



**IL DECOMMISSIONING DEI SITI CIVILI E INDUSTRIALI
LE FIBRE NATURALI E ARTIFICIALI. I RADIONUCLIDI. I
METALLI TOSSICI.**

**INGEGNERIA CIVILE - AMBIENTALE
A.A. 2017 - 2018**



eRwOrx.

Sono migliaia i materiali utilizzati per la realizzazione di edifici e impianti, le materie prime e i semilavorati dell'industria manifatturiera, le sostanze precorritrici, i prodotti intermedi e gli scarti dei processi di sintesi chimica.

Grazie alla estrema flessibilità di impiego derivante da particolari proprietà chimico-fisiche, alcuni materiali, sono stati utilizzati in modo estensivo per le più svariate applicazioni.



Sfortunatamente, spesso proprio alcuni di questi materiali così diffusi, si sono rivelati, nel tempo assai pericolosi per la salute dell'uomo, in alcuni casi addirittura altamente tossici o cancerogeni e quindi potenzialmente mortali.



Il minore o maggiore livello di inquinamento di un sito dipende dalla qualità e quantità delle sostanze e materiali presenti, dalla loro pericolosità e dal livello di messa in sicurezza e bonifica effettuate nel tempo, ma è virtualmente impossibile imbattersi in un sito abbandonato che non presenti problematiche correlate alla presenza di sostanze pericolose.

Qualsiasi sia la condizione apparente, è buona norma considerare qualsiasi sito dismesso come un sito contaminato.



LE FIBRE NATURALI



A questa categoria di fibre appartiene a pieno diritto l'**amianto** anche noto con il nome di **asbesto**.

Si tratta di un minerale naturale a struttura fibrosa appartenente alla classe chimica dei silicati.

E' ricavato generalmente da miniere a cielo aperto dalla roccia madre per disintegrazione, macinazione e successivo arricchimento fino ad ottenere il prodotto commerciale.



Miniere di amianto sono state coltivate sin dall'antichità in varie parti del mondo e il prodotto ottenuto è stato ampiamente utilizzato, almeno dal tempo dei Romani, per gli usi più disparati compresa la produzione di tessuti per abiti e tovaglie e di farmaci.



In epoca recente la produzione maggiore di amianto si è concentrata in Canada, Russia, Sud Africa, e Cina, ma importanti giacimenti sono presenti anche in Italia e in tutta la regione del Mediterraneo.

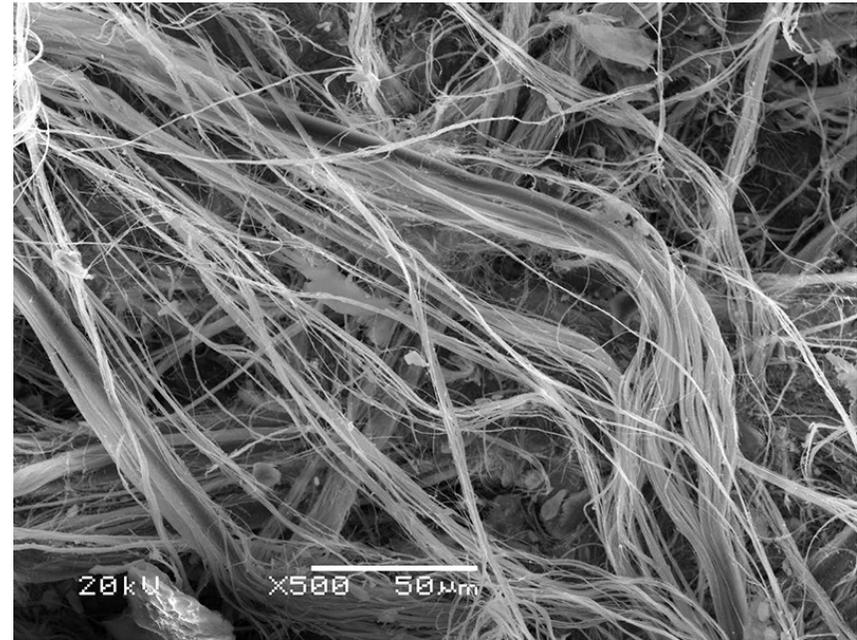


Con il nome generico di amianto vengono generalmente indicati una trentina di composti tra i quali i più significativi sono **sei** e appartengono alla classe mineralogica del **serpentino** (crisotilo) e degli **anfiboli** (amosite, crocidolite, tremolite, antofillite, actinolite).



Il crisotilo che storicamente riguarda il 95% della produzione totale è caratterizzato da fibre soffici e di lunghezza variabile.

Si tratta di fibre dotate di una serie di eccezionali proprietà chimico-fisiche: tra le principali l'incombustibilità, la resistenza alle alte temperature, all'usura, alle sollecitazioni meccaniche, alla trazione e alla aggressione da parte delle più varie sostanze chimiche e agenti biologici.



Le fibre di amianto sono inoltre facilmente filabili, flessibili, friabili, dotate di eccezionali proprietà termoisolanti e fonoassorbenti e presentano una elevata resistenza elettrica; non in ultimo si tratta di un materiale economico e ideale a legarsi con diverse matrici (cemento, calce, gesso, gomma, polimeri sintetici).



Fino all'Ottocento l'impiego è stato prevalentemente indirizzato al settore tessile (tende, cordame, coperte, vestiti, tappeti, ecc.).

Dalla fine dell'Ottocento è iniziato un uso frequente nei rivestimenti dei cavi elettrici e nell'isolamento termico per sfociare poi, a partire dai primi anni del Novecento, in un utilizzo estensivo sia nel settore civile che industriale, nei materiali da costruzione e come isolante sia in pannelli che applicato a spruzzo.



Per quanto riguarda i materiali da costruzione - rinvenibili potenzialmente in qualsiasi edificio costruito a partire dagli anni Trenta - Quaranta del secolo scorso - questi possono rappresentare un pericolo nel caso in cui il materiale risulti degradato, cioè nel caso in cui la matrice cementizia si disgreghi e rilasci fibre.



“ETERNIT”

LASTRE	TUBI
per copertura tetti - soffitti e rivestimenti.	per condutture forzate di acqua.
per mobili - elettrotecnica - recipienti - piastrelle e tavelloni per pavimenti - grondaie - canne per camini, ecc. ecc.	per irrigazione.
	per protezione cavi telefonici - per fognatura edilizia e stradale - per gas, ecc. ecc.
Spessori da min. 4 a 20 e più	Pressioni collaudi: atm. 5 - 10 - 15 - 20
Dimensioni lastre: sino a m. 1,20 - 3,75	Lunghezza tubi m. 3 e 4 - Diametri da 50 a 1000 mm.

Soc. An. **“ETERNIT”** - Piazza Filippo Corridoni, 8 - Genova (106)
(già Piazza Zecca)

CAPITALE SOCIALE L. 30.000.000 INTERAMENTE VERSATO



Un elenco indicativo dei prodotti contenenti fibre di amianto (principalmente crisotilo) più diffusi in ambito civile e industriale, include:

coperture in cemento-amianto in lastre piane e ondulate o in tegole di varia foggia e dimensioni;
controsoffitti e coibentazioni di pareti con pannelli sandwich o con posa di materassini con o senza rivestimento;



intonaci applicati a spruzzo o a mano; vasche, tubazioni, canalizzazioni in cemento-amianto a cielo aperto per raccolta e convogliamento di acque chiare, scure, acqua potabile e raccolta delle acque meteoriche; canne fumarie, camini, condotte di scarico di fumi caldi in cemento-amianto; pareti divisorie prefabbricate rinforzate con fibre d'amianto;



pavimentazioni in vinil-amianto
(da non confondere con il
linoleum sebbene visivamente
molto simile, ha avuto una
enorme diffusione soprattutto
nell'ambito dell'edilizia pubblica e
ha un contenuto di crisotilo che
può raggiungere il 30%);
guarnizioni, feltri, cartoni
termoresistenti in caldaie e
motori a scoppio;



guarnizioni e isolatori in apparecchiature elettriche; coibentazioni di tubazioni di fluidi (anche di oli e acidi) caldi e freddi realizzate con materassini o nastre (le coibentazioni realizzate con impasti di gesso o silicati utilizzavano prevalentemente amosite in luogo del crisotilo ed erano poi avvolte da coppelle in cemento-amianto e tela bituminosa o lamierino in alluminio);



isolazione di apparecchi di processo con amianto friabile (principalmente amosite) racchiuso da una rete metallica di contenimento; guarnizioni di giunti flangiati, baderne e corde premistoppa in lastre e tessuto; materiali d'attrito in dischi e pastiglie per macchine operatrici e macchinari di vario genere; matrice porosa di riempimento nelle bombole di acetilene; isolamenti elettrici in apparecchiature di vario genere realizzate con cartoni, materassini e preformati; ulteriori applicazioni prevedevano l'utilizzo dell'amianto in mastici, vernici, mattonelle, stucchi, carta, prodotti bituminosi, plastiche rinforzate e altro ancora.



La potenziale pericolosità dei materiali contenenti amianto dipende dalla possibilità che questi rilascino fibre in ambiente e che queste vengano inalate.

In questo senso un primo criterio di valutazione è dato dalla friabilità cioè dalla possibilità di disgregare il materiale con la semplice azione delle dita: questi materiali caratterizzati da scarsa coesione, sono particolarmente deperibili e sensibili, ad esempio, all'azione dell'acqua, del vento o delle vibrazioni.

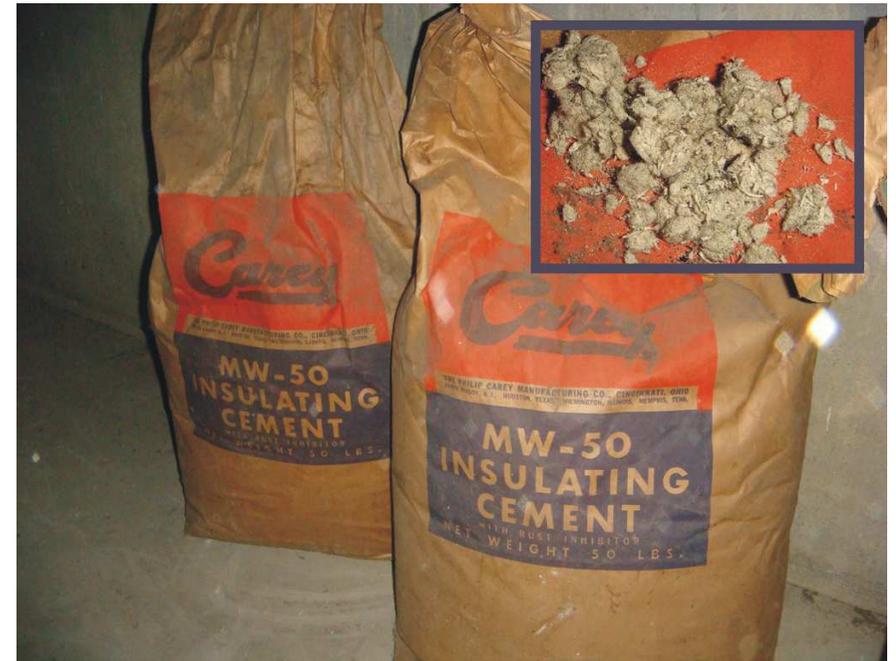


I rischi per la salute in caso di inalazione di fibre di amianto derivano dalla proprietà caratteristica delle fibre di dividersi in senso longitudinale fino a raggiungere diametri nell'ordine del centesimo di micron; per dare una idea basti pensare che nello spazio di un millimetro è possibile affiancare oltre 30.000 mila fibre di amianto (mille volte di più di quanto si riuscirebbe a fare con i capelli umani).



