

Fibre

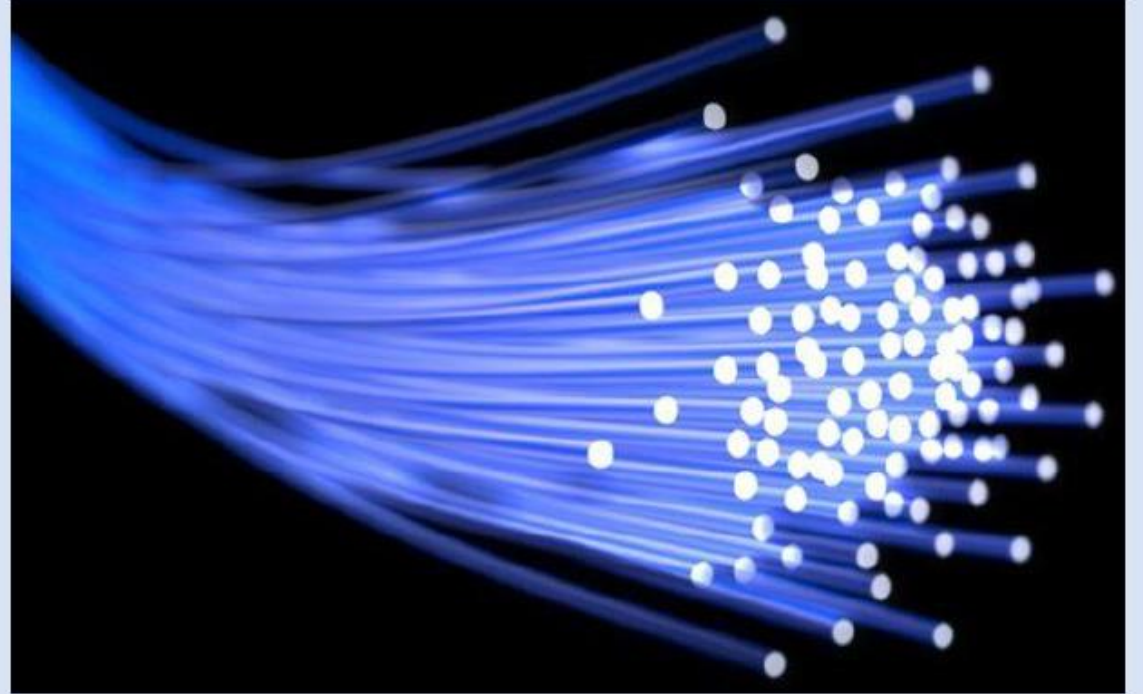
IMPORTANTE

„E' vietata la copia e la riproduzione dei contenuti e immagini in qualsiasi forma. E' inoltre vietata la redistribuzione e la pubblicazione dei contenuti e immagini non autorizzata espressamente dall'autore o dall'Università di Modena e Reggio Emilia.“



UNIMORE
UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI
MODENA E REGGIO EMILIA

Minerali vs Fibre



Il mondo delle fibre

Natural fibers

Inorganic

Minerals (asbestos, sepiolite, attapulgite, erionite, wollastonite)

Organic

- Vegetables (cotton, wool, flax, jute, hemp, sisal)
- Wooden
- Animal (silky, tendinous)

Man made fibers

Inorganic

MMVF (AES ...)

- Glass wool
- Rock wool
- Slag wool
- Ceramic fibers (refractory ceramic fibres, RCF)
- Glass microfibers
- Others

MMMMF

Polycrystalline fibers
[polycrystalline wools
(PCW), SiC, SiN whiskers]

Organic

- Carbon (CNT, CONT ...)
- Cellulose
- Polyalkalene
- Polyester
- Polyvinyl
- Others

FIBRE TESSILI NATURALI

Le fibre tessili naturali sono materiali presenti in natura sotto forma di filamenti, più o meno lunghi, adatti ad essere trasformati in filati mediante lavorazioni meccaniche. A seconda che provengano dal mondo vegetale, animale o minerale, le fibre naturali vengono denominate: fibre vegetali, fibre animali e fibre minerali, che non trattiamo perché interessano solo marginalmente l'industria tessile.

FIBRE VEGETALI

Le fibre vegetali si ottengono dal seme, dalla corteccia o dal frutto di piante e arbusti. Tra le fibre di origine vegetale quelle maggiormente utilizzate sono il cotone, il lino e la canapa.



COTONE

Originario del subcontinente indiano e delle regioni tropicali e subtropicali dell'Africa e delle Americhe, la pianta del cotone fu importata in Europa dagli arabi. Dopo il lino e la lana è la fibra tessile vegetale più antica, la più diffusa al mondo e la più utilizzata in tutti i settori dell'industria tessile. Si ricava dalla bambagia che avvolge i semi di una pianta arbustiva appartenente alla famiglia delle Malvoacee. La lunghezza della fibra ne determina la qualità: più è lunga, più il cotone è lucente e pregiato. La fibra di cotone è resistente, brillante, morbida al tatto, non infeltrisce e assorbe bene l'umidità.



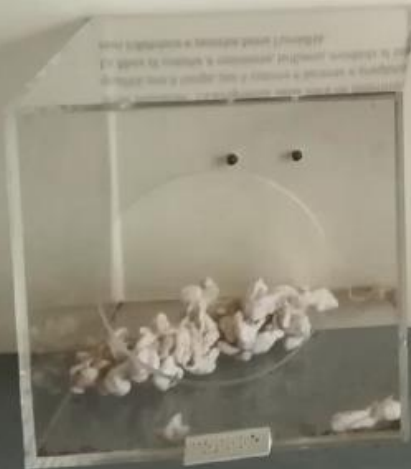
LINO

Il lino si ricava dallo stelo del *Linum usitatissimum*, una pianta erbacea annuale coltivata proprio per ottenere la fibra tessile. Per raccoglierclo è necessario sradicare gli steli dal terreno, così da mantenere intatta la lunghezza della fibra che può essere prelevata solo dopo aver sottoposto la pianta a un processo di macerazione, finalizzato alla decomposizione delle parti gommose che legano le fibre. Il lino viene poi essiccato, sottoposto alla fase della stigliatura, che libera le fibre dai residui legnosi della pianta e, infine, pettinato. La fibra di lino è molto resistente, lucente, altamente assorbente, fresca e morbida.

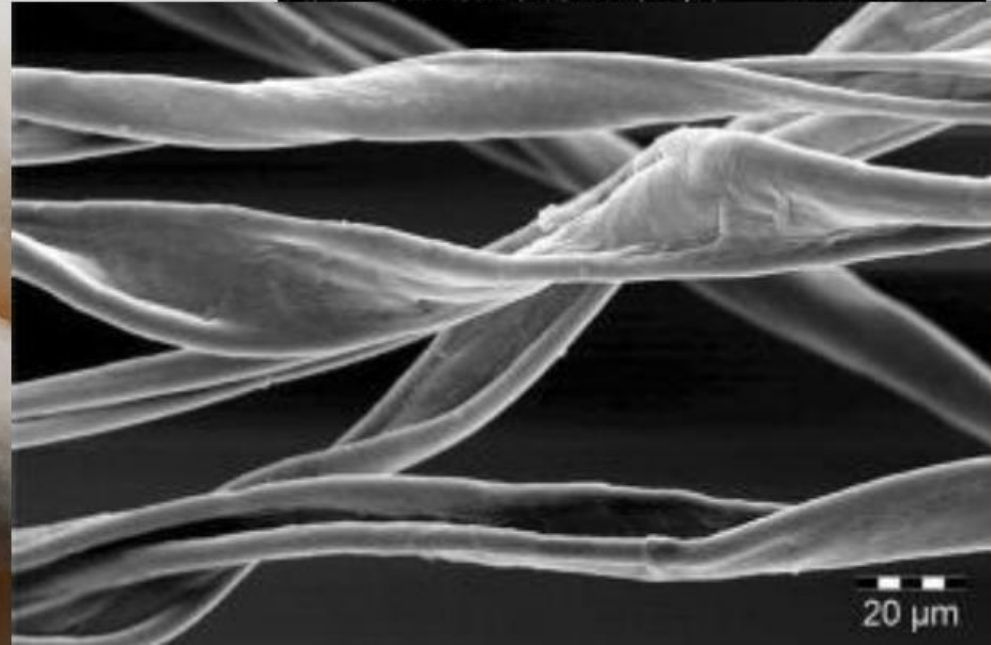
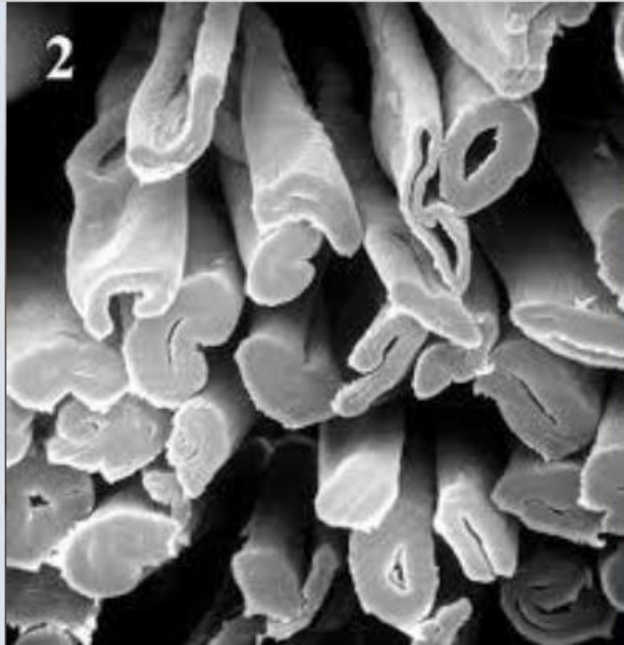
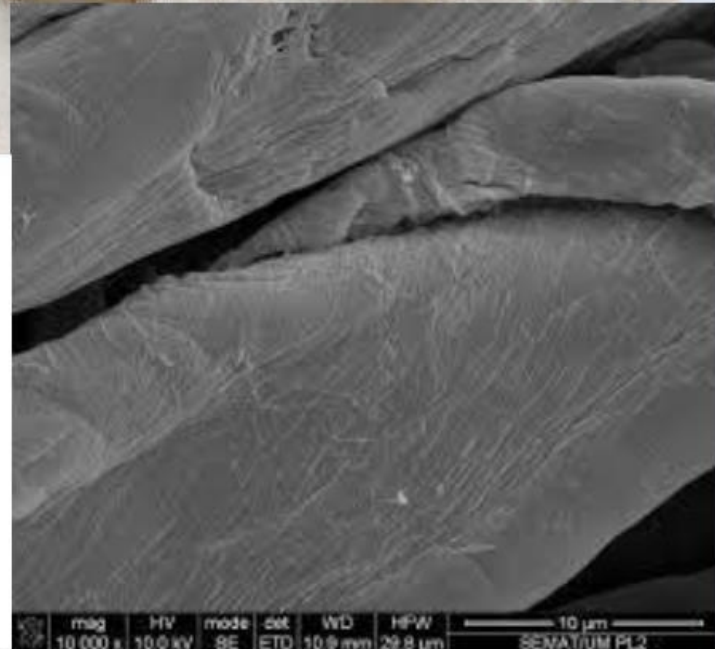
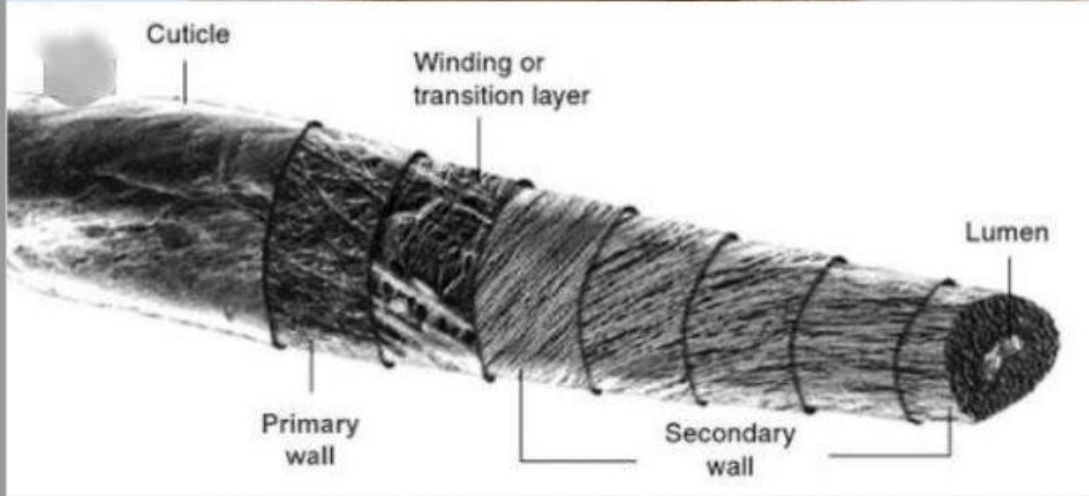


