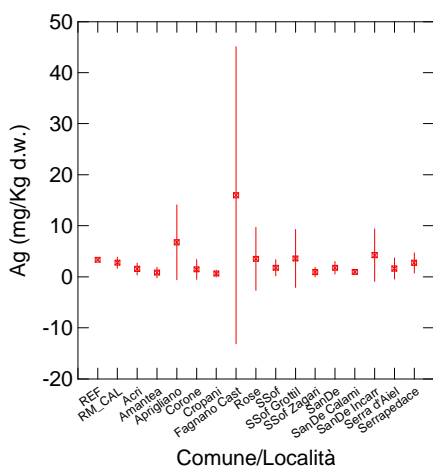
(3)

**Lo zirconio** è un metallo molto forte, malleabile, duttile, di colore argento-grigio brillante. I suoi sali non hanno generalmente tossicità sistemica. Il consumo stimato nella nostra dieta è di circa 50 microgrammi. La maggior parte passa

attraverso l'intestino senza essere assorbito e quello che è assorbito tende ad accumularsi più nello scheletro che nei tessuti. Lo zirconio 95 è uno dei radionuclidi coinvolti nelle prove atmosferiche con le armi nucleari. È tra i radionuclidi con vita più lunga che hanno prodotto e continueranno a costituire un rischio per il cancro per decenni e secoli a venire.

**Il vanadio** è un elemento grigio-bianco raro, morbido, legato in certi minerali e' usato principalmente per produrre determinate leghe. 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 vanadio può avere un certo numero di effetti su salute umana, quando l'assorbimento è troppo alto. Quando la presa di vanadio avviene attraverso l'aria può causare bronchite e polmonite. Gli effetti acuti del vanadio sono irritazione di polmoni, gola, occhi e cavità nasali. Altri effetti sulla salute derivanti da assunzione di vanadio sono: malattie cardiache e vascolari, infiammazione di stomaco e intestino, danneggiamento del sistema nervoso, sanguinamento di fegato e reni, eruzioni cutanee, severo tremore e paralisi, sanguinamento del naso e mal di gola, indebolimento, malessere e mal di testa, stordimento, mutazioni comportamentali. I rischi per la salute connessi ad esposizione a vanadio dipendono dal suo stato di ossidazione. Tale prodotto contiene vanadio elementare. Il vanadio elementare può essere ossidato a pentossido di vanadio durante la saldatura. La forma del pentossido è più tossica della forma elementare. L'esposizione cronica a polvere del pentossido di vanadio e fumi può causare irritazione severa degli occhi, della pelle, delle vie respiratorie superiori, infiammazioni persistenti di trachea e bronchi, edema

polmonare e avvelenamento sistematico. I segni ed i sintomi di sovrapposizione includono; congiuntivite, nasofaringite, tosse, respiro affaticato, battito del cuore accelerato, cambiamenti polmonari, bronchite cronica, pallore della pelle, lingua nera-verdastra ed eruzioni cutanee allergiche(5).



(3)

**L'argento** puro è quasi bianco, brillante, morbido, molto duttile, malleabile e un eccellente conduttore di calore e di elettricità. sali d'argento solubili, soprattutto l'AgNO<sub>3</sub>, sono mortali in concentrazioni fino a 2g (0,070 once). I composti dell'argento possono essere lentamente assorbiti dai tessuti del corpo, con conseguente pigmentazione bluastra o nerastra della pelle. A contatto con gli occhi può provocare gravi ferite corneali. Contatto della pelle: può causare l'irritazione cutanea. Il contatto ripetuto e prolungato con la pelle può causare dermatite allergica. Rischi di inalazione: esposizione ad alte concentrazioni di vapori può causare stordimento, difficoltà di respirazione, emicranie o irritazione respiratoria. Concentrazioni estremamente alte possono causare stordimento,

indebolimento, confusione, stato di incoscienza, coma o morte. Se ingerito può causare disagio intestinale, nausea, vomito, diarrea e narcosi. L'aspirazione di materiale nei polmoni se si verificano deglutizione o vomito può causare la polmonite chimica che può essere mortale. La sovrapposizione cronica ad uno o più componenti in questo materiale è stata individuata avere i seguenti effetti sugli animali da laboratorio: danni renali , lesione dell'apparato visivo , danno ai polmoni , danni al fegato , anemia e danni cerebrali. La sovrapposizione cronica ad uno o più componenti in questo materiale è stata individuata avere i seguenti effetti sugli esseri umani: Anomalie cardiache, Alcuni rapporti hanno associato sovrapposizione ripetuta e prolungata a solventi a danni permanente a cervello permanente e sistema nervoso. Il contatto ripetuto della pelle o del sistema respiratorio del chetone etilico metilico può aumentare la potenza delle neurotossine come l'esano si verificano esposizioni contemporanee.