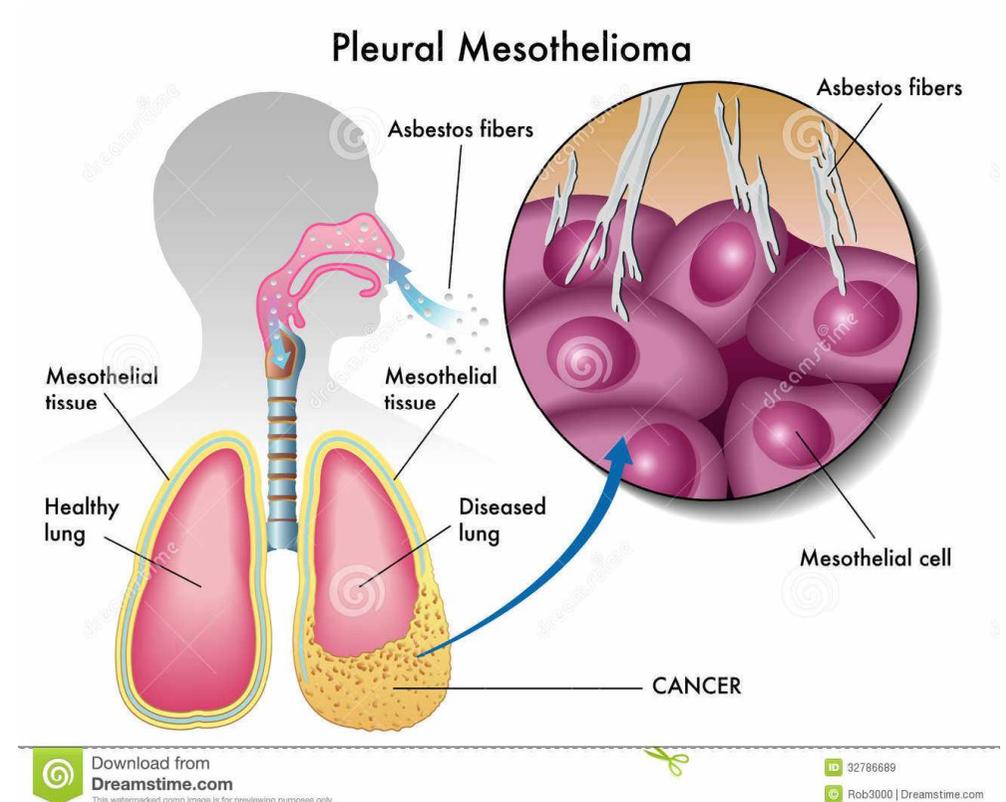
La pericolosità è dovuta alla capacità delle singole fibre, dovuta alle microscopiche dimensioni, di penetrare negli alveoli polmonari; questa veicolazione può indurre, dopo tempi di latenza di decenni, a diverse patologie tra le quali le più note e diffuse sono:

1) l'**asbestosi** (nota almeno dagli anni Venti del Novecento) che è una malattia respiratoria polmonare, molto simile alla silicosi, a decorso progressivo e fortemente invalidante



2) le genericamente classificate **malattie pleuriche** che sono costituite da lesioni della pleura parietale e che sono benigne;

3) il **mesotelioma pleurico**, patologia tumorale definitivamente accertata e definita negli anni Sessanta, caratterizzata da un decorso rapido e con esito irrimediabilmente mortale.



Pare oggi accertata una correlazione tra **dose** di esposizione ed **effetto** in molte di queste patologie (incluso il mesotelioma) con una decrescenza del rischio passando dagli anfiboli ai serpentini e, tra gli anfiboli, passando da **crocidolite** ad amosite; un maggior rischio in tutti i casi pare aversi quando le fibre sono caratterizzate da una lunghezza maggiore di 8 μm e da un diametro inferiore a 1 μm (le fibre di diametro superiore a 3 μm non sono considerate respirabili).

Trattandosi di una sostanza classificata come **cancerogena certa per l'uomo** è prudente comunque evitare esposizioni a qualsiasi tipo di amianto anche per brevissimi periodi.



In molti paesi (tra i quali USA, Canada, Russia, Cina, Brasile, India, Giappone solo per citarne qualcuno) l'amianto (e anche altre fibre naturali e sintetiche) non sono state messe al bando ma la produzione, l'impiego e la rimozione sono comunque strettamente regolamentate.



La rimozione e l'inertizzazione dei manufatti in amianto devono essere affidate esclusivamente a ditte specializzate e autorizzate.



LE FIBRE ARTIFICIALI



L'utilizzo dei "materiali fibrosi" anche noti come "fibre artificiali vetrose" o FAV oppure anche note come MMMF (machine-made mineral fibre o man-made mineral fibre) ha subito una forte accelerazione a partire dagli anni Novanta del Novecento a seguito della messa al bando, in molti paesi, delle fibre di amianto.

Nonostante l'incertezza, a quel tempo, relativamente agli effetti che l'esposizione a questo tipo di materiali avrebbe potuto comportare per la salute dell'uomo nel breve e lungo termine si è ritenuto che fosse la sola soluzione percorribile.



Per “materiali fibrosi” si intende, genericamente, una vastissima famiglia di materiali costituiti da particelle di forma sottile (secondo una prassi internazionalmente condivisa, aventi diametro equivalente minore di $3\ \mu\text{m}$) e allungata (aventi lunghezza maggiore di $5\ \mu\text{m}$) e con una lunghezza nettamente superiore al proprio diametro (in pratica con un rapporto L/D superiore a 3).

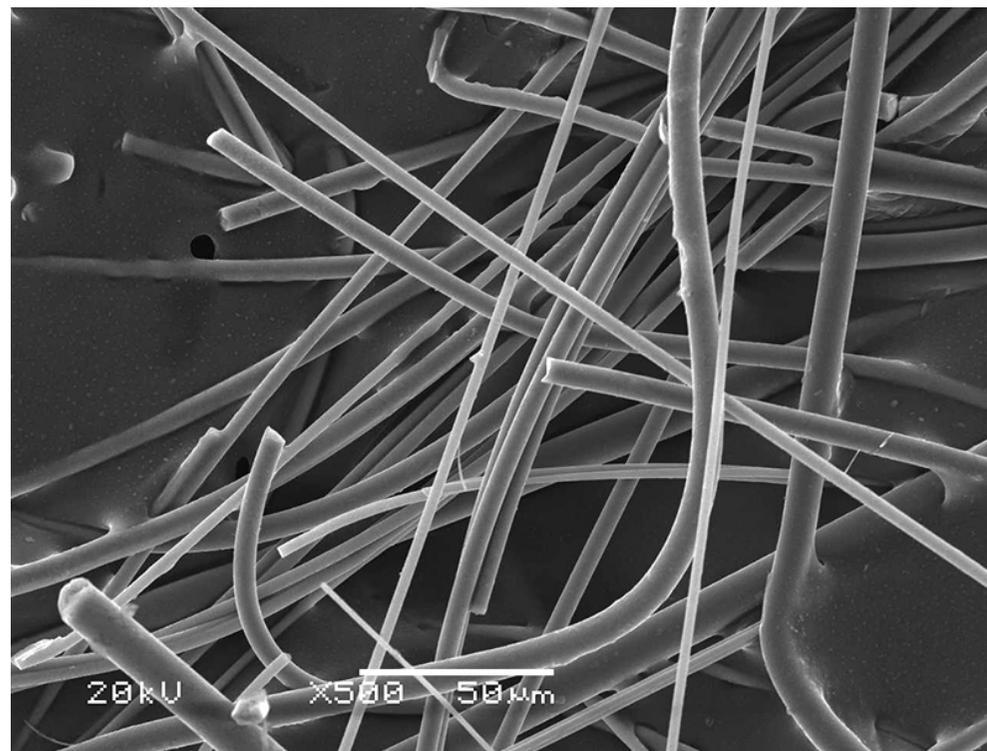


Gli acronimi FAV e MMMF, sovente utilizzati per identificare i materiali fibrosi, non sono rigorosamente corretti dal punto di vista scientifico perché molti prodotti commerciali indicati con queste sigle non sono né vetrosi né di origine minerale: queste due caratteristiche contraddistinguono però effettivamente la stragrande maggioranza dei prodotti disponibili sul mercato.



Le fibre minerali artificiali vengono prodotte partendo da materiali quali vetro, rocce naturali o altri minerali.

Mentre le vere e proprie fibre minerali naturali (quale ad esempio l'amianto) hanno una struttura cristallina, le fibre minerali artificiali presentano una struttura amorfa; nel ciclo produttivo vengono usualmente additivate con un legante e un olio al fine di ridurre la polverosità migliorandone al contempo la manipolabilità.

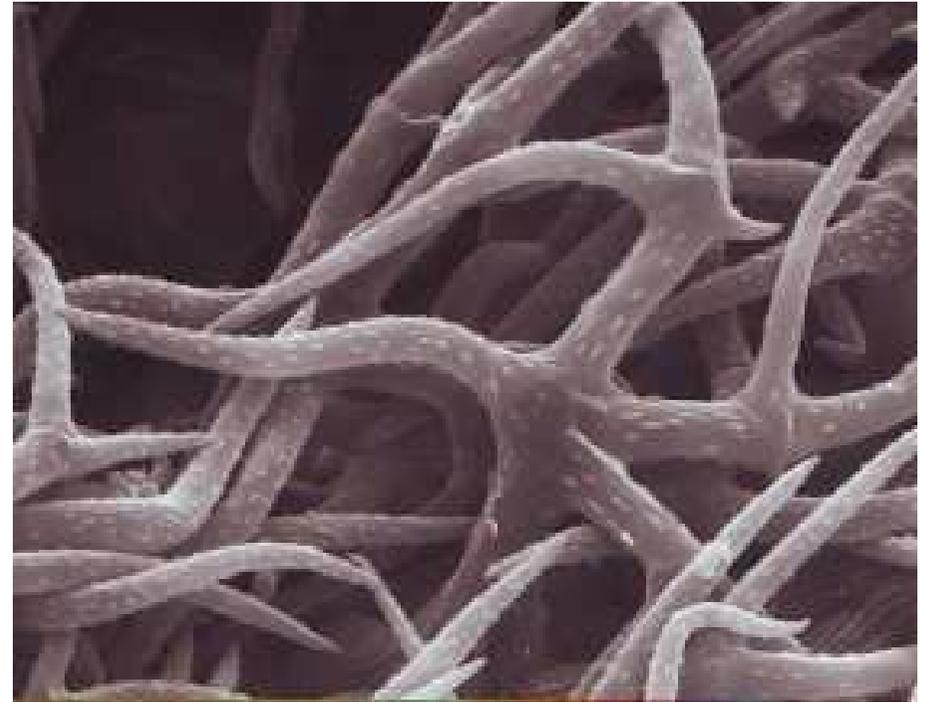


Una caratteristica tipica delle fibre di vetro, che le differenzia fortemente dalle fibre minerali naturali (in particolare dalle fibre di amianto), consiste nell'impossibilità di separarsi longitudinalmente in fibre di diametro più ridotto.

Le fibre di vetro possono infatti spezzarsi solo trasversalmente dando luogo a frammenti di lunghezza più ridotta rispetto alla fibra d'origine, ma con lo stesso diametro. Di conseguenza il diametro delle fibre a cui possono essere esposti lavoratori ed utilizzatori dipende solo dalla distribuzione dimensionale dei diametri nel manufatto originale, mentre le lunghezze sono influenzate dal tipo di interventi meccanici conseguenti a successive lavorazioni ed utilizzi.



Oltre alle fibre naturali e artificiali (o sintetiche che dir si voglia) esiste anche una categoria intermedia, quella delle cosiddette fibre semi-sintetiche, che comprendono la viscosa (rayon) e i derivati della cellulosa. Fibre tessili e fibre semi-sintetiche, oltreché poco diffuse rispetto ad altre tipologie, non rappresentano tuttavia un pericolo né per l'uomo né per l'ambiente.