CANAPA

La canapa si ricava dal fusto della *Cannabis sativa*, una pianta erbacea annuale e cespugliosa che può raggiungere i cinque metri. Le sue fibre subiscono gli stessi processi di lavorazione del lino prima della filatura e della tessitura vengono macerate, essiccate, stigliate e pettinate. Le fibre di canapa si rompono molto facilmente, per questo, sono particolarmente adatte alla confezione di tessuti molto ruvidi, grossolani e resistenti ma poco pregiati. In passato si adoperava per la biancheria, ora viene utilizzata prevalentemente per l'arredamento e per accessori di attività sportive come caccia, pesca e vela.



Cotone: *Gossypium*; cellulosa



Il mondo delle fibre

Natural fibers

Inorganic

Minerals (asbestos, sepiolite, attapulgite, erionite, wollastonite)

Organic

- Vegetables (cotton, wool, flax, jute, hemp, sisal)
- Wooden
- Animal (silky, tendinous)

Man made fibers

Inorganic

MMVF (AES ...)

- Glass wool
- Rock wool
- Slag wool
- Ceramic fibers (refractory ceramic fibres, RCF)
- Glass microfibers
- Others

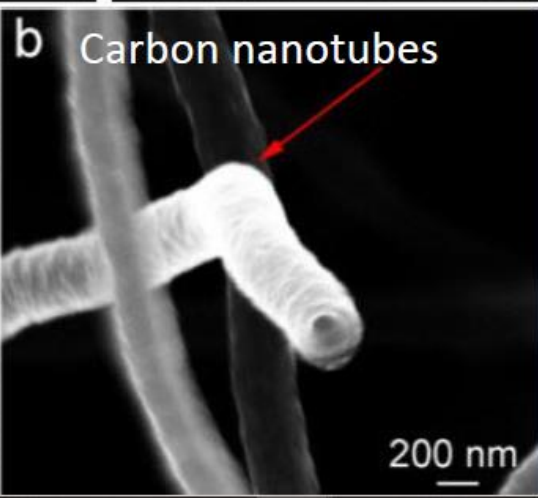
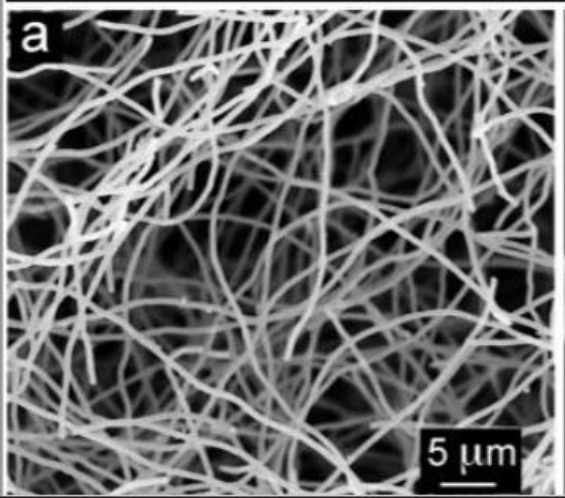
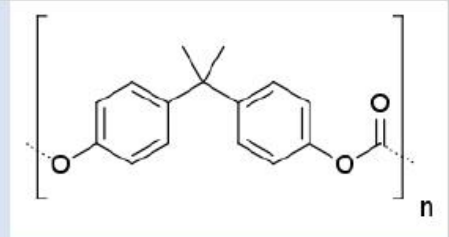
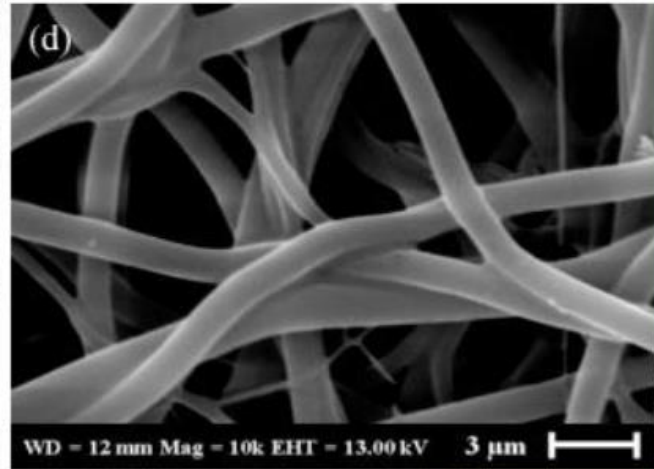
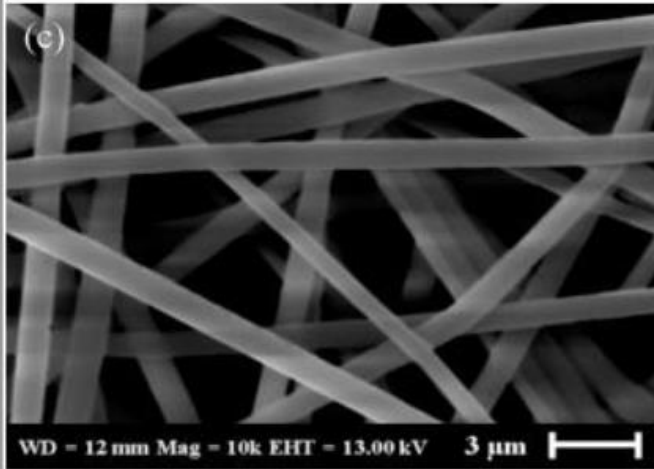
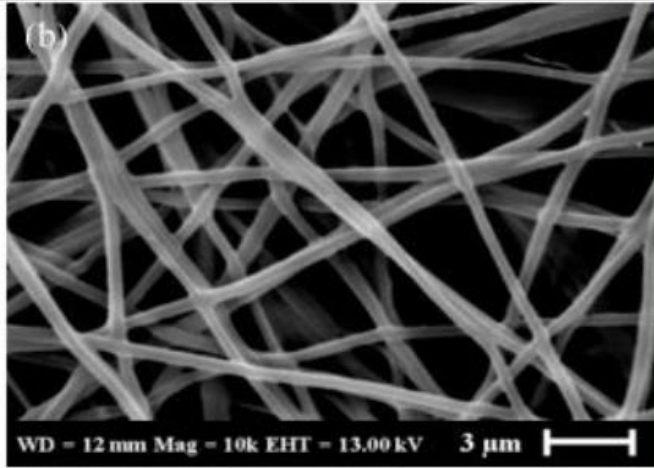
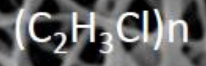
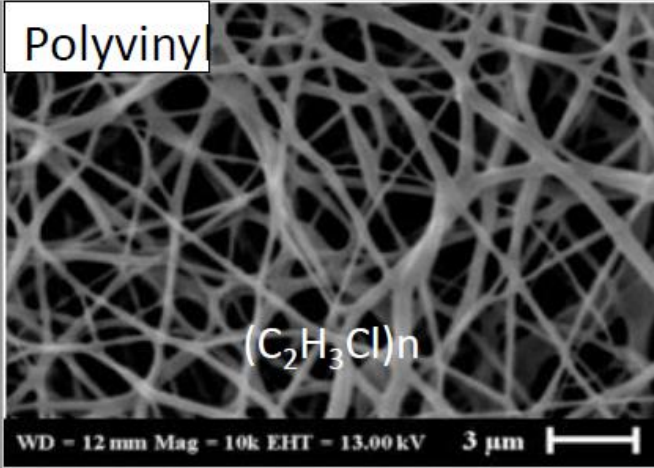
MMMMF

Polycrystalline fibers
[polycrystalline wools (PCW), SiC, SiN whiskers]

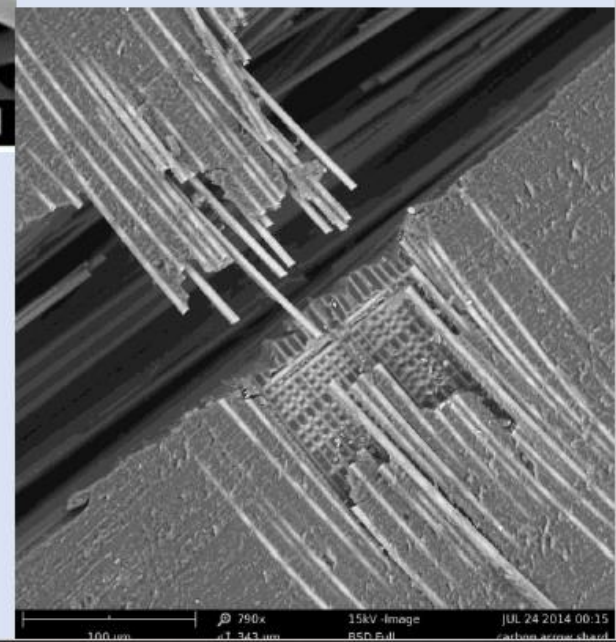
Organic

- Carbon (CNT, CONT ...)
- Cellulose
- Polyalkalene
- Polyester
- Polyvinyl
- Others