**Lo stronzio** è un metallo molle e giallo-argenteo con tre forme cristalline allotropiche. È un metallo alcalino-terroso, ha proprietà fisiche-chimiche simili al calcio ed al bario, gli elementi sopra e sotto ad esso nel gruppo II della tavola periodica. I composti dello stronzio che sono insolubili in acqua possono diventare solubili in acqua, in conseguenza di reazioni chimiche. I composti solubili in acqua rappresentano una minaccia per la salute umana maggiore rispetto a quelli insolubili in acqua. Di conseguenza, le forme dello stronzio solubili in acqua hanno la possibilità di inquinare l'acqua potabile. Per fortuna le concentrazioni in acqua potabile sono di solito abbastanza basse. Le persone possono essere esposte a bassi livelli di stronzio (radioattivo) respirando aria o polvere, mangiando alimenti, bevendo acqua, o attraverso il contatto con

terreno contenente stronzio. E' piu' probabile che entriamo in contatto con lo stronzio attraverso cibo e acqua.

Le concentrazioni di stronzio negli alimenti contribuiscono alla concentrazione di stronzio nel corpo umano. Gli alimenti che contengono concentrazioni significativamente alte di stronzio sono grano, ortaggi freschi e latticini. Per la maggior parte delle persone, l'assorbimento dello stronzio e' moderato. L'unico composto dello stronzio che è considerato un pericolo per la salute umana, anche in piccola quantità, è il cromato di stronzio. Il cromo tossico che esso contiene costituisce la causa principale di ciò. Il cromato di stronzio è noto per causare il cancro polmonare, ma i rischi di esposizione sono stati notevolmente ridotti dalle procedure di sicurezza delle aziende, di modo che non costituisce più un grave rischio per la salute. L'assorbimento di alte concentrazioni di stronzio non è generalmente noto costituire un grave pericolo per la salute umana. In un caso qualcuno ha avvertito una reazione allergica allo stronzio, ma non ci sono stati altri casi simili da allora. Per i bambini un'assunzione eccessiva di stronzio può essere un rischio per la salute, perché può causare problemi allo sviluppo delle ossa.

I sali dello stronzio non sono noti causare problemi chiazze o altri problemi cutanei di alcun genere. Quando l'assunzione di stronzio è estremamente elevata, può causare problemi nello sviluppo osseo, ma questo effetto può solo accadere soltanto quando tale assunzione è dell'ordine di migliaia di ppm. I livelli di stronzio in cibo e acqua potabile non sono abbastanza alti per poter causare tali effetti. Lo stronzio radioattivo costituisce un rischio maggiore per la salute rispetto allo stronzio stabile. Quando l'assorbimento è molto alto, può

causare anemia le mancanza di ossigeno ed a concentrazioni estremamente alte è anche noto causare il cancro in conseguenza del danneggiamento del materiale genetico delle cellule<sup>(5)</sup>.

## **Conclusioni**

Recenti studi cercano di dimostrare che gli organismi fungini, possono essere usati come agenti di biorisanamento dei terreni contaminati da metalli pesanti.

Questi studi si stanno concentrando in due direzioni:

la quantità di metalli pesanti che gli organismi fungini riescono a tollerare e nell'individuazione di organismi capaci di detossificare l'ambiente dai metalli pesanti.

Queste ricerche tengono conto sia della contaminazione di metalli pesanti di origine antropica sia di origine naturale.

Se questi studi andranno a buon fine fra non molto l'inquinamento da metalli pesanti potrebbe cessare quasi definitivamente rendendo la vita dell'uomo un pò più salubre.

## Bibliografia

- (1) Santino Bonazzoli, Alessandra Bordignon Bavero – Il regno dei funghi – (2005)
- (2) Cocchi Luigi, Vescovi L. - Possibili rischi igienico-sanitari con riferimento al contenuto di metalli pesanti e radioisotopi nei funghi – Pagine di Micologia 11 132-138 (1997)
- (3) Cocchi Luigi – Metalli pesanti nei funghi della Calabria – in via di pubblicazione
- (4) Alberto Massimi, Mario Bellan - Dulcis in fungo – (2000)
- (5) [www.lenntech.it](http://www.lenntech.it) - metalli pesanti –



## **RINGRAZIAMENTI**

Ringrazio con tutto il cuore i miei genitori e tutte la persone che mi hanno aiutato a raggiungere questo traguardo.

Un ringraziamento particolare al prof. Luigi Antonio Morrone ed all' ing. Carmine Lavorato che mi hanno aiutato con la stesura della tesi.