La enorme diffusione delle FAV sia in ambito industriale che civile è spiegata dalle notevoli proprietà chimico-fisiche (di fatto, molto simili a quelle delle fibre di amianto, alle quali si sono infatti sostituite rapidamente); grazie alla loro particolare struttura chimica, esse risultano caratterizzate da elevata resistenza, inestensibilità e flessibilità; non sono combustibili, sono scarsamente attaccabili dall'umidità, da agenti chimici corrosivi e non sono soggette a degrado provocato dall'attacco di microorganismi; posseggono inoltre eccellenti proprietà dielettriche ed elevate proprietà di isolamento sia acustico che termico

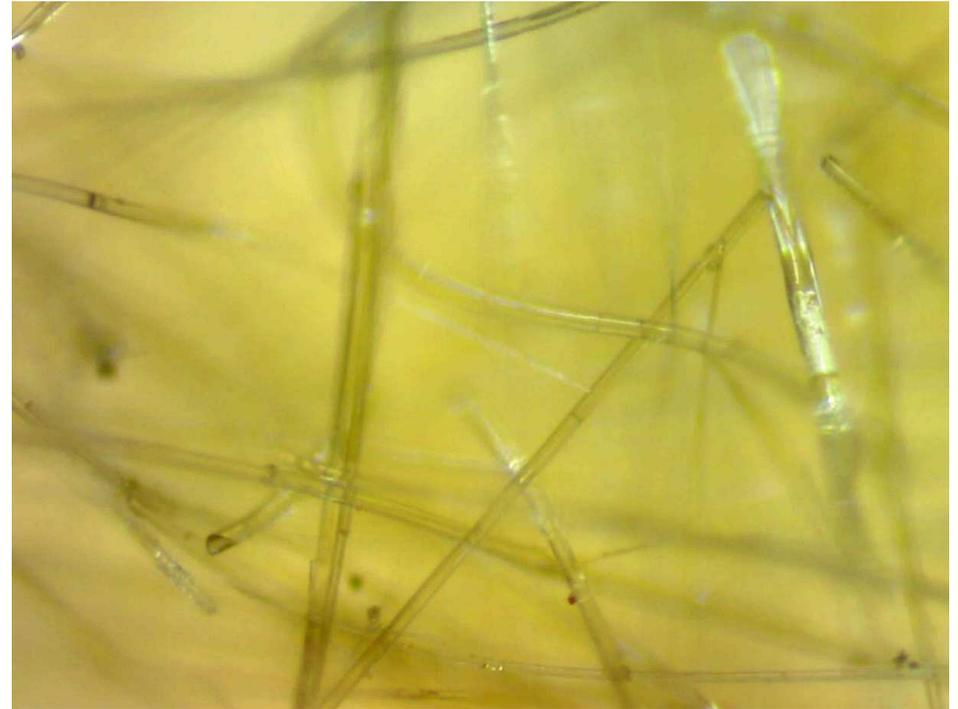


Tra le prime fibre di questo genere ad essere utilizzate va annoverata la lana di roccia, brevettata verso il 1870 e realizzata facendo colare su un flusso d'aria in controcorrente un materiale fuso la cui composizione ricalcava quello della lava vulcanica.

L'impiego di queste fibre in campo industriale è quindi iniziato ben prima che in diversi paesi entrasse in vigore la regolamentazione sulla estrazione e l'uso dell'amianto; una prima diffusione significativa si era avuta negli anni Trenta del Novecento a cui era seguito un ulteriore impulso nel corso degli anni Quaranta a seguito della scoperta del processo di produzione per filatura continua che aveva consentito la produzione in modo molto economico dei materassini per l'isolamento termico e acustico.

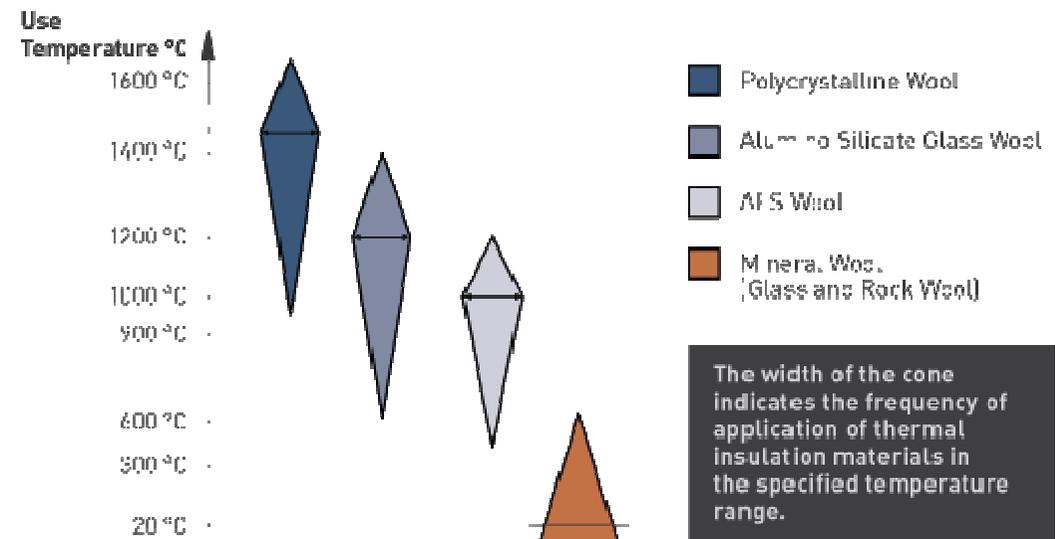


Negli anni Cinquanta hanno poi trovato diffusione, parallelamente alle fibre vetrose, le fibre ceramiche; queste ultime sono caratterizzate da dimensioni inferiori alle fibre vetrose e posseggono proprietà refrattarie ancora più spinte; queste fibre, anche note come RCF (Refractory Ceramic Fibres) sono oggi ritenute, a seguito di studi sistematici, potenzialmente più dannose per la salute delle FAV.



Le caratteristiche chimico-fisiche delle fibre ceramiche sono sostanzialmente simili a quelle delle fibre vetrose e delle fibre di amianto, ma mediamente superiori ad entrambe in termini di condizioni limite di utilizzo; ad esempio, la superiore resistenza al calore ne consente un utilizzo fino a temperature di 1000°C e oltre (anche fino ad oltre 1500°C se addizionate con ossido di zirconio e in questo caso anche genericamente identificate come fibre policristalline).

Temperature ranges for the application of inorganic synthetic mineral and High Temperature Insulation Wools



Come per quasi tutti gli altri tipi di fibre, le applicazioni civili e industriali sono pressoché infinite e la loro presenza deve essere accuratamente indagata in tutti gli edifici ed impianti sia civili che industriali.

La diffusione delle varie famiglie di FAV – non facilmente distinguibili tra loro senza procedere ad una analisi al microscopio - ha raggiunto livelli tali che, oggi sono note migliaia di applicazioni (secondo alcuni ricercatori sono circa 30 mila i differenti possibili utilizzi) nei più disparati settori dell'industria e delle opere civili.



Possono essere prodotte per soffiatura o centrifugatura e in questo caso si ottiene un materiale della consistenza e dell'aspetto della lana (la cosiddetta "lana minerale", o meglio, "lana di vetro" o "lana di roccia" o "lana di scoria" a seconda dell'origine della fibra) che può essere impiegato per la realizzazione di noduli di lana per riempimento di intercapedini, di trecce, di materassini flessibili senza rivestimento, di pannelli o coppelle preformate in sandwich dotate di rivestimento contenitivo di vario genere (carta, bitume armato, polimeri, alluminio, resina).



Possono essere anche prodotte per filatura e poi tessute per ottenere teli o bande di varia larghezza e spessore, utilizzate, una volta pressate, per realizzare feltri e materiali filtranti semirigidi e rigidi, addizionate a materiali vari per ottenere mastici o sigillanti, oppure addizionate ad altri materiali quali polimeri e cemento al fine di migliorarne le caratteristiche meccaniche.



A livello commerciale tra i più comuni prodotti in fibra vetrosa si annoverano quelli commercialmente noti come Fibreglass e Glass Wool utilizzati rispettivamente come fibre di rinforzo e come tessuti o materassini per isolamento termico. Tra le fibre minerali (o lane minerali) la Rock Wool e la Slag Wool impiegate per isolazioni termiche. Tra le fibre ceramiche le Safil, Triton, Refrasil, Zircar, Cerachem e Fibrefrax impiegate per altissime temperature specialmente come guarnizioni in fornaci, bruciatori, turbine.



ROCKWOOL®
F I R E S A F E I N S U L A T I O N



La principale via di assorbimento delle FAV per l'uomo è per inalazione e il principale organo bersaglio è costituito dal sistema respiratorio: asma, bronchite e una progressiva diminuzione della capacità polmonare sono tra le patologie più frequenti derivanti da esposizione a fibre vetrose; nel caso di esposizione a fibre ceramiche va considerata anche la potenziale insorgenza di patologie tumorali; dermatiti e irritazioni oculari sono possibili a seguito di un contatto accidentale.



A livello internazionale le fibre di vetro, di roccia e di scoria e le fibre ceramiche sono state considerate in vario modo ai fini della tossicità nei confronti dell'uomo.

In sintesi, sono da considerare come sospette cancerogene, le fibre minerali alcaline e alcalino-terrose mentre le ceramiche sono classificate cancerogene; in via precauzionale, nelle fasi iniziali delle attività di decommissioning, finché non siano disponibili gli esiti delle caratterizzazioni di tutte le fibre presenti è prudente considerare come potenzialmente cancerogena qualsiasi fibra presente e comportarsi di conseguenza nella scelta dei DPI da indossare.

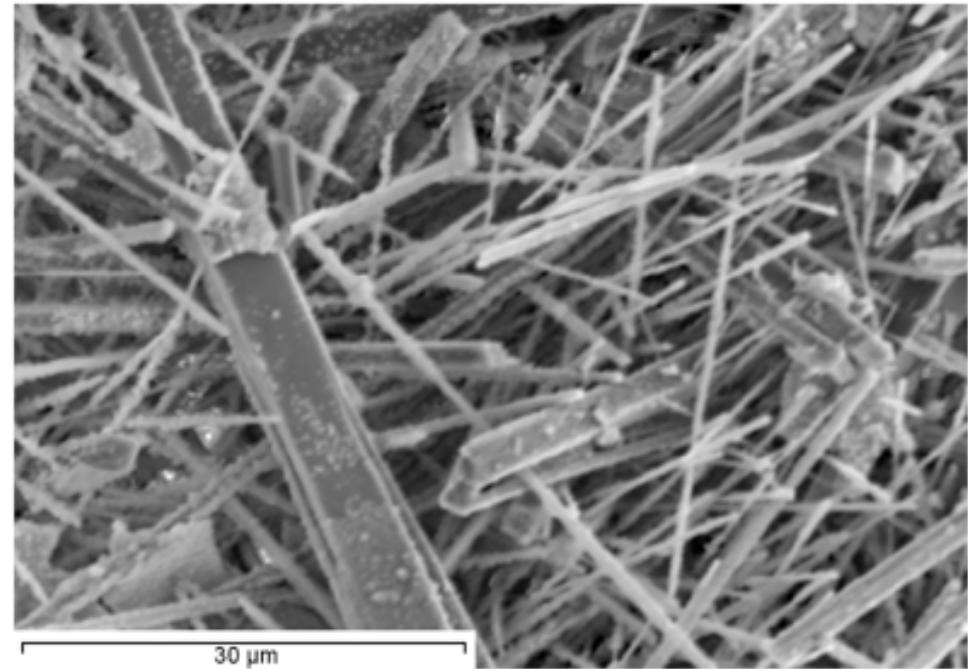


I valori limite di esposizione sono definiti da alcune organizzazioni di ricerca nella misura di 1 fibra/ml oppure di 5mg/m³ nelle 8 ore; relativamente alle fibre ceramiche numerosi studi avanzano il sospetto che questo valore sia insufficiente a garantire una protezione contro l'insorgenza di tumori nell'uomo.