Polyvinyl



Carbon nanotubes



Il mondo delle fibre

Natural fibers

Inorganic

Minerals (asbestos, sepiolite, attapulgite, erionite, wollastonite)

Organic

- Vegetables (cotton, wool, flax, jute, hemp, sisal)
- Wooden
- Animal (silky, tendinous)

Man made fibers

Inorganic

MMVF

- Glass wool
- Rock wool
- Slag wool
- Ceramic fibers (refractory ceramic fibres, RCF)
- Glass microfibers
- Others

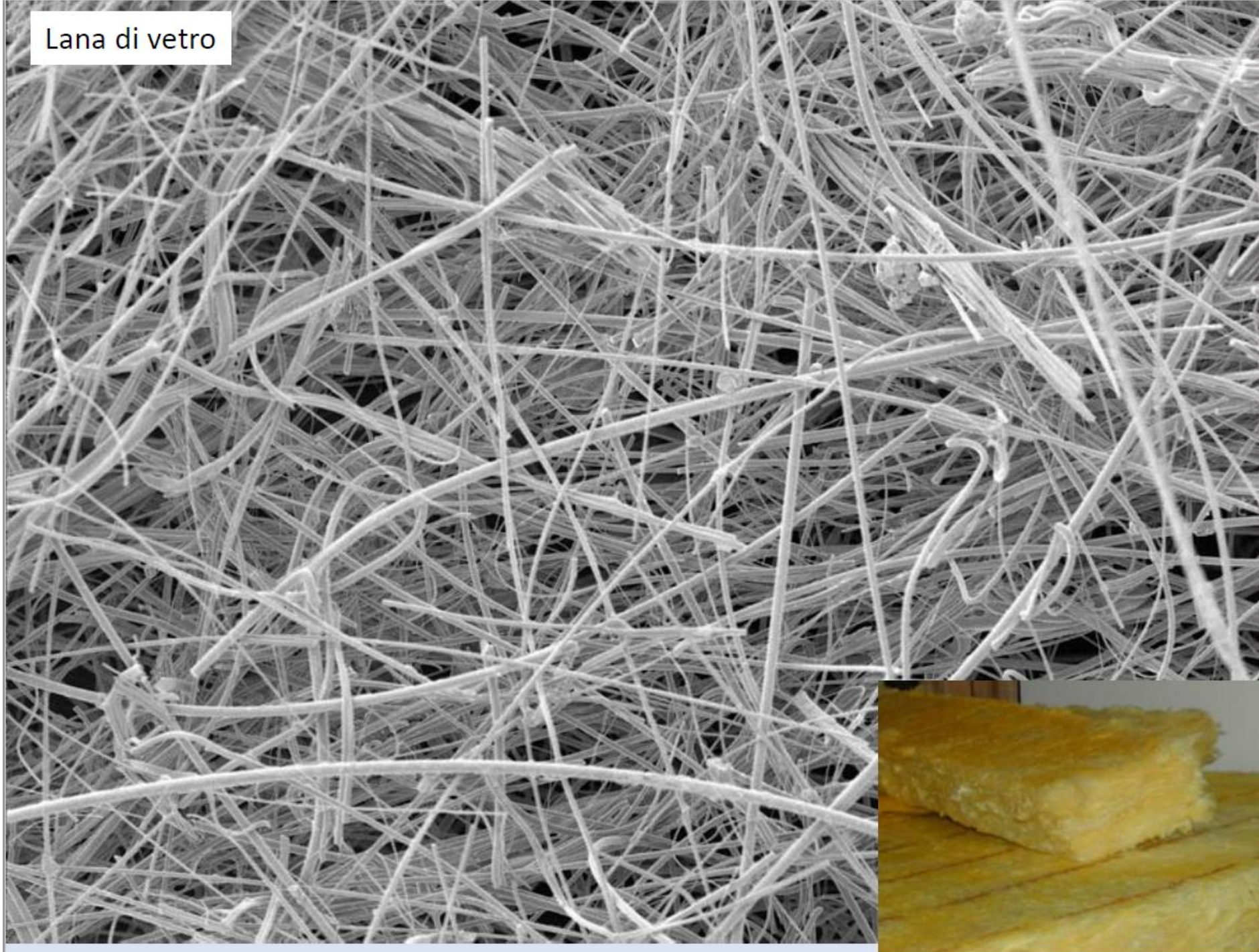
MMMMF

Polycrystalline fibers
[polycrystalline wools
(PCW), SiC, SiN whiskers]

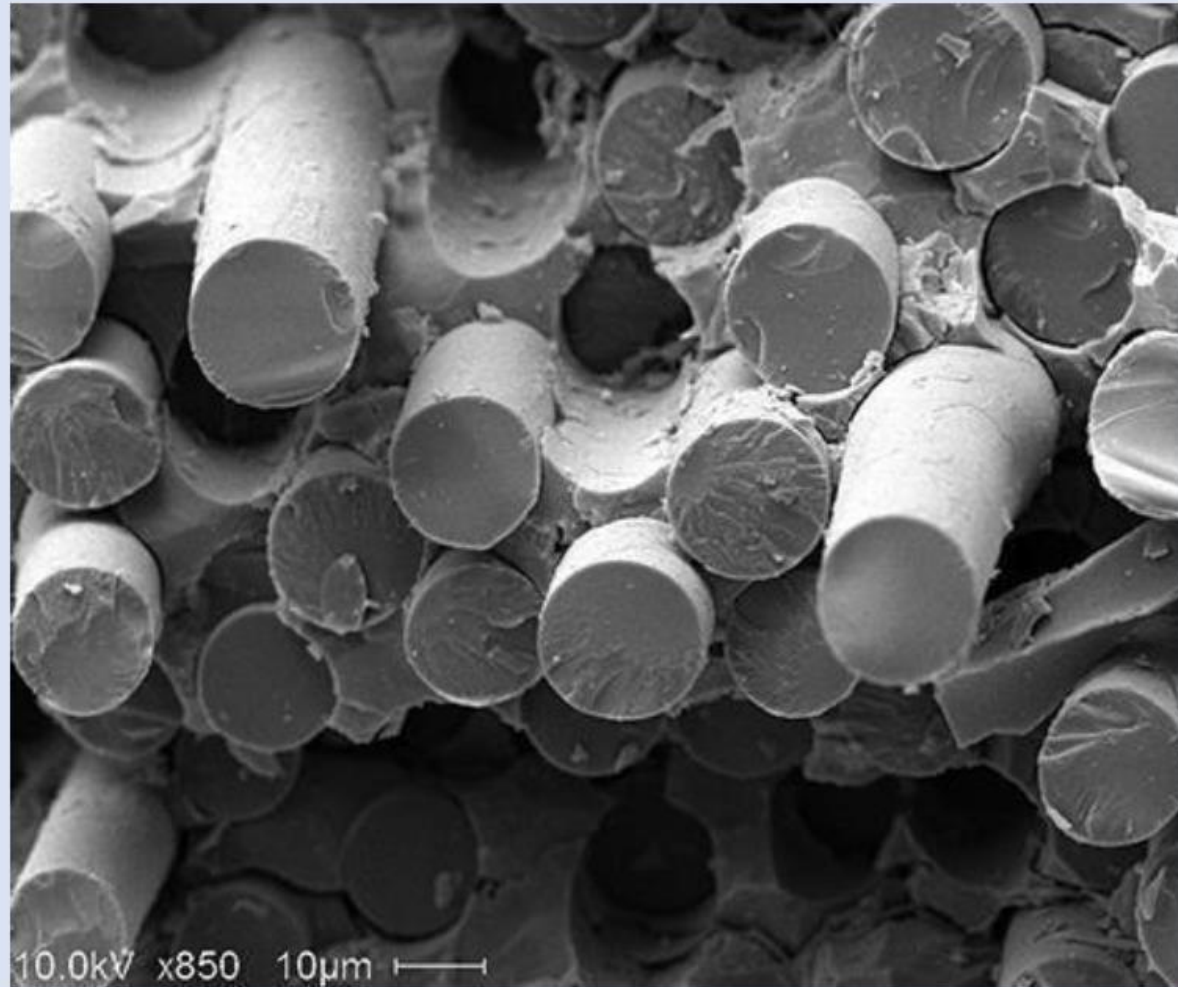
Organic

- Carbon (CNT, CONT ...)
- Cellulose
- Polyalkalene
- Polyester
- Polyvinyl
- Others

Lana di vetro



Fibre ceramiche



Altamente resistenti e inestensibili, ma molto flessibili, sono ininfiammabili e scarsamente attaccabili dall'umidità e dagli agenti chimici corrosivi e non sono degradabili da microrganismi.

Il mondo delle fibre

Natural fibers

Inorganic

Minerals (asbestos, sepiolite, attapulgite, erionite, wollastonite)

Organic

- Vegetables (cotton, wool, flax, jute, hemp, sisal)
- Wooden
- Animal (silky, tendinous)

Man made fibers

Inorganic

MMVF (AES ...)

- Glass wool
- Rock wool
- Slag wool
- Ceramic fibers (refractory ceramic fibres, RCF)
- Glass microfibers
- Others

MMMMF

Polycrystalline fibers
[polycrystalline wools
(PCW), SiC, SiN whiskers]

Organic

- Carbon (CNT, CONT ...)
- Cellulose
- Polyalkalene
- Polyester
- Polyvinyl
- Others

Mineral fibres

chrysotile

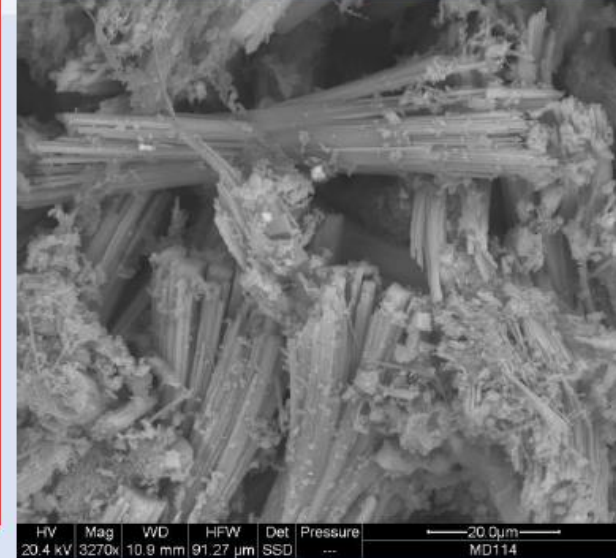


amphiboles

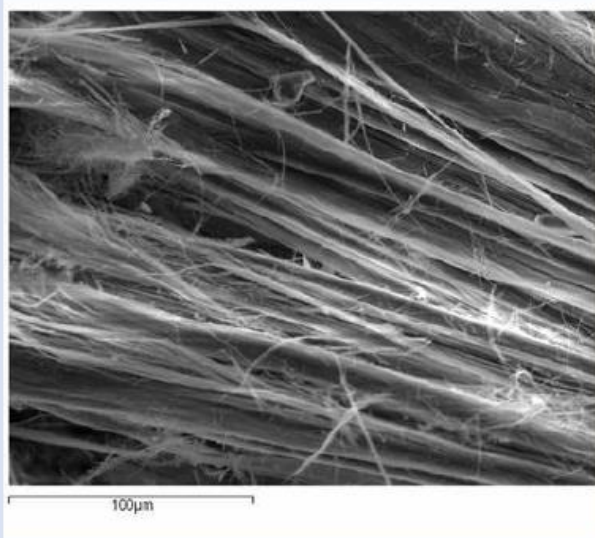


asbestos

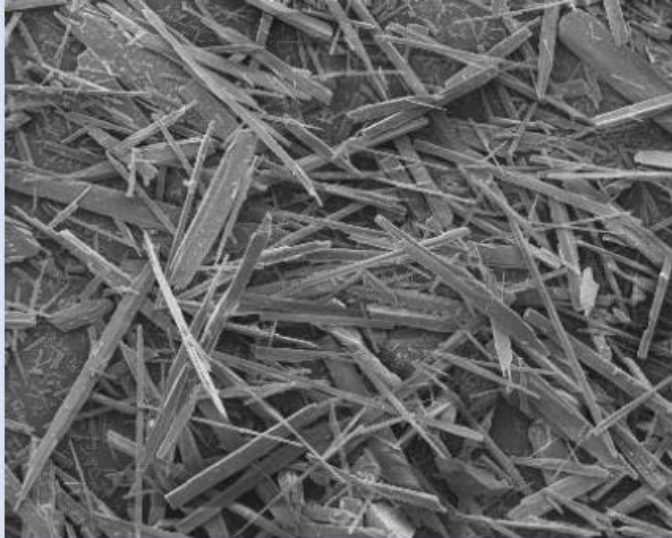
erionite



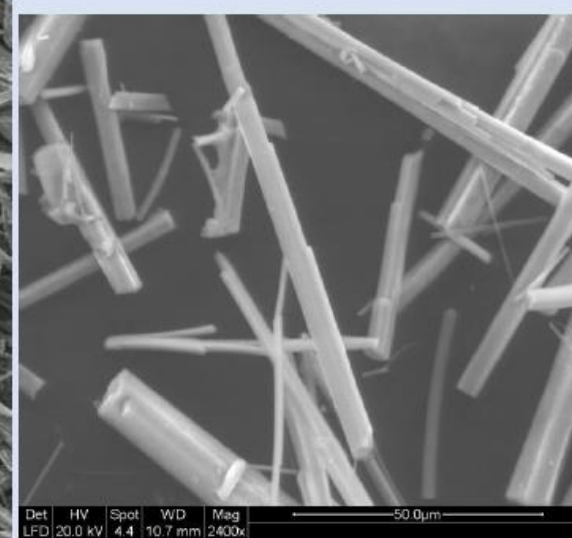
sepiolite



wollastonite



laumontite



ASBESTI

(D.L. 15/8/91)

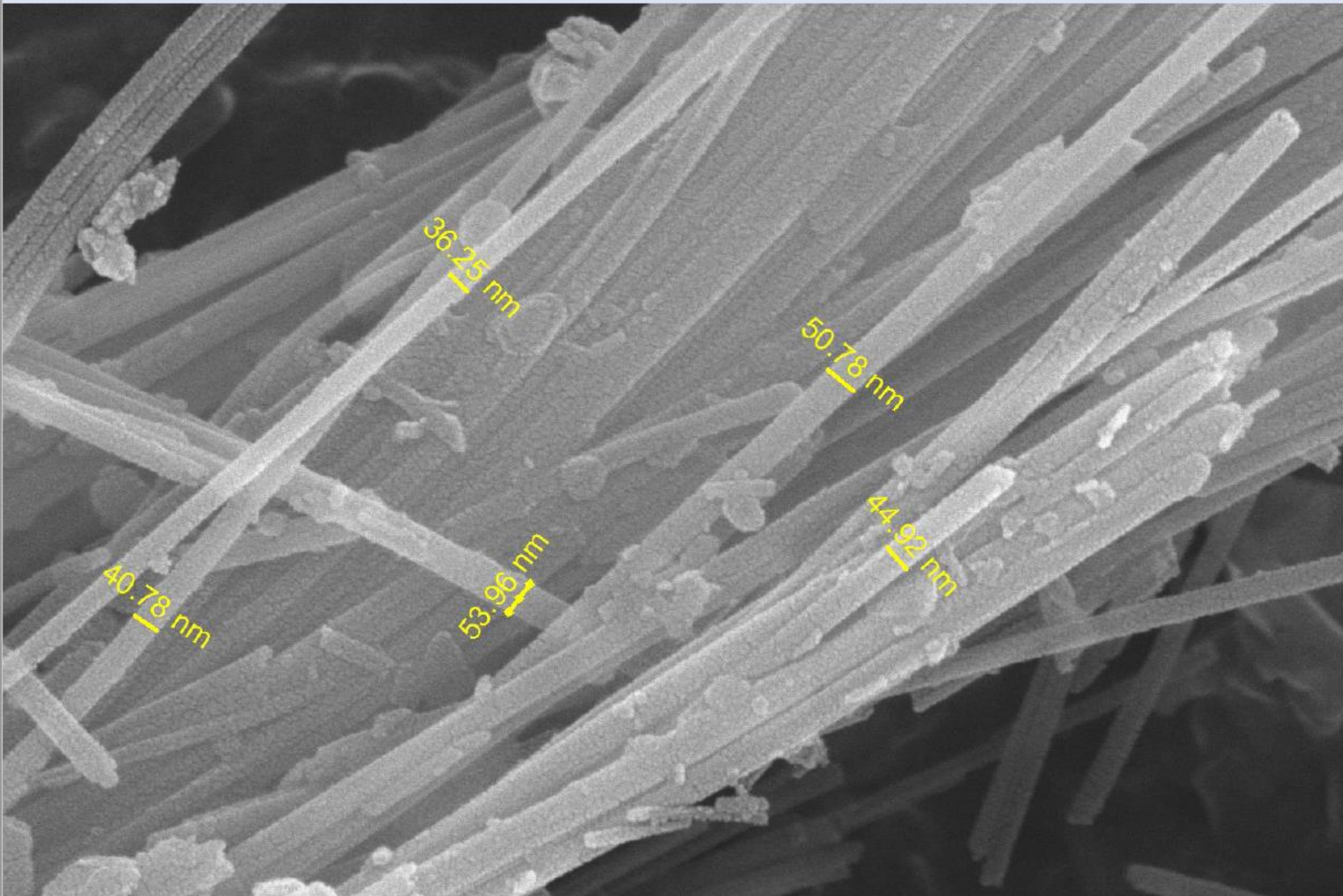
Minerale	Definizione commerciale	Formula chimica
Crisotilo	Crisotilo	$Mg_3[Si_2O_5](OH)_4$
Tremolite	Tremolite	$Ca_2Mg_5[Si_8O_{22}](OH)_2$
Actinolite	Actinolite	$Ca_2(Mg, Fe^{2+})_5[Si_8O_{22}](OH, F)_2$
Antofillite	Antofillite	$(Mg, Fe^{2+})_7[Si_8O_{22}](OH, F)_2$
Grunerite	Amosite	$(Mg, Fe^{2+})_7[Si_8O_{22}](OH)_2$
Riebeckite	Crocidolite	$Na_2Fe^{2+}_3Fe^{3+}_2[Si_8O_{22}](OH)_2$

Definizioni di “asbesto”

Termine generico: identifica minerali silicatici che si possono ridurre in fibre sottili e flessibili, se macinati. Si applica a diversi minerali che possono presentarsi con abito cristallino asbestiforme.

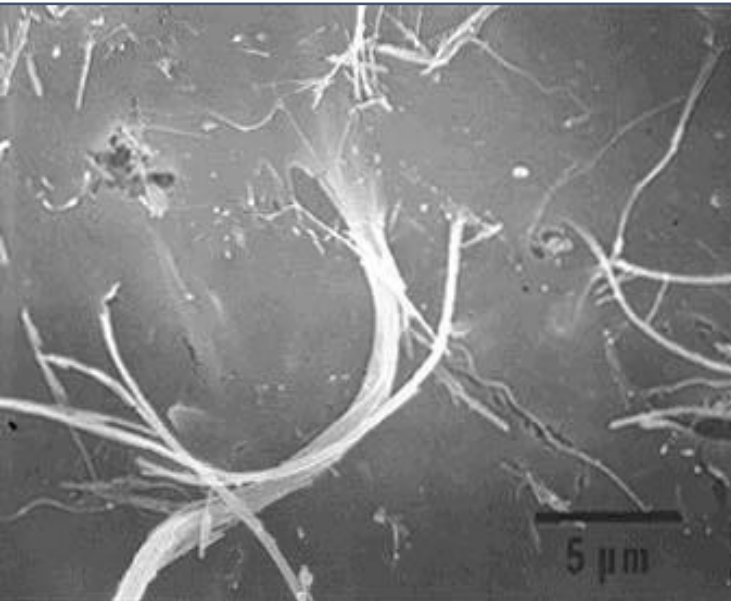
Termine commerciale: identifica minerali che hanno proprietà peculiari dal punto di vista morfologico, chimico-fisico e tecnologico, utili per le applicazioni industriali. Secondo la definizione del US Dept.of Labor (1975) e IARC (1977), sei minerali vengono classificati con l’etichetta di asbesto.

Termine normativo: Secondo ISO 10312 (1995), adottato da OSHA, NIOSH and WHO: minerali che presentano fibre più lunghe di 5 μm e rapporto lunghezza/larghezza (*aspect ratio*) maggiore di 3.



	HV	mag	spot	det	mode	lens mode	WD	HFV	← 500 nm →
	15.00 kV	200 000 x	3.0	TLD	SE	Immersion	5.6 mm	2.07 μm	

Il problema amianto



Scanning electron micrograph showing several chrysotile asbestos fibers phagocytized by cultured rat pleural mesothelial cells.

La normativa italiana fa ricadere sotto la definizione commerciale di “amianto” i seguenti minerali:

Crisotilo (90% produzione mondiale)
Tremolite
Actinolite
Antofillite
Amosite
Crocidolite



L'amianto è stato largamente utilizzato fin dall'inizio del secolo scorso per innumerevoli applicazioni industriali grazie alle sue indiscutibili proprietà tecnologiche. Oggi è provato che **l'amianto (in particolare quello di anfibolo) è cancerogeno**. In Italia l'estrazione, l'importazione, l'esportazione, la commercializzazione e la produzione di amianto, prodotti di amianto o contenenti amianto è vietata dalla **Legge n. 257 del 1992**

Messo a disposizione da: A.F. Gualtieri, *Dipartimento di Scienze della Terra*, Università di Modena e R.E.

L'inquinamento dovuto all'asbesto è direttamente relazionato all'ampio uso che ne è stato fatto in passato.

L'amianto, grazie alle sue proprietà, è stato infatti utilizzato per produrre una grande varietà di prodotti che, nel tempo, si sono dimostrati delle fonti di inquinamento particolarmente insidiose a causa della loro diffusione e della loro deperibilità.