Si tenga presente che rilievi effettuati nel corso di numerose attività di demolizione di impianti e manufatti coibentati con FAV hanno mostrato dispersioni che hanno frequentemente **oltrepassato concentrazioni di 100 mg/m³ nelle 8 ore.**



Nel caso di impianti caratterizzati da temperature di processo molto elevate (fornaci, bruciatori industriali e impianti simili) **realizzati dopo il 1950** è altamente probabile che gli eventuali materiali fibrosi presenti, nel caso non si tratti di amianto, siano fibre ceramiche a base di alluminosilicati. In questo caso esistono evidenze scientifiche che a temperature superiori ai 1100 °C si operi una sorta di devetrificazione (che peraltro riduce le proprietà refrattarie del materiale) che ritrasforma il materiale amorfo in cristobalite e mullite cristallina



Come precauzione generale, durante i sopralluoghi e i rilievi iniziali è importante evitare di perturbare l'ambiente - staccando con le mani o con attrezzi pezzi di materiale, facendo cadere oggetti su coibentazioni o provocando altre azioni di disturbo - per non favorire la dispersione in aria di fibre; quanto prima deve essere effettuata una accurata campagna di prelievo e di analisi e successivamente assicurata la rimozione dei materiali e la bonifica dell'ambiente ad opera di personale specializzato seguendo tutte le procedure tecniche e amministrative previste dalla normativa vigente, qualsiasi sia il paese in cui si deve operare.



I RADIONUCLIDI



La contaminazione radioattiva di un sito industriale e dell'ambiente circostante è il risultato di diversi processi sia naturali che artificiali; nei siti industriali non nucleari (cioè non riguardanti impianti di produzione di energia elettrica, laboratori di ricerca, presidi ospedalieri, attività di controlli non distruttivi, ecc.) la componente più importante della radioattività è generalmente di origine naturale - derivante dal decadimento delle serie 238U e 232Th - ma in alcuni casi la componente originata dall'uomo (radioattività "human enhanced") può essere significativa e deve essere tenuta in considerazione come un fattore di rischio non trascurabile durante le operazioni di decommissioning.



Frequentemente i materiali radioattivi si presentano sotto forma di intermedi del ciclo di produzione e/o rifiuti. I materiali considerati non radioattivi, ma in realtà contenenti radionuclidi naturali in concentrazioni superiori a quelli mediamente contenuti nella crosta terrestre vengono solitamente identificati con l'acronimo NORM (Naturally Occurring Radioactive Materials); essi sono presenti, più o meno inaspettatamente, in una ampia serie di processi produttivi dell'industria e pertanto li ritroviamo in numerosi siti dismessi.



La crescente attenzione per i NORM deriva principalmente proprio dal fatto che essi sono molto diffusi sotto forma di residui e rifiuti e rappresentano un potenziale pericolo a lungo termine in conseguenza del fatto che i radionuclidi posseggono una lunga vita media.

Ai NORM si aggiungano in alcuni casi i TENORM (o Technologically Enhanced Naturally Occurring Radioactive Materials)



E' quindi importante che tutte le aree dismesse vengano sottoposte ad una indagine strumentale, indipendentemente dal fatto che siano presenti chiare evidenze visive rappresentate da segnaletica, contenitori sigillati o da altri inequivocabili indizi.



I processi produttivi che potenzialmente possono comportare un rischio radiologico in fase di dismissione sono ben definiti dalle norme internazionali (in Italia sono dettagliatamente elencati nel D.Lgs. 231/1995) e in pratica possono essere ricondotti ai seguenti: le industrie che utilizzano minerali fosfatici (per produzione di fertilizzanti, mangimi per animali, detergenti, pesticidi e altri prodotti chimici) il cui ciclo a umido comporta la produzione di elevati quantitativi di fosfogessi;



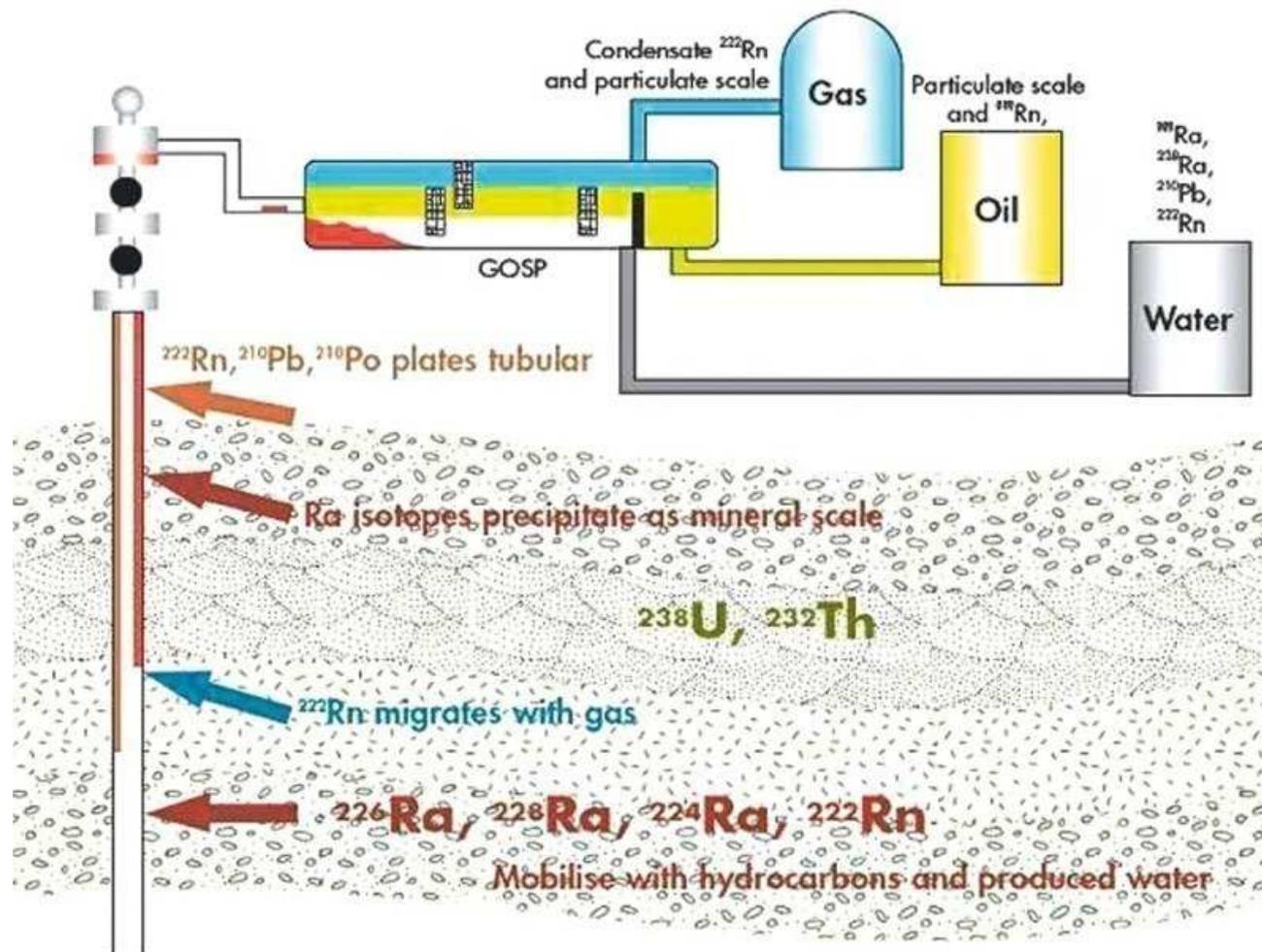
lavorazioni di numerosi minerali tra i quali quelli utilizzati nell'estrazione dell'alluminio (bauxite), dello stagno e del ferro-niobio (il livello di radioattività è in questi casi fortemente dipendente dalle caratteristiche della formazione geologica da cui vengono estratti i minerali); la lavorazione di sabbie zirconifere e la produzione di materiali refrattari; la lavorazione delle cosiddette terre rare; la lavorazione e l'impiego di composti del torio (destinati alla produzione principalmente di elettrodi per saldatura e reticelle per lampade a gas); la produzione del biossido di titanio (pigmento per l'industria dei coloranti);



le miniere e i processi di combustione del carbone (in particolare nei fanghi di scarto del processo estrattivo e nelle ceneri di risulta dei processi di combustione); l'estrazione, il trasporto, lo stoccaggio e la raffinazione di idrocarburi (la maggiore concentrazione di radionuclidi si ha nelle incrostazioni che si formano tipicamente nelle tubazioni degli impianti di estrazione sia onshore che offshore).



La contaminazione da NORM nell'oil&gas



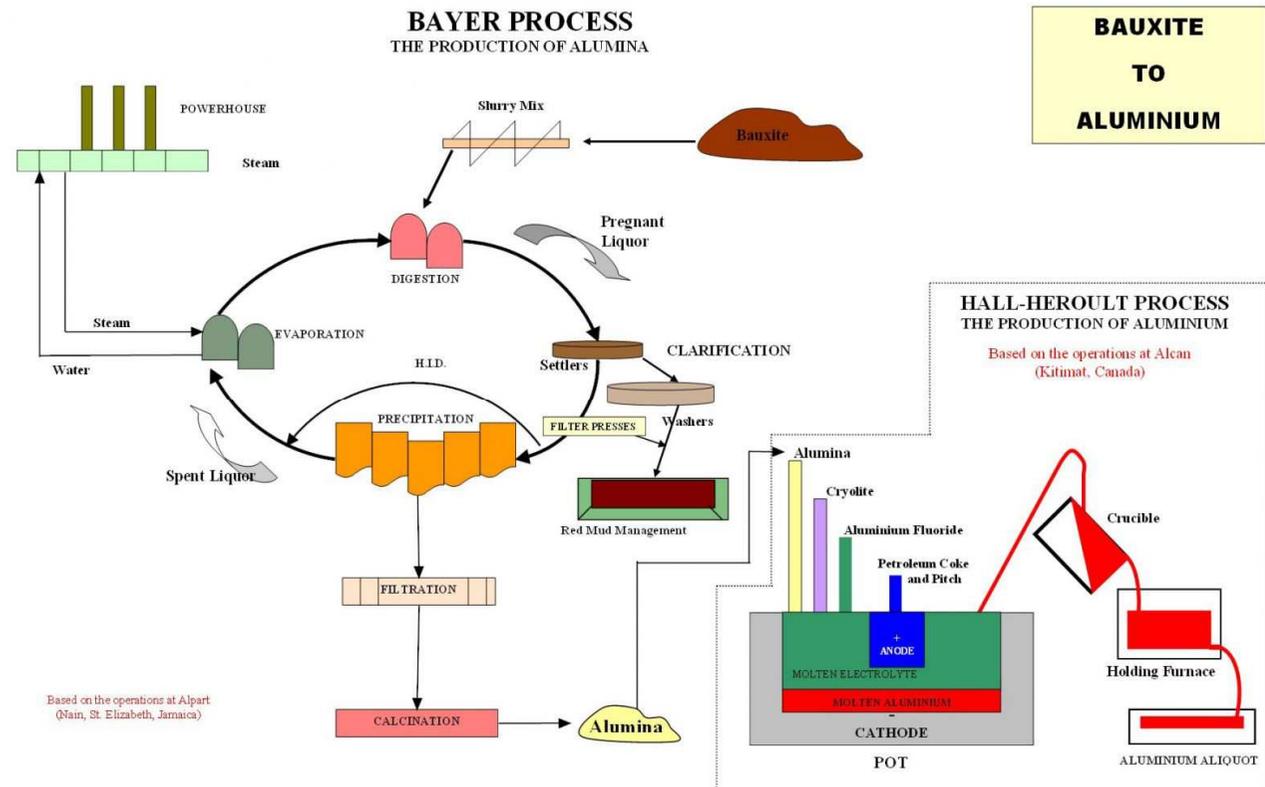
Non vanno dimenticate le industrie che operano con rottami ferrosi nei quali non dirado si trovano sorgenti cosiddette “orfane” cioè smarrite o dimenticate (non sempre in modo accidentale) durante precedenti fasi di demolizione.



A volte nei siti dismessi è anche possibile rintracciare materiali radioattivi provenienti dal settore sanitario e in questo caso è escluso che, a meno che non si tratti di un ospedale, di un laboratorio o di un centro di ricerca medico dismesso, possa trattarsi di materiali o sorgenti smarrite accidentalmente durante la precedente attività operativa; in questi casi si tratta senz'altro di materiale che è stato abbandonato per disfarsene.