Amianto nel mondo antico



Gli archeologi hanno scoperto fibre di amianto in detriti risalenti all'età della pietra, circa 750.000 anni fa.

Si ritiene che già nel 4000 a.C., le fibre di amianto fossero utilizzate per gli stoppini di lampade e candele.



Tra il 2000 e il 3000 a.C., i corpi imbalsamati dei faraoni egiziani furono avvolti in un panno di amianto per proteggere i corpi dal deterioramento.



Latini/Greci

- L'origine della parola può essere ricondotta a un linguaggio latino, amiantus, che significa non contaminato o non inquinato, perché si diceva che gli antichi romani avessero intrecciato fibre di amianto in un materiale simile a un panno che è stato poi cucito in tovaglie e tovaglioli. Questi panni furono presumibilmente puliti gettandoli in un fuoco infuocato, da cui uscirono miracolosamente incolumi ed essenzialmente più bianchi di quando entrarono.

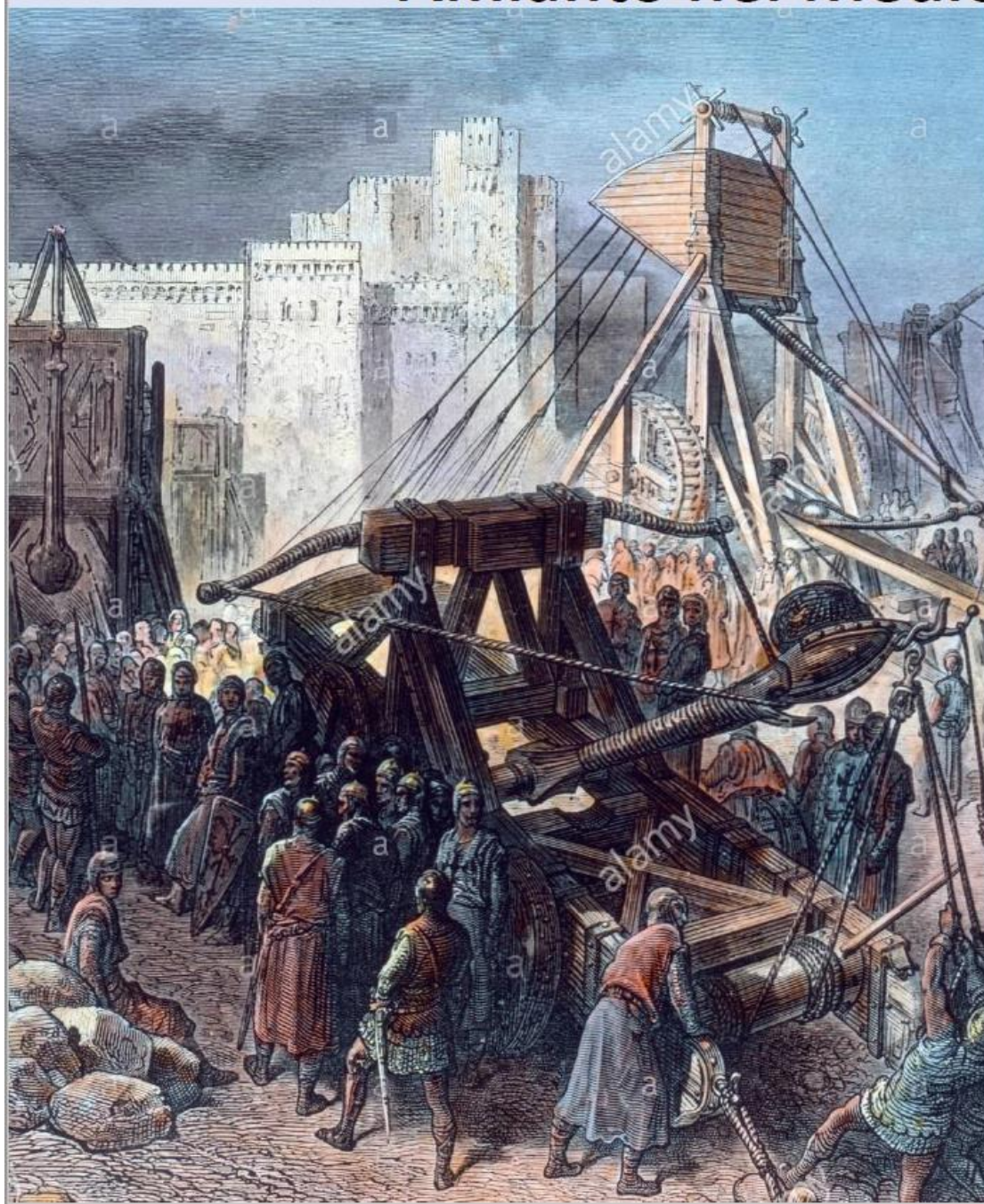
- Il geografo greco Strabone notò una "malattia dei polmoni" negli schiavi che tessavano l'amianto nella stoffa. Lo storico, naturalista e filosofo romano Plinio il Vecchio scrisse della "malattia degli schiavi" e descrisse in realtà l'uso di una sottile membrana della vescica di una capra o di un agnello usata dai minatori di schiavi come un primo respiratore nel tentativo di proteggerli dall'inalazione delle dannose fibre di amianto durante il travaglio.

Amianto nel Medioevo e oltre



Alla fine del primo millennio, tessuti per cremazioni, stuoie e stoppini per lampade da tempio erano realizzati con amianto crisotilo di Cipro

Amianto nel Medioevo e oltre



Nel 1095, i cavalieri francesi, tedeschi e italiani che combatterono nella prima crociata usarono una catapulta, chiamata trabucco, per lanciare sacchi di pece e catrame fiammeggianti avvolti in sacchi di amianto sulle mura della città durante i loro assedi.

Amianto nel Medioevo e oltre

XIII secolo



I grattacapi del boia: il condannato vestito con amianto non prende fuoco
*(stampa francese del XIV secolo in cui si riferisce del viaggio di Marco Polo in Cina
Bibliothèque Nationale, Paris)*

Dal 1682 iniziò lo sfruttamento commerciale di amianto crisotilo nella regione degli Urali centrali, in Russia, lungo il fiume Tagyl. Le fibre del minerale venivano utilizzate per fabbricare grembiuli, guanti e cappelli per le officine dei numerosi impianti metallurgici, per resistere alle altissime temperature. Nel 1722 un campione di tessuto d'asbesto fu presentato a Pietro il Grande.



Nel 1800 il governo italiano utilizzava fibre di amianto nelle sue banconote. I pompieri parigini a metà del 1850 indossavano giacche e caschi realizzati in amianto.



1900 e oltre

1901 l'austriaco Ludwig Hatschek brevetta il cemento-amianto



REPARATURLOSE BEDACHUNGEN MAUERVERKLEIDUNGEN GEGEN DIE WETTERSEITE AUS

Eternit.

SCHIEFER

ETERNIT-WERKE LUDWIG HATSCHEK, LINZ, VÖCKLABRUCK, WIEN, BUDAPEST, NYERGES-UJFALU.

Cemento amianto





VIVE ETERNIT

la lutte contre le taudis

Les animaux aussi doivent avoir leur confort et leur hygiène.

Des poulaillers, pigeonniers, clapiers, chenils, construits avec des plaques "ÉTERNIT" faciles à désinfecter, imputrescibles et résistantes, sont le dernier cri du progrès.

Éternit.

SVANT PROUVY-THIANT (NORD)



When the neighbor's house burns

and fire-brands fly in the wind—there are thousands who can congratulate themselves on fire-safe roofs—roofs in shingle form, made from

JOHNS-MANVILLE Asbestos

Resistant to heat.



water, wear and weather

NOT only homeroofs but big structures too enjoy its protection against time and fire. The farm silo and barn, the office building, the factory, the steel mill, all know Asbestos. Johns-Manville has developed Asbestos into hundreds of other

COVERS THE CONTINENT

useful forms; for the maintenance of industrial plants; as an ingredient of many manufactured products and household conveniences—wherever safety from fire and resistance to the elements and to chemical action are imperative.*

H. W. JOHNS-MANVILLE COMPANY

New York City

Branches in 54 Large Cities

* Asbestos Fabric, Packings, Roofings, Shingles, Brake Linings, Building Materials, Electrical Devices, Heat Insulations, Refractory Concretes, Waterproofing.



When you think of Asbestos you think of
Johns-Manville

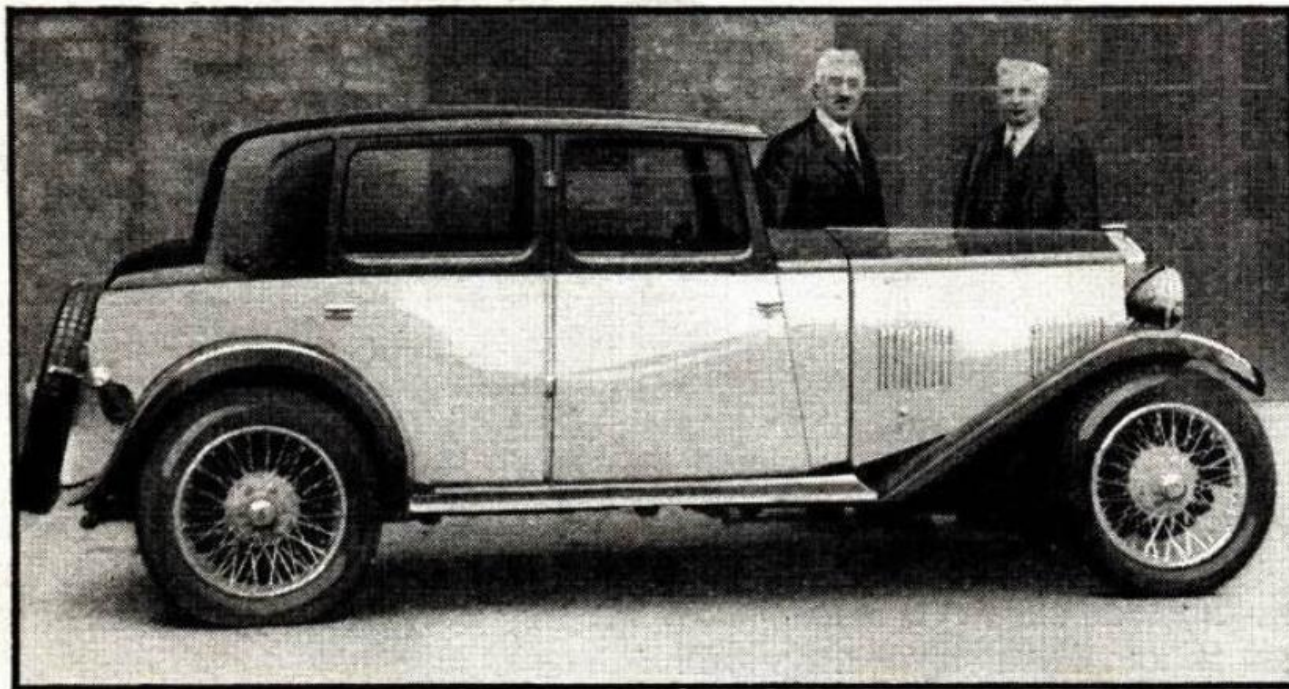
Please Mention Popular Mechanics

ENGLISH CAR HAS ASBESTOS BODY

HERE is the first picture of the new "asbestos automobile" built in England, of which an advance report appeared in the July issue of POPULAR SCIENCE

MONTHLY. The original car so equipped has just passed its experimental tests in which leading motor car and bus companies are coöperating. Although it

resembles a standard sedan in outward appearance, the fire-proof body of this car is completely made of asbestos. Engineers have succeeded in making thin plates of this material that are durable, lighter in weight than steel, and which will take satisfactorily the enamel paints used on motor cars.



Arte e Design

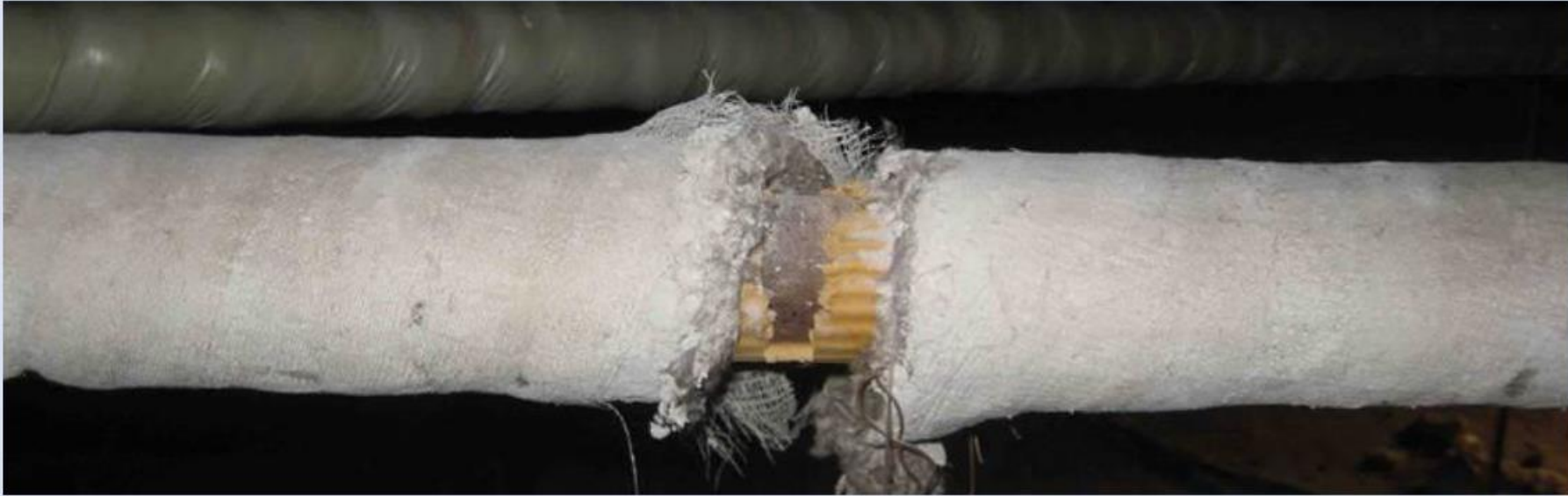


Isolante

L'isolante in amianto era la più grande fonte di esposizione a tale materiale per i lavoratori del ventesimo secolo, e tutt'ora rimane un pericolo tossico in molte infrastrutture.

In questa applicazione, l'amianto è un composto molto meno compatto rispetto al fibrocemento e quindi facilmente "volatile" in caso di rottura, di conseguenza respirabile, con i rischi che conosciamo per la salute





Moltissime centrali termiche di ville, condomini o industrie avevano tubazioni completamente ricoperte in amianto.

Tute ignifughe



Ombrello per pompieri

L'utilizzo dell'ombrello in amianto ha aiutato i 'mangia-fumo' di una città Tedesca di provincia a combattere il pericolo del fuoco. Il nuovo dispositivo è ispirato ad un metodo protettivo usato durante la Guerra Mondiale dalle Truppe Alleate contro i terribili effetti del fuoco liquido.

Ogni membro della brigata è equipaggiato con uno di questi ombrelli, che permette di avvicinarsi più facilmente alla base delle fiamme.

Asbestos Umbrellas for Firemen

THE utilization of asbestos umbrellas has helped the "smoke-eaters" of a German provincial city to combat the fire peril. The novel device, illustrated below, is an imitation of the asbestos protective method used during the World war by Allied troops against the terrible effects of liquid fire.

Every brigade member is equipped with one of these umbrellas, which permits closer approach to base of flames.



This large type of asbestos umbrella permits several hose nozzles to be thrust through it, protecting firemen from heat.

OH! MY FEET!
ONE TRIAL OF



— AND —
“FOOT EASE ASSURED”

The effects of our antiseptic insoles are almost magical. They prevent rheumatism, and stop all soreness instantly. By wearing them, the feet feel so good that the whole nervous system is benefited. Calluses can be peeled right off, bunions are reduced and the inflammation drawn out, and the bad smelling of sweaty perspiring feet will disappear immediately.

BEWARE OF IMITATION!



INSIST ON
Albert's Asbestos Insoles

“NO MORE FOOT TROUBLES”

ASBESTOS INSOLES

MAKE YOUR FEET FEEL HAPPY

Warming in Winter, Cooling in Summer
AS ASBESTOS IS A NON-CONDUCTING MINERAL.



The Original Moulders' Asbestos Shoe



UNION MADE

FIRE PROOF

By presenting this card a rebate of

10c

will be given to anyone purchasing

a pair of our

Moulders' Shoes

H. S. BULLETT, OVER 56 SENECA ST.
OPEN EVENINGS. (OVER)



ASBESTOS SAD IRONS

Hold Heat longer than any other
Always Clean and Bright
Never Burns Fingers nor Scorches Linen
Handle Always Cool

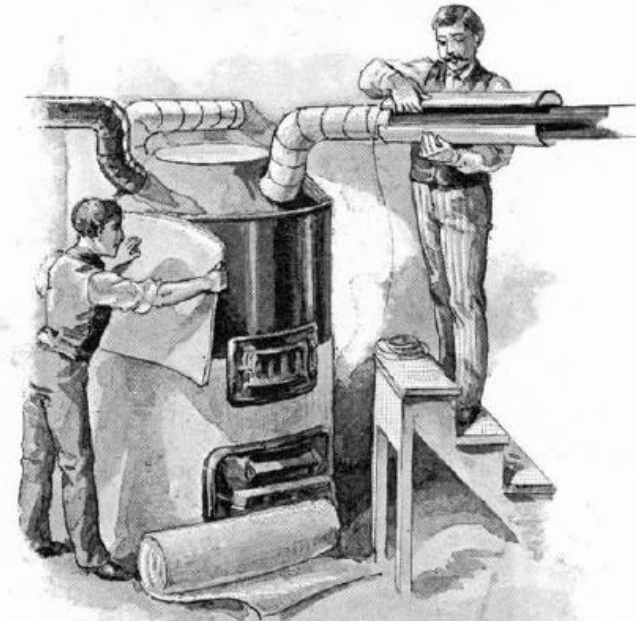


FAST
EASY
CLEAN
NEAT
HANDSOM

EST SAD IRON EVER MADE
Write for Brochure and Full Particulars
This article is covered by Letters Patents, and manufactured
solely by

TVERDAHL-JOHNSON GO., Lock Box 27, Stoughton, Wis.

ASBESTOS FIRE-FELT.







- Dalla tessitura delle fibre minerali si ottenevano corde, guaine, nastri e tessuti;
- con la pressatura si realizzavano carta, cartoni e filtri;
- l'amianto miscelato a particolari sostanze chimiche veniva spesso utilizzato come isolante termico ed acustico;
- dall'asbesto impastato con resine sintetiche si ottenevano anche i ferodi, guarnizioni ad alto coefficiente di attrito per freni e frizioni degli autoveicoli.

Miscelato con il cemento costituiva l'**eternit**, un materiale leggero ed estremamente resistente, ampiamente utilizzato nella produzione di **tubi, tegole, canne fumarie, serbatoi e vari tipi di lastre piane o ondulate utilizzate come copertura o come pareti divisorie.**

L'amianto è stato impiegato anche come componente di forni, stufe, phon, teli da stiro, guanti da forno, tende, tappezzerie, materiali da imballaggio, adesivi e collanti, coperte, grembiuli, giacche, pantaloni e stivali; in alcuni casi si è anche utilizzato in polvere come sabbia per i parco-giochi dei bambini.

A tutt'oggi le persone più a rischio sono proprio quelle che più hanno a che fare con questi materiali e che causano, in modo più o meno inconsapevole, quel deterioramento che provoca il rilascio nell'aria delle fibre minerali.

Nell'ambito lavorativo le maggiori precauzioni dovrebbero essere adottate dai muratori, dai demolitori, dai carpentieri, dai solaisti, dagli elettricisti, dagli idraulici e dai meccanici.

Una certa esposizione accidentale può anche avvenire in ambito minerario: pur essendone vietata l'estrazione, è possibile che l'amianto sia presente in quantità più o meno rilevanti come contaminante. In effetti, ad esempio, accade spesso che vi sia della tremolite nelle miniere di vermiculite o di talco.

Al contrario, risulta di importanza relativamente minore (almeno in Italia) l'esposizione alle fibre minerali dell'asbesto liberate dalla degradazione naturale delle rocce che affiorano dal sottosuolo.

Le fibre di asbesto presenti nell'aria delle aree abitate derivano principalmente dal deterioramento dei prodotti di origine antropogenica ed in parte dallo sgretolamento dei depositi naturali. Queste fibre sono estremamente resistenti e non vengono degradate da altri composti che possono essere presenti nell'atmosfera; per questi motivi, una volta liberate nell'ambiente, vi possono permanere per decenni.

Le fibre e le particelle più piccole sono quelle più pericolose: una volta sospese nell'aria possono rimanervi per molto tempo e venire così trasportate dal vento per lunghe distanze prima di depositarsi.

Definizione:

Fibra = particella che presenta una lunghezza di almeno 5 μm e un rapporto lunghezza/larghezza $\geq 3:1$

Si può stimare che la concentrazione ambientale di queste fibre minerali varia solitamente da 0.001 a 0.1 fibre per litro (fibre/L).

Livelli di esposizione più elevati si possono riscontrare nelle città, dove la concentrazione può raggiungere anche 2-300 fibre per metro cubo (1 m^3 di aria corrisponde a 1000 litri ed equivale all'incirca alla quantità di aria che ognuno di noi inspira in un'ora).

Nei pressi delle miniere di asbesto o delle industrie che utilizzavano questo materiale si potevano riscontrare concentrazioni dell'ordine delle 2000 fibre/ m^3 .