Tra i tanti processi citati merita un accenno l'estrazione dell'alluminio; l'alluminio è il metallo più abbondante presente sulla terra dove si trova combinato all'ossigeno, a silicati, ecc. ma mai allo stato metallico; la sua produzione (destinata ad una moltitudine di impieghi), prevede un primo passaggio in cui dalla bauxite si ottiene allumina e da questa, per riduzione, il metallo purificato (processo Bayer).



Il più grande problema correlato all'industria dell'alluminio e di conseguenza anche alla dismissione dei suoi impianti è quello della eliminazione dei fanghi rossi che nascono come liquami alcalini durante il processo di purificazione della bauxite in allumina; si calcola che annualmente nel mondo venga prodotta una quantità nell'ordine dei 70 milioni di tonnellate di fanghi rossi.



Negli impianti di estrazione (di solito a cielo aperto) e di purificazione i cumuli dei fanghi non vengono smaltiti, ma depositati, tenuti bagnati per evitare la dispersione di polveri e poi ricoperti in loco. Oltre a costituire un grande problema ambientale costituiscono anche un problema di salute per l'uomo per la presenza di radionuclidi.



I METALLI TOSSICI



I metalli che presentano caratteristiche di tossicità nei confronti dell'uomo e dell'ambiente sono numerosi.

Tra i tanti meritano particolare diffusione per gli effetti e la diffusione i cosiddetti **metalli pesanti** definizione generica e non universalmente condivisa che racchiude una lunga serie di metalli e metalloidi

Per molto tempo sono stati genericamente definiti metalli pesanti tutti quei metalli caratterizzati da un numero atomico superiore a quello del ferro (che è 55) e genericamente caratterizzati da una più o meno elevata pericolosità nei confronti degli organismi viventi.



Tale definizione, in tempi recenti, è stata considerata poco rigorosa e oggi si tende a classificare come metalli pesanti gli elementi che rispondono ad una serie di caratteristiche più definite e cioè che:

- hanno una densità superiore ai 5,0 g/cm³
- si comportano come cationi
- formano idrati a bassa solubilità
- posseggono una spiccata attitudine a formare complessi
- hanno affinità nei confronti dei solfuri.



Nonostante lo sforzo di cercare di definire in maniera rigorosa le loro caratteristiche nella letteratura scientifica non si riscontra una unità di vedute su quali elementi devono essere considerati metalli pesanti; tra quelli più comunemente indicati vi sono i seguenti metalli e metalloidi: alluminio, antimonio, argento, arsenico, bario, berillio, bismuto, cadmio, cobalto, cromo, ferro, gallio, lantanio, manganese, mercurio, molibdeno, nichel, palladio, piombo, platino, rame, rodio, scandio, selenio, stagno, tallio, tantalio, tungsteno, vanadio e zinco.

A portion of the periodic table showing transition metals and post-transition metals. The elements displayed are:

Co Cobalt 58.933 2-8-15-2	Ni Nickel 58.693 2-8-16-2	Cu Copper 63.546 2-8-18-1	Zn Zinc 65.39 2-8-18-2	Ga Gallium 69.723 2-8-18-3
Rh Rhodium 102.91 2-8-18-16-1	Pd Palladium 106.42 2-8-18-18	Ag Silver 107.87 2-8-18-18-1	Cd Cadmium 112.41 2-8-18-18-2	In Indium 114.82 2-8-18-18-3
Ir Iridium 192.22 3-18-32-15-2	Pt Platinum 195.08 2-8-18-32-17-1	Au Gold 196.97 2-8-18-32-18	Hg Mercury 200.59 2-8-18-32-18	Tl Thallium 204.38 2-8-18-32-18



Nell' ambito di questa grande famiglia si annoverano elementi indispensabili per gli organismi viventi, la cui potenziale tossicità dipende dunque esclusivamente dalla dose assorbita: tra questi il cobalto (in forma organica), il cromo (trivalente), il ferro, il manganese, il molibdeno, il rame, il selenio e lo zinco, tutti elementi naturalmente presenti in moltissimi cibi e bevande e spesso assunti anche come integratori nelle diete alimentari.



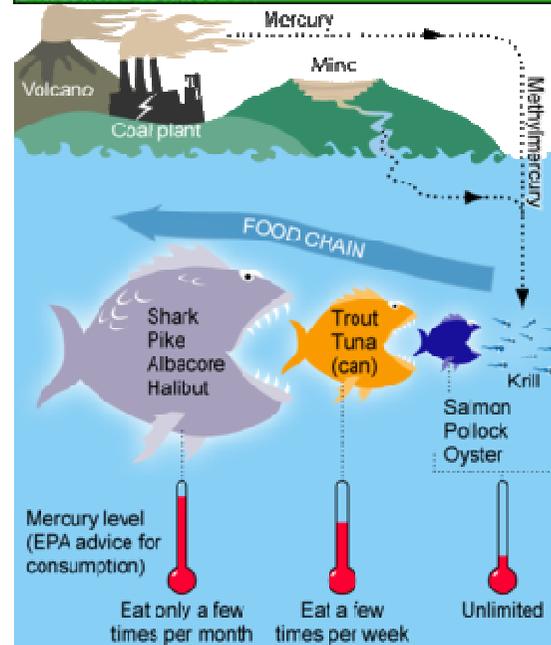
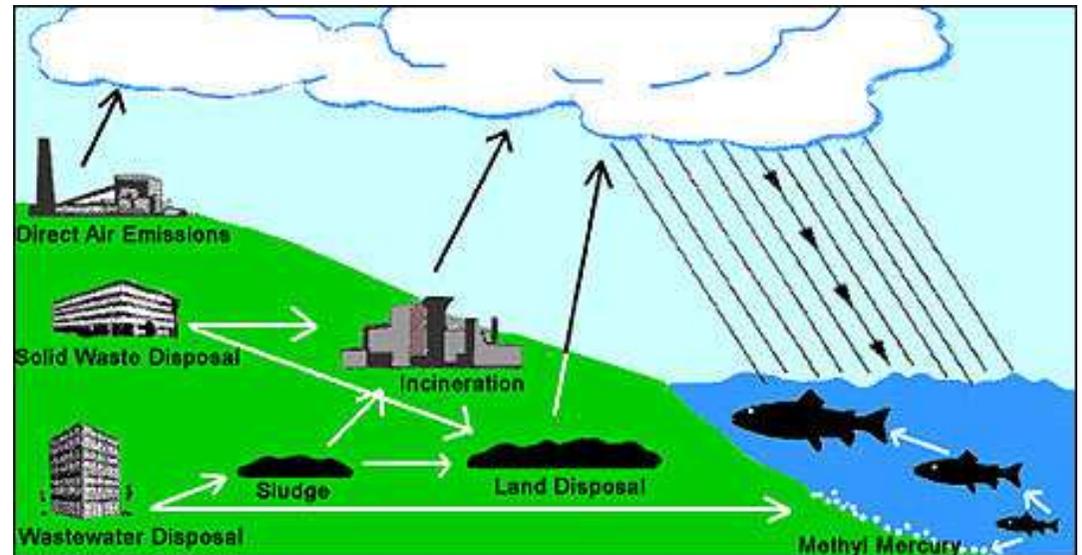
Vi sono però nella stessa famiglia anche elementi ritenuti tossici o fortemente tossici per l'uomo quali: l'alluminio, l'arsenico, il berillio, il cadmio, il cromo (esavalente), il mercurio, il nichel, il piombo e il silicio.



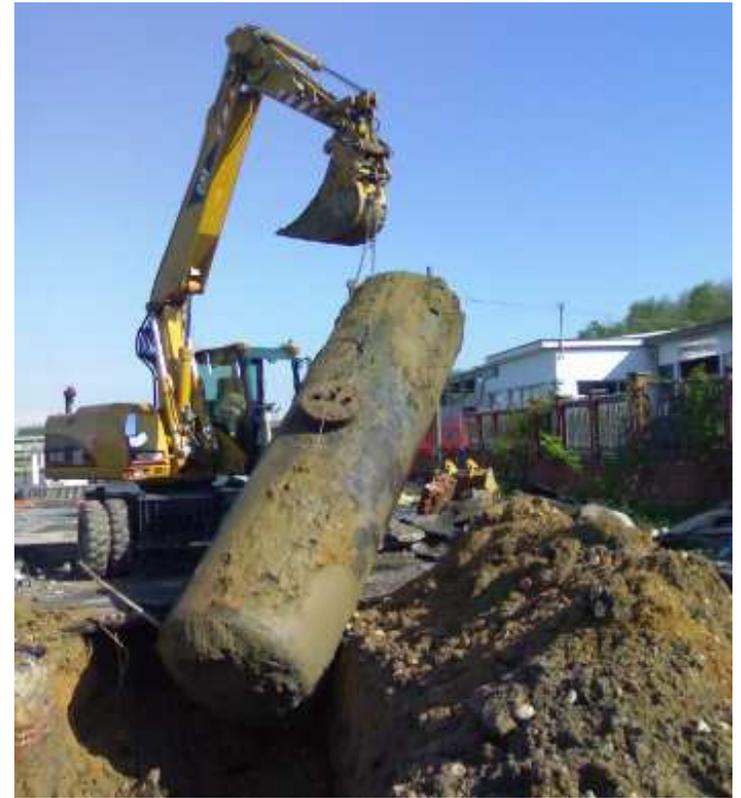
Dal punto di vista della ecotossicità la maggiore criticità è costituita dal fatto che i metalli pesanti, essendo costituenti naturali della crosta terrestre, **non sono degradabili né dall'attività biologica né da quella fotochimica** e quindi se rilasciati nell'ambiente possono permanervi inalterati per un tempo lunghissimo.



L'antropizzazione e l'industrializzazione hanno inciso fortemente sulla distribuzione di questi elementi, prelevandoli dall'ambiente naturale attraverso le attività minerarie e restituendoli all'ambiente sotto forma, principalmente, di emissioni in atmosfera e di rifiuti provenienti dai più disparati processi produttivi; ciò ha creato forti squilibri che ne hanno poi facilitato l'ingresso nella catena alimentare causando indirettamente danni all'uomo.



Il principale problema che può nascere durante le attività di decommissioning in relazione a questi elementi è quello della contaminazione indotta nel suolo e nei recettori idrici; questo effetto in alcuni casi potrebbe causare danni in una misura ancora superiore a quanto causato nel tempo dall'attività produttiva.



Pur essendo secondario in termini di probabilità di accadimento che in una qualche fase del decommissioning possa verificarsi una esposizione di tipo acuto per gli operatori, ossia che si verifichi un assorbimento di una quantità di sostanza tossica superiore a quella che l'organismo sarebbe in grado di smaltire naturalmente, con la conseguenza di un accumulo in alcuni organi (cervello, fegato e reni sono gli organi bersaglio principali di parecchie sostanze tossiche) e nelle ossa con insorgenza di gravi patologie, questa evenienza non va affatto trascurata.



L'osservazione di patologie correlate all'esposizione di alcuni di questi elementi risale alle origini della storia della medicina del lavoro e della tossicologia industriale; la tossicità del mercurio e del cromo erano già ben note alla fine dell'Ottocento sebbene per avere conferme provenienti da una indagine epidemiologica sistematica si sia dovuto attendere, in molti casi, alcuni decenni a causa della latenza di molte patologie e della frequente presenza di cause confondenti (prima tra tutte il fumo di tabacco).



Storicamente tra le prime evidenze provenienti dalla raccolta di dati su vasta scala va senz'altro citato il caso della tossicità del mercurio negli anni Cinquanta del Novecento quando si ebbe la prova definitiva della correlazione tra una grave patologia neurologica, frequentemente seguita da decesso, e la alterazione della catena alimentare nella Baia di Minamata in Giappone.



L'alterazione fu causata dallo scarico, iniziato nel 1932, di ingenti quantità di metilmercurio (un catalizzatore utilizzato per la produzione dell'acetaldeide, una sostanza già di per sé cancerogena) da parte degli impianti della Chisso Corp.

La patologia, poi divenuta famosa con il nome di «malattia di Minamata», ha fatto registrare fino ad oggi quasi duemila casi di mortalità in soggetti appartenenti al gruppo degli esposti.

Minamata Bay was heavily polluted in the 1950s and 1960s by wastewater



The Chisso Corporation's factory in Minamata, particularly by methylmercury.