Le eccezionali proprietà legate alla struttura ed alla microstruttura - in particolar modo:
dimensioni delle fibrille,
abito asbestiforme
attività superficiale,
sono la causa principale della tossicità a
seguito di inalazione dell'asbesto

***Le fibre con diametro $0.25 \mu\text{m}$ e
lunghezza >math>4 \mu\text{m}</math>
sono quelle più pericolose perché hanno
maggiore probabilità di essere inalate***

Al giorno d'oggi, valori decisamente elevati possono essere individuati solamente all'interno o nei pressi degli edifici che contengono prodotti a base di asbesto e che sono stati ristrutturati o abbattuti, oppure vicino alle discariche dove l'asbesto non è stato coperto o immagazzinato in modo appropriato per prevenirne l'erosione da parte degli agenti atmosferici.

Nellie Kershaw

1891 -1924



Dr. William Edmund Cooke names the lung disease caused by asbestos – Asbestosis - when Describing the case of this disease in a 33 year old woman named Nellie Kreshaw of Rochdale, England.

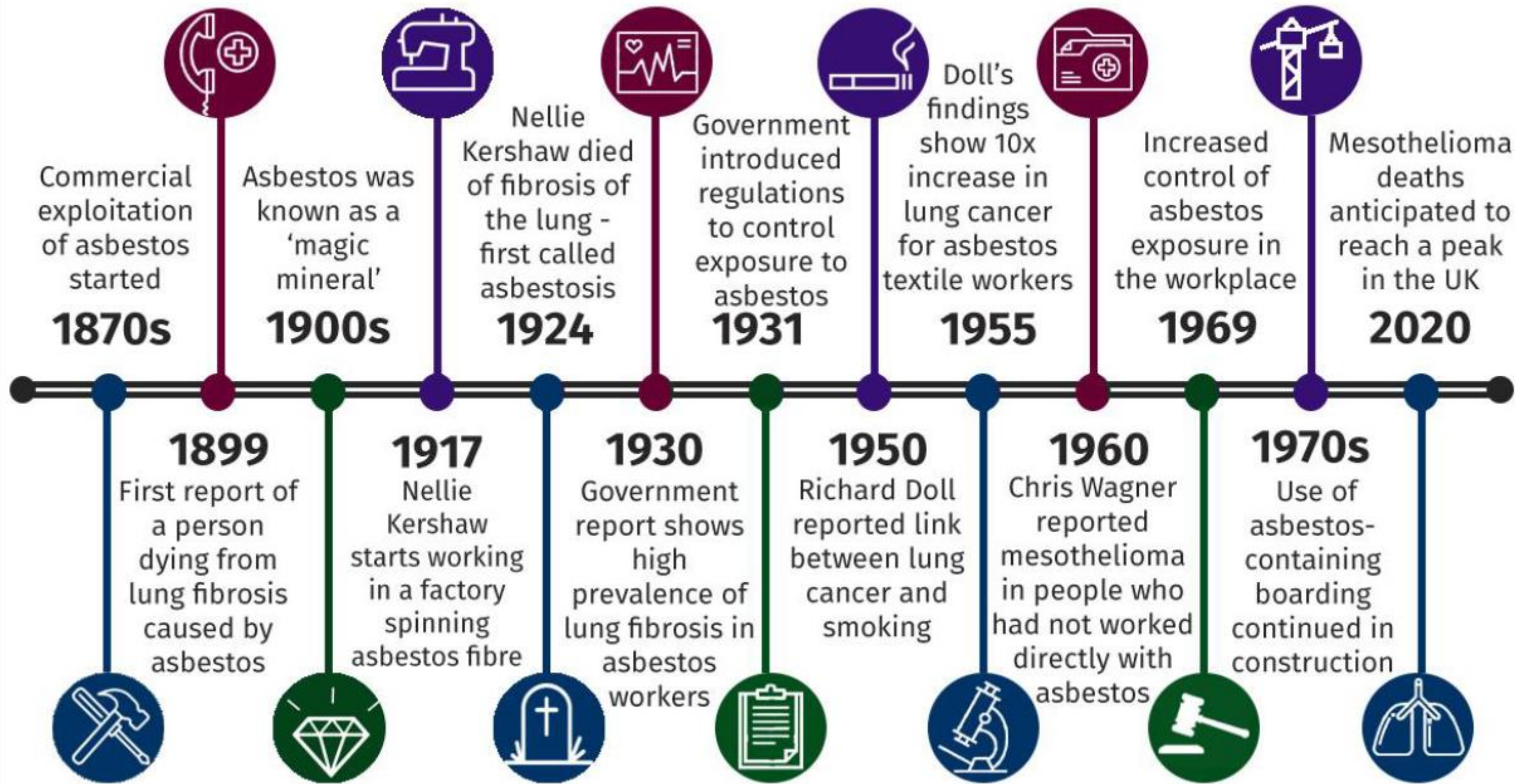
Age 12 – worked in a cotton mill

Age 13 - worked at Garsides asbestos mill

Age 26 – worker at Turner Brothers Asbestos
in Spinning department

Age 33 – Died 06:30
14 March 1924





Commercial exploitation of asbestos started
1870s

Asbestos was known as a 'magic mineral'
1900s

Nellie Kershaw died of fibrosis of the lung - first called asbestosis
1924

Government introduced regulations to control exposure to asbestos
1931

Doll's findings show 10x increase in lung cancer for asbestos textile workers
1955

Increased control of asbestos exposure in the workplace
1969

Mesothelioma deaths anticipated to reach a peak in the UK
2020

1899
First report of a person dying from lung fibrosis caused by asbestos

1917
Nellie Kershaw starts working in a factory spinning asbestos fibre

1930
Government report shows high prevalence of lung fibrosis in asbestos workers

1950
Richard Doll reported link between lung cancer and smoking

1960
Chris Wagner reported mesothelioma in people who had not worked directly with asbestos

1970s
Use of asbestos-containing boarding continued in construction

EFFETTI SULL'UOMO - I

La presenza delle fibre di asbesto nell'ambiente comporta inevitabilmente dei danni a carico della salute.

L'esposizione può avvenire essenzialmente per ingestione o per inalazione, anche se una quantità ridottissima di fibre può penetrare nel corpo anche per contatto cutaneo.

Le fibre ingerite vengono quasi tutte eliminate nel giro di pochi giorni per escrezione nelle feci, alcune possono però penetrare nelle cellule dell'apparato gastro-intestinale ed altre possono finire addirittura nel sangue. Una certa quantità di fibre può rimanere intrappolata nei vari tessuti con cui vengono a contatto, mentre altre sono eliminate con le urine.

Gli effetti sulla salute dovuti all'ingestione di fibre di asbesto non sono ancora perfettamente chiari.

EFFETTI SULL'UOMO - II

I pericoli maggiori sono comunque dovuti alla presenza delle fibre nell'aria. Una volta inalate, le fibre si possono depositare all'interno delle vie aeree e sulle cellule polmonari. La maggior parte delle fibre viene rimossa dai polmoni nel giro di poche ore venendo eliminata con la tosse e dilavata dal muco prodotto nell'apparato respiratorio che la trasporta fino in gola e quindi nello stomaco.

Invece le fibre che si sono depositate nelle parti più profonde del polmone vengono rimosse più lentamente; alcune fibre possono rimanere nei polmoni per diversi anni, altre per tutta la vita.

La presenza di queste fibre estranee all'interno dei polmoni può comportare l'insorgenza di malattie come l'asbestosi, il mesotelioma ed il tumore dei polmoni.

EFFETTI SULL'UOMO - III

L'asbestosi è una malattia che colpisce prevalentemente le persone che sono state esposte nei luoghi di lavoro ad alte concentrazioni di fibre aero-disperse.

In genere compare dopo 10-15 anni dall'inizio del periodo di esposizione e consiste in una lenta crescita di tessuto fibroso nei polmoni e nella membrana che circonda i polmoni.

Questo tessuto rende difficoltosa la respirazione, dato che non si espande e non si contrae come il normale tessuto polmonare. Anche il flusso di sangue ai polmoni può diminuire e questo provoca un ingrossamento del cuore. Il respiro diviene corto ed è spesso accompagnato da tosse. La malattia è incurabile e può condurre alla morte.

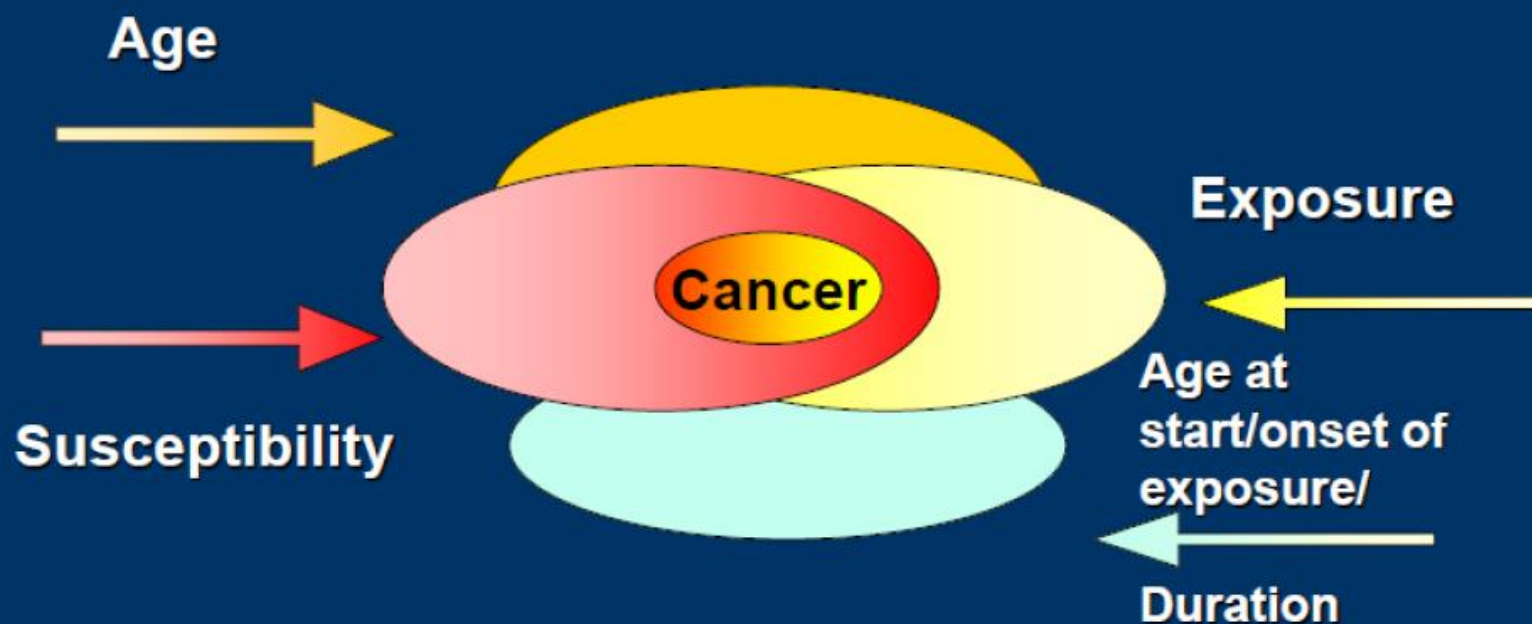
EFFETTI SULL'UOMO - IV

Il **mesotelioma** è un tipo di tumore che si sviluppa a carico della membrana che riveste i polmoni e gli altri organi interni. La sua casistica è fortemente relazionata alla presenza di asbesto aero-disperso e la sua comparsa avviene solitamente a circa 30 anni di distanza dall'inizio dell'esposizione.