The highly toxic compound bio accumulated in fish and shellfish in the bay which, when eaten by the people living around the bay, gave rise to Minamata disease. More than 10,000 people were affected.

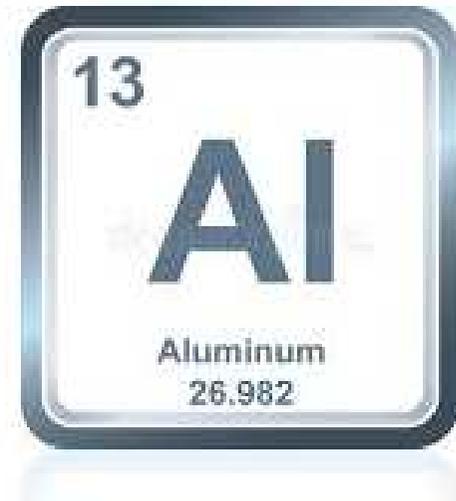


Alluminio (Al) e suoi composti

L'alluminio, dopo l'ossigeno e il silicio, è l'elemento più diffuso in natura; si tratta di un metallo molto leggero (il peso specifico è circa 1/3 di quello del ferro) e resistente.

Viene ricavato da un minerale chiamato bauxite con un processo industriale messo a punto poco più di 200 anni fa.

Precedentemente, a causa della difficoltà di ottenimento, era considerato un metallo più prezioso dell'oro.



Trova oggi larghissimo impiego nell'industria meccanica, nell'edilizia, nell'industria elettrotecnica e per la realizzazione di manufatti di ogni genere.

L'alluminio possiede una tossicità elevata, ma le conseguenze negative sull'organismo umano sono generalmente associate a contaminazione nel lungo periodo.



L'ingestione di quantità rilevanti (potenzialmente veicolabile attraverso cibi contaminati o attraverso il deposito dei fumi sulle labbra) comporta un assorbimento anche a carico dell'apparato gastro-enterico, con conseguente insorgenza di disturbi allo stomaco e all'intestino, probabilmente dipendenti dalla formazione - nello stomaco - di cloruri di alluminio.



Intossicazioni acute possono avvenire ad esempio a seguito di inalazione di fumi durante operazioni di ossitaglio di manufatti realizzate con leghe ad elevato tenore di alluminio. Le patologie a carico dell'apparato respiratorio (ad esempio la fibrosi polmonare) derivanti da inalazione dei fumi non sono, a tutt'oggi, completamente chiare; è anche da segnalare l'osservazione di vari disturbi a carico del sistema nervoso centrale.

L'assorbimento cronico dell'alluminio è stato correlato da alcuni ricercatori anche alla insorgenza della malattia di Alzheimer.

(TLV-TWA 1 mg/m³).



In ambito di decommissioning il principale pericolo, pur trattandosi di un elemento altamente tossico per l'uomo, è sostanzialmente rappresentato dalla presenza di polveri, potenzialmente infiammabili ed esplosive.



Arsenico (As) e suoi composti.

L'arsenico è un metalloide (semimetallo secondo la denominazione IUPAC).

L'arsenico inorganico (l'esposizione riguarda infatti soprattutto l'anidride arseniosa) viene assorbito dal corpo umano prevalentemente per inalazione di polveri e vapori; è possibile anche l'assorbimento per via cutanea in caso di presenza di lacerazioni.

L'intossicazione acuta risulta piuttosto rara, mentre è più probabile l'intossicazione cronica



La tossicità
dell'arsenico e di
molti suoi composti
è ben nota da
tempo ed è stato
variamente
impiegato per secoli
come veleno.



THE ARSENIC WALTZ.

THE NEW DANCE OF DEATH. (DEDICATED TO THE GREEN WREATH AND DRESS-MONGERS.)



La principale via di contaminazione di tipo cronico è causata per la popolazione esposta al consumo di acqua da pozzi artesiani; casi gravi di contaminazione a livelli ben superiori a quelli ritenuti accettabili sono noti nel Sud Est Asiatico, ma anche in USA e Canada.



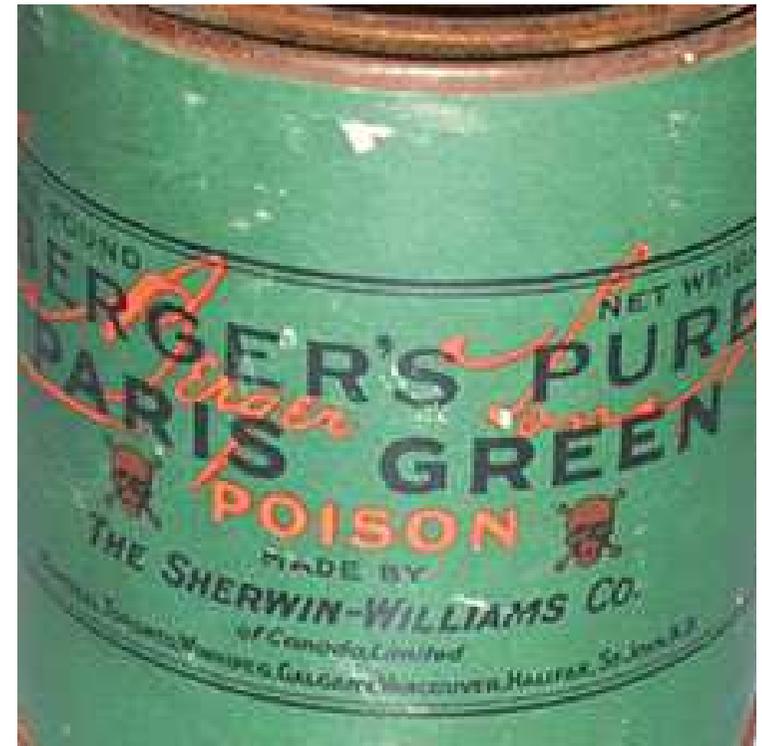
La elevata tossicità dell'arsenico nei confronti di insetti, batteri e funghi era ampiamente nota già nella prima metà del Novecento e per decenni l'utilizzo dell'arseniato di rame cromato (anche noto come CCA), commercializzato a partire dalla metà degli anni Trenta con diversi nomi commerciali – tra i quali uno dei più diffusi era Tanalith – ne ha rappresentato l'impiego industriale più frequente venendo estensivamente utilizzato come impregnante del legno.



L'impiego del CCA è andato via via diminuendo fino ad essere messo al bando all'inizio del XXI secolo in molti paesi (nel tempo un trattamento sostitutivo fu quello che prevedeva l'impiego del creosoto sulla cui tossicità e cancerogenità vi sono però oggi forti sospetti)

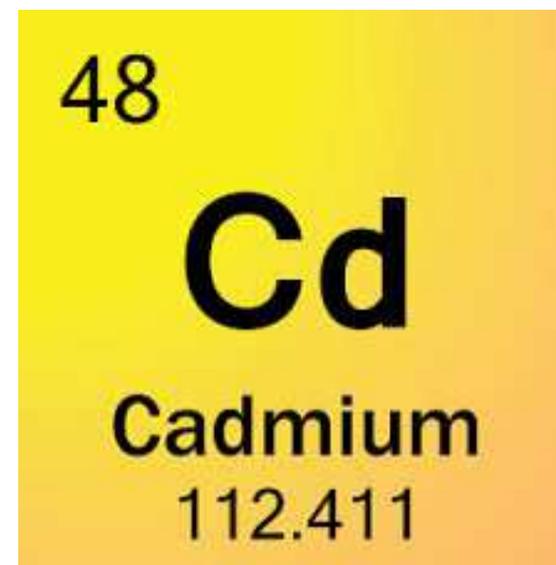


Composti dell'arsenico sono stati utilizzati per decenni sin dall'Ottocento come pigmento per vernici relativamente a varie tonalità del verde; in questo caso l'ossitaglio di lamiere trattate con vernici di colore verde risalenti a prima del 1960 potrebbe rilasciare fumi e vapori altamente tossici.



Cadmio (Cd) e suoi composti

si tratta di un metallo bianco-argenteo che viene estratto dai minerali di zinco; questo metallo altamente tossico è utilizzato come legante in alcuni tipi di acciai cui conferisce un miglioramento delle caratteristiche di resistenza a fatica, antifrizione e un miglioramento della protezione catodica (il Cd si trova, infatti, molto in basso nella serie elettrochimica);



Viene impiegato in alcuni tipi di placcatura superficiale, è stato anche utilizzato estensivamente nell'industria delle vernici come pigmento giallo e rosso e come additivo per conferire resistenza al calore e nell'industria elettrica ed elettronica per la produzione degli accumulatori Ni-Cd.



L'assorbimento avviene principalmente per via respiratoria e gastro-intestinale per ingestione di polveri e vapori; l'esposizione acuta si manifesta con un quadro clinico simile a quello della "febbre del saldatore" (cefalea, febbre, nausea, vomito, sensazione di costrizione toracica) e può manifestarsi, nell'arco di poche ore da esposizioni nell'ordine di 1 mg/m³ (1000 ppm) nel caso dei vapori (ad esempio durante il taglio a fiamma di lamiere inquinate o in operazioni simili) e di 3 volte superiore nel caso delle polveri; la patologia può evolvere negativamente in una polmonite interstiziale con decorso potenzialmente mortale.

Cadmium toxicity

Research has shown that cadmium affects the developing brain in children. Here are some other parts of the body it can effect.

RELATED HEALTH ISSUES

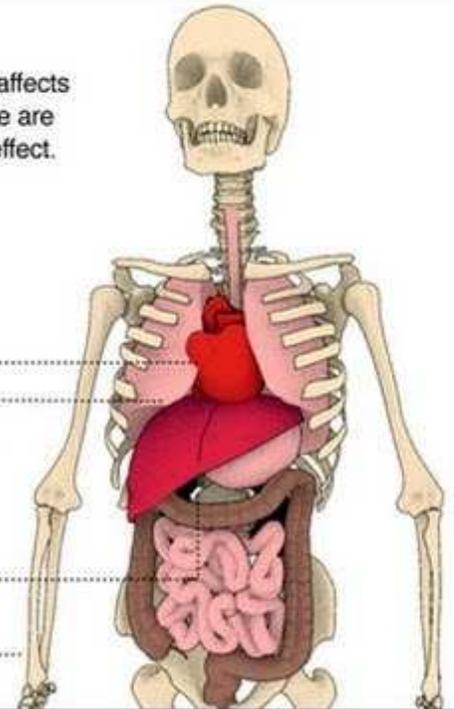
A recent study has linked it to breast cancer.

Cardiovascular disease

Obstructive pulmonary disease

The kidneys lose function, which can also cause gout, a form of arthritis.

Bones lose density and fracture.



Respirare fumi o polveri di cadmio ad esempio nel corso di operazioni di ossitaglio o taglio a freddo può risultare dunque potenzialmente letale a seguito di esposizioni acute seppure di breve durata.



Cromo (Cr) e suoi composti

Questo elemento non esiste allo stato naturale, ma è presente all'interno di diversi minerali tra i quali la cromite (FeCr_2O_4) è il più diffuso.

È normalmente presente in percentuali molto elevate negli acciai inossidabili (per la caratteristica di elevare la resistenza al calore e agli agenti chimici) e in percentuali più ridotte in una larga famiglia di acciai; viene anche impiegato per i trattamenti di indurimento superficiale (cromatura) ed è stato impiegato a lungo nella produzione di vernici e nell'industria conciaria.



Come elemento stabile (cromo trivalente) non è pericoloso per la salute dell'uomo e anzi costituisce un oligoelemento essenziale; può però diventare pericoloso nel caso di particolari stati di ossidazione (cromo esavalente): la pericolosità di alcuni cromati e dell'acido cromico nei confronti di alcuni organi bersaglio (in particolare polmoni, fegato e reni) è dovuta all'elevato potere ossidante che provoca la precipitazione delle proteine.



Il cromo esavalente è classificato dalla IARC come cancerogeno per l'uomo (categoria "1") mentre per quello trivalente non è stata accertata alcuna cancerogenità (categoria "3"). (Cromo esavalente: TLV-TWA 0,01÷0,5 mg/m³).
L'azione cancerogena si esplica principalmente nei confronti dei polmoni; sembra possibile anche un assorbimento cutaneo mentre è certa l'azione allergizzante.

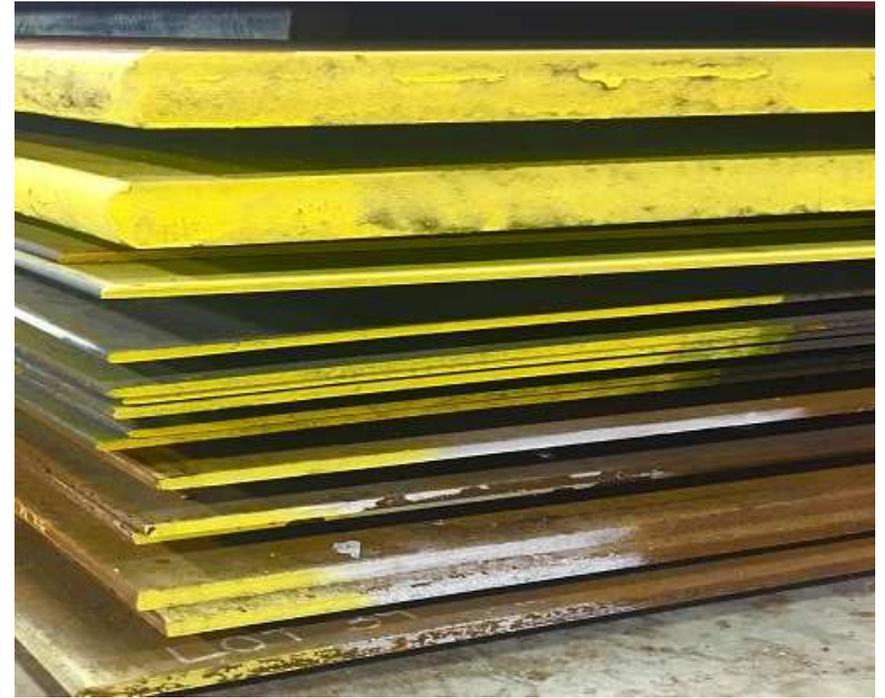


L'esposizione acuta, per inalazione dei composti del cromo può facilmente causare irritazione delle vie aeree con difficoltà respiratorie (evidenziate dal caratteristico sibilo all'atto dell'inspirazione, da possibile affanno e da dolore all'atto di inspirazioni profonde), mal di testa, febbre, irritazione alle mucose nasali, della gola ed alle corde vocali, irritazione agli occhi, patologie epatiche e renali e decolorazione della pelle.



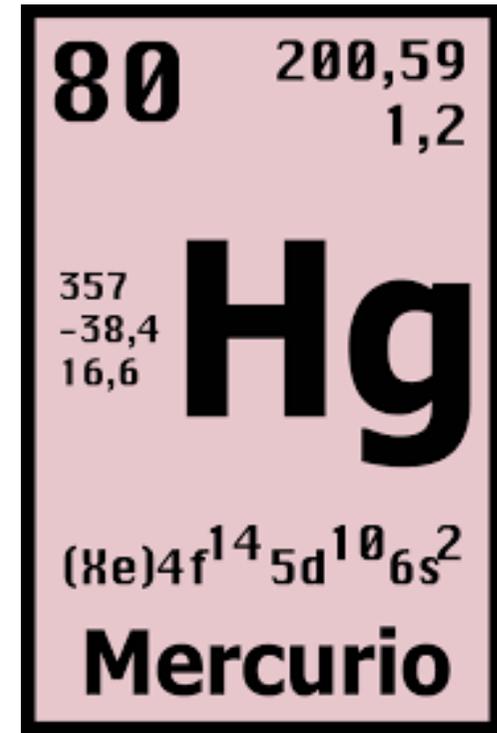
L'avvelenamento acuto avviene prevalentemente a carico dell'apparato digerente con sintomi che comprendono bruciore, nausea e vomito; la morte può sopravvenire per collasso cardiocircolatorio.

Come nel caso del cadmio, una esposizione acuta potrebbe verificarsi nel caso di ossitaglio di strutture metalliche ad elevato contenuto di cromo (in particolare superficiale sotto forma di cromatura o di pittura con pigmentazione gialla o possibilmente anche verde e rossa).



Mercurio (Hg) e suoi composti

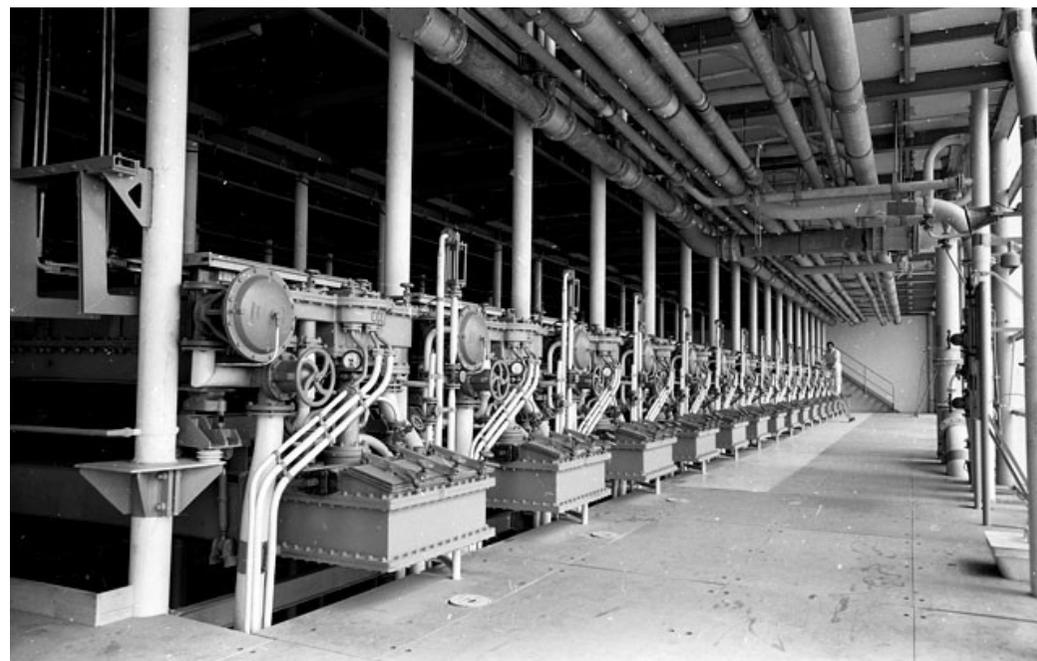
il mercurio è un elemento che a temperatura ambiente si presenta allo stato liquido; come prodotto dell'industria mineraria lo si trova come solfuro di mercurio (HgS) in un minerale noto come cinabro; il mercurio viene ricavato per arrostitimento del minerale (con precedente flottazione nel caso in cui il minerale sia naturalmente povero) e successiva condensazione dei vapori e successiva raffinazione per separazione delle impurità e distillazione.



Le fonti di rischio per quanto riguarda l'esposizione sono molteplici anche se alcune rivestono esclusivamente un interesse storico come nel caso della «sindrome del cappellaio» (interesse che potrebbe, in alcuni casi, però riattualizzarsi per decommissioning di siti particolarmente datati).



Tra le industrie che hanno fatto – e in alcuni casi ancora fanno – impiego di mercurio vi sono: l'industria estrattiva, gli impianti chimici cloro-soda (nelle celle elettrolitiche a catodo di mercurio), l'industria chimica come catalizzatori in innumerevoli processi di sintesi, la produzione di apparecchiature elettriche ed elettromeccaniche, la produzione di esplosivi, la produzione di coloranti e vernici, la produzione di antiparassitari, l'industria cartaria, l'industria tessile, conciaria e farmaceutica.

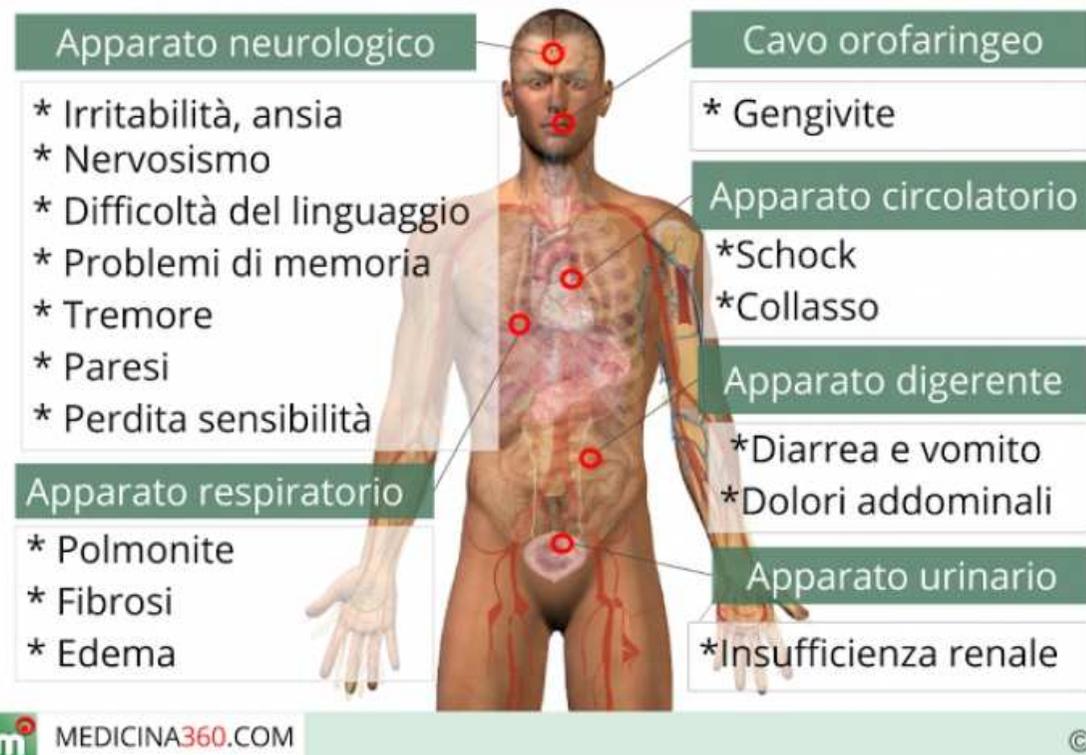


Un utilizzo tipico ed estensivo oltreché nei prodotti per la conservazione delle strutture lignee si è avuto nelle pitture antivegetative utilizzate nel settore navale, portuale e offshore. Sono dunque numerose le tipologie di sito in cui potrebbero essere presenti residui e materiali contaminati con mercurio.



Il mercurio è un elemento altamente tossico la cui via di assorbimento primaria è quella inalatoria (principalmente attraverso la respirazione di vapori prodotti dal surriscaldamento o taglio di superfici contaminate in ambienti non ventilati) attraverso la quale l'80% dell'assorbimento avviene attraverso gli alveoli polmonari; è però possibile anche un assorbimento cutaneo.

Principali sintomi dell' **intossicazione da mercurio**:

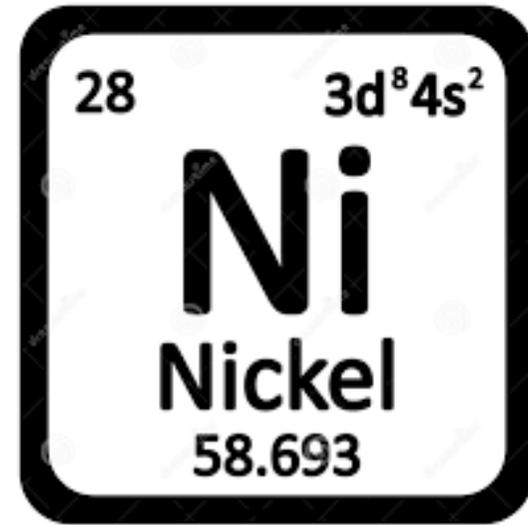


Le intossicazioni acute da mercurio sono piuttosto rare fatta eccezione per eventi che potrebbero verificarsi nei siti di estrazione e raffinazione o per eventi accidentali quali lo scoppio di lampade a vapori di mercurio o di tubazioni o serbatoi. Esiti mortali si hanno principalmente nel caso di ingestione accidentale (1 grammo di sali è sufficiente) a seguito di danni irreversibili all'apparato gastroenterico o renale.

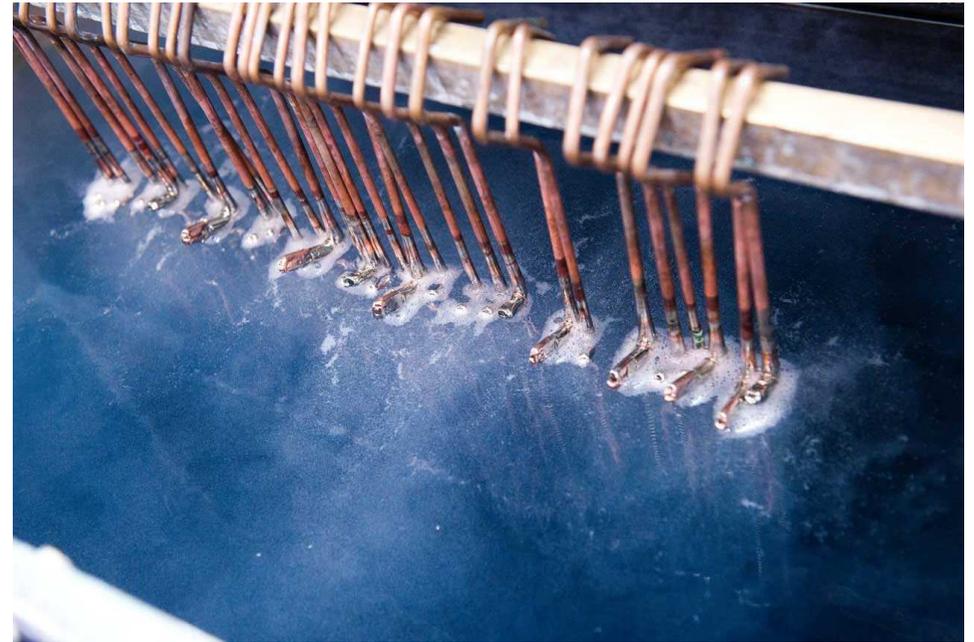


Nichel (Ni) e suoi composti

Il nichel è un metallo di colore bianco presente in varie percentuali nella composizione di diversi tipi di acciaio (in particolare in quelli inox), dove garantisce un miglioramento nelle caratteristiche meccaniche alle basse temperature e nella resistenza alla corrosione. E' estensivamente impiegato nella galvanotecnica, nella costruzione di impianti di processo e in diversi componenti elettrostrumentali.



L'assorbimento può avvenire per via inalatoria, per ingestione ed anche per via cutanea. Le polveri e i fumi di nickel possono produrre la cosiddetta "irritazione da nickel", un tipico stato irritativo delle congiuntive degli occhi e delle mucose delle alte vie respiratorie, con manifestazioni acute e croniche anche a livello cutaneo (eczemi e lesioni superficiali precedute ed accompagnate dal cosiddetto "prurito da nickel").



Oltre alle manifestazioni cutanee si possono anche verificare, sebbene più raramente, nausea, vomito e vertigini; il nickel e i suoi composti sono oggi ritenuti responsabili anche di patologie polmonari più o meno gravi e reversibili, nonché di una concausa nell'aumento dei tumori ai polmoni e alle cavità nasali. Alcuni composti del nickel, quale il nickel carbonile, sono classificati in categoria "1" dalla IARC mentre diversi altri composti sono considerati sospetti cancerogeni (categoria "2B") motivo per il quale è da ritenersi assolutamente necessaria una protezione attiva e passiva dell'operatore anche per brevi esposizioni. (TLV-TWA $0,05 \div 1,5$ mg/m³).



Piombo (Pb) e suoi composti

Il piombo è un metallo pesante di colore grigio-bluastro raramente presente in natura allo stato elementare mentre più frequentemente si ritrova in diversi minerali (tra i quali la galena) da cui viene poi estratto come solfuro.



© Can Stock Photo



Gli utilizzi del piombo nell'industria sono innumerevoli anche se molte applicazioni oggi sono in disuso a causa della riconosciuta tossicità di questo elemento.

E' stato estensivamente utilizzato nella produzione di vernici anticorrosive, come pigmento per pitture (il "giallo" ottenuto con il cromato di piombo), di accumulatori, di manufatti vario genere incluse lastre e preformati per insonorizzazione, nella lavorazione del cristallo.



Inoltre è stato impiegato come additivo nella industria della plastica e nell'industria di raffinazione del petrolio (piombo tetraetile e tetrametile utilizzati come antidetonanti nelle benzine), nelle leghe per saldatura, nelle munizioni, nella produzione degli acciai, nella smaltatura e nell'industria ceramica, come rivestimento nei forni e nelle attività radio/gamma grafiche.



Le principali vie di assorbimento sono per inalazione di vapori (che passano quasi completamente nel sangue attraverso la membrana alveolo-capillare) e ingestione di polveri (che dopo essersi depositate nel tratto respiratorio superiore possono venire deglutite) mentre è trascurabile l'assorbimento cutaneo del piombo inorganico al contrario di quanto avviene invece per il Pb organico (tetraetile e tetrametile).

Principali sintomi dell' **intossicazione da piombo**:

Apparato neurologico

- * Irritabilità, ansia
- * Nervosismo
- * Edema cerebrale
- * Ipertensione cerebrale
- * Mal di testa
- * Convulsioni
- * Encefalopatia

Apparato urinario

- * Sangue nelle urine
- * Proteine nelle urine
- * Scarsa diuresi
- * Gotta

Apparato circolatorio

- Vasculopatia *
- Ipertensione *

Apparato gastrointestinale

- Colica addominale *
- Nausea e vomito *
- Dolori addominali *
- Diarrea, ittero *
- Epatopatia *

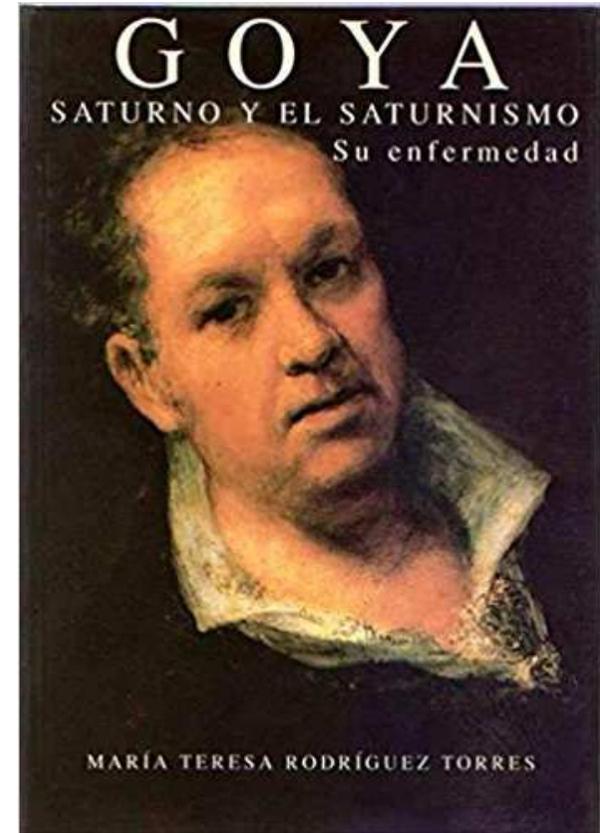
Sintomi Sistemici

- Anemia, perdita di peso *
- Mancanza di appetito *

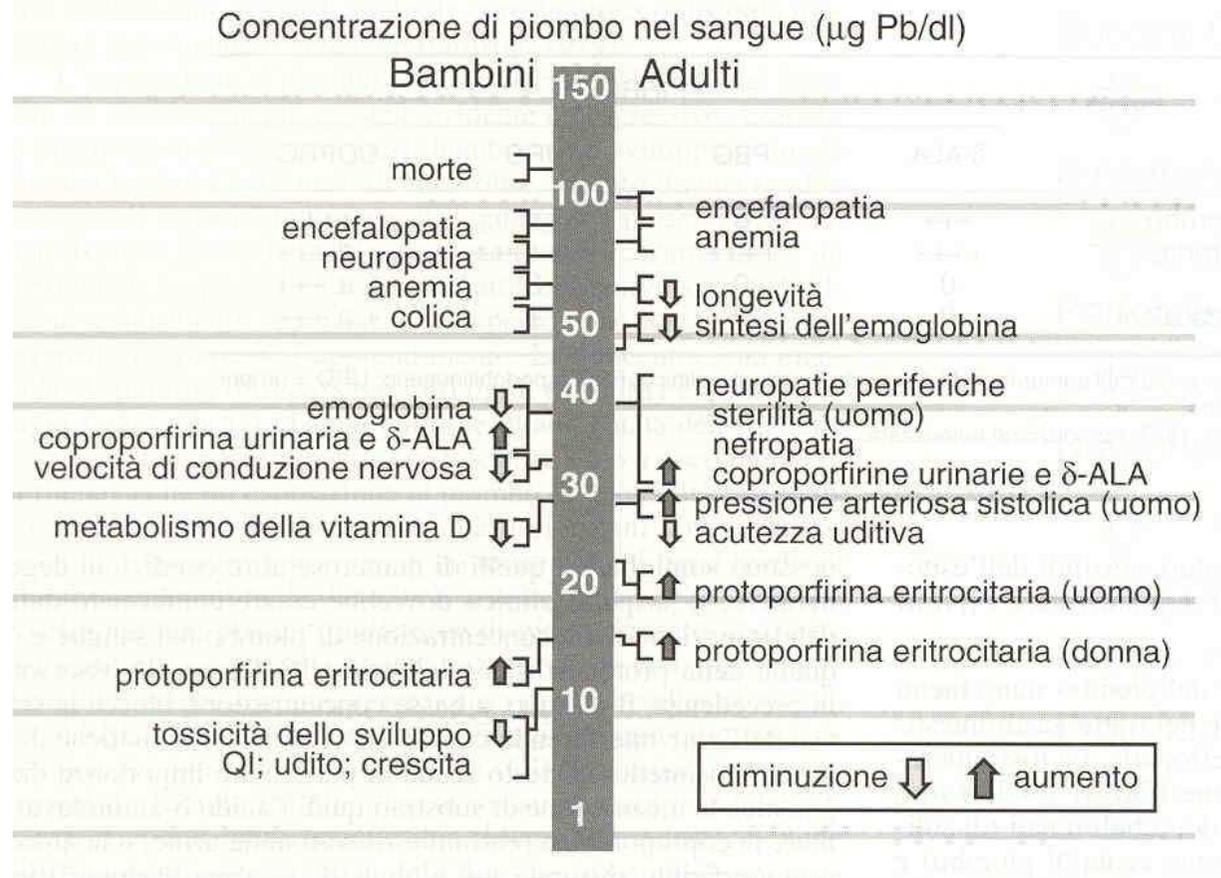


Casi di intossicazione acuta possono facilmente verificarsi durante attività di sverniciatura a fiamma, ossitaglio e in generale nella demolizione di manufatti a seguito dello sviluppo di vapori.

L'inalazione di polveri, fumi e vapori di piombo può causare un vero e proprio avvelenamento noto come "saturnismo", i cui sintomi caratteristici sono identificabili in nausea, vomito, debolezza muscolare, perdita di appetito e di peso, insonnia, irritabilità, coliche addominali, ipertensione; collateralmente possono manifestarsi anche anemia, patologie al fegato, disfunzioni all'apparato riproduttivo, paralisi del sistema nervoso periferico e potenzialmente anche il decesso del soggetto colpito.



La tossicità del piombo interessa principalmente il sangue, i reni e il sistema nervoso. Le patologie originate dalla sovraesposizione (esposizione acuta) al piombo includono la decolorazione della pelle, disfunzioni cardiache e sbalzi di pressione.



...riflettiamoci ancora un attimo...