Come il mesotelioma, anche il **cancro polmonare** compare solitamente a molti anni di distanza dall'inizio dell'esposizione e può insorgere anche per esposizione a bassi livelli di asbesto.

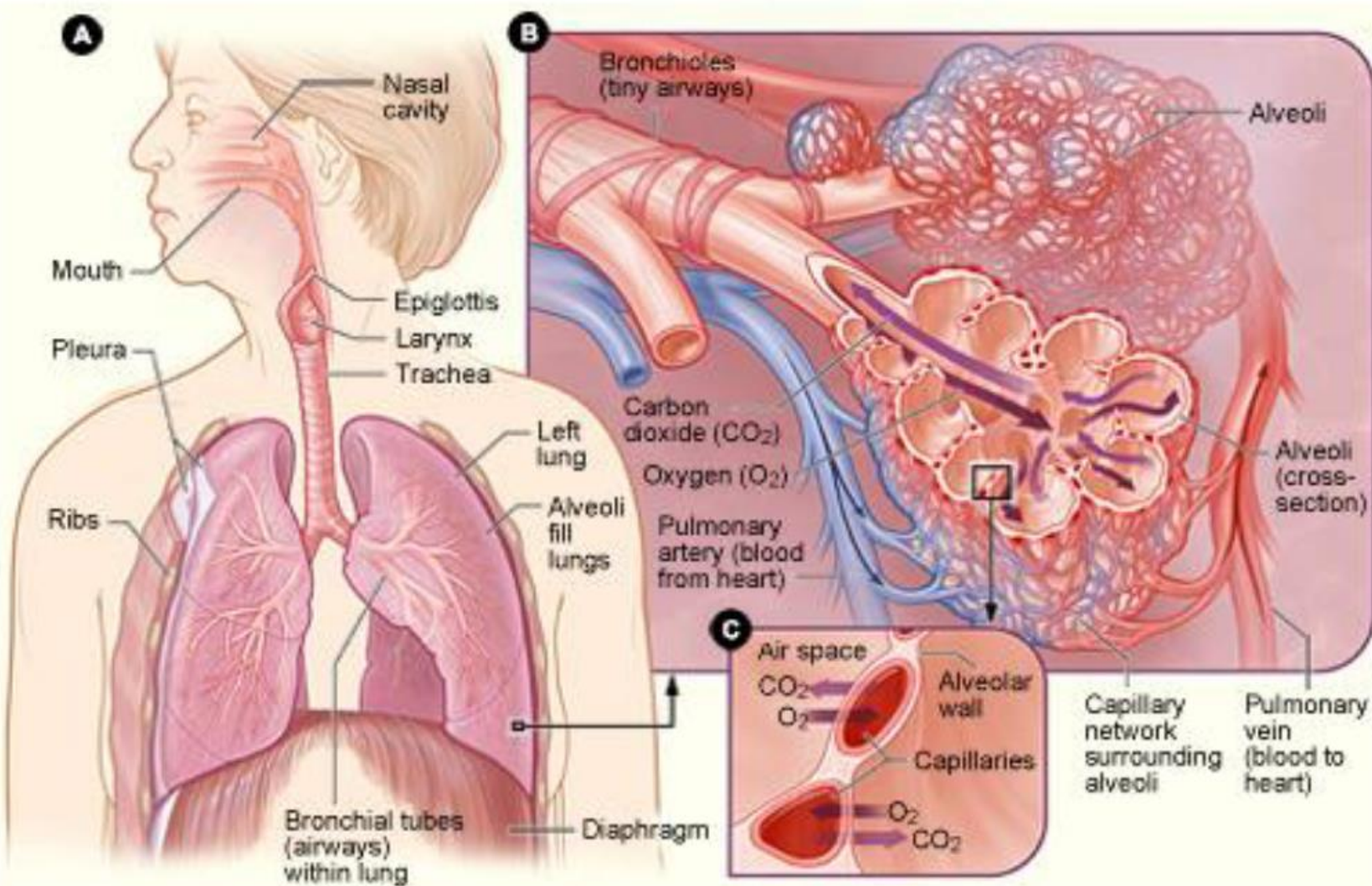
Il cancro è causato dall'accumulo di danno genetico

Factors which involve the carcinogenicity process

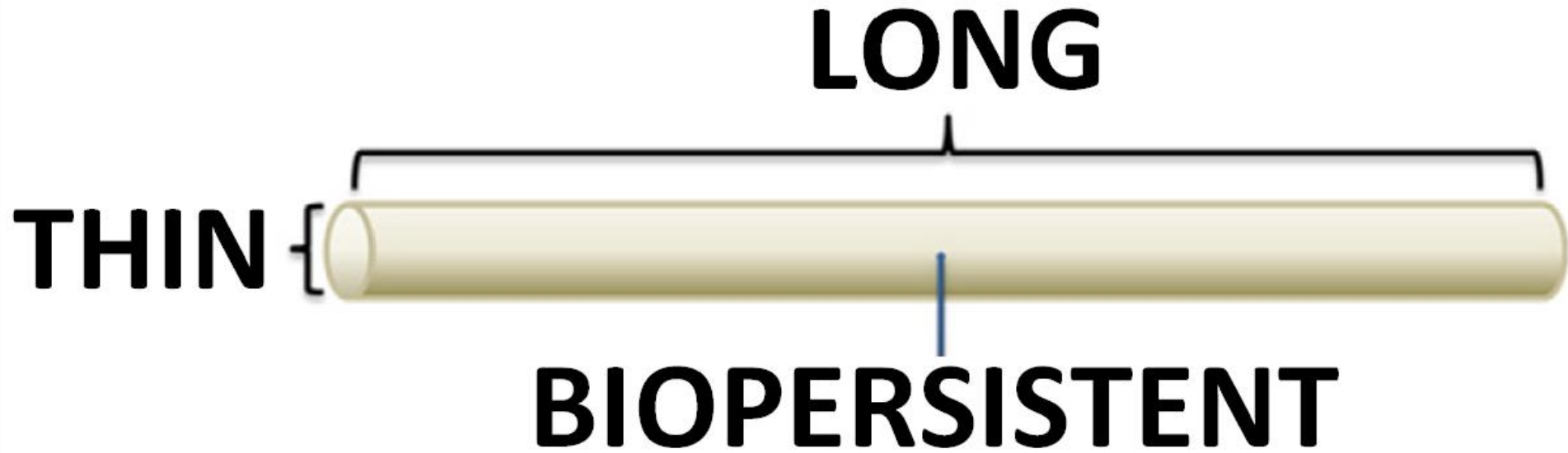


le cellule umane accumulano circa 3 o più mutazioni per divisione e miliardi di cellule si dividono ogni giorno

The Respiratory System



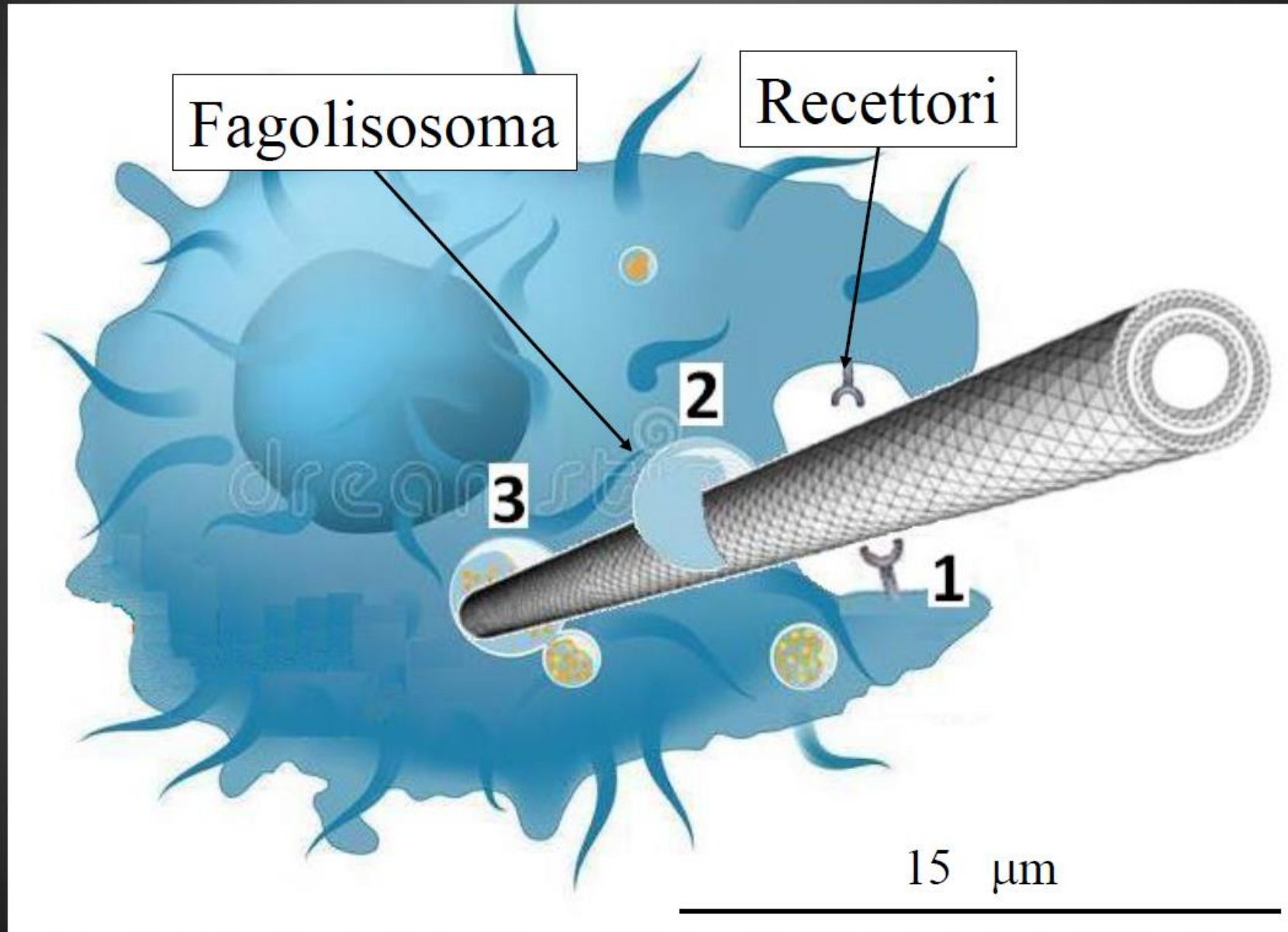
Fibre toxicity paradigm



REGULATED FIBERS

$L > 5\mu\text{m}$; width $< 3\mu\text{m}$; a.r. > 3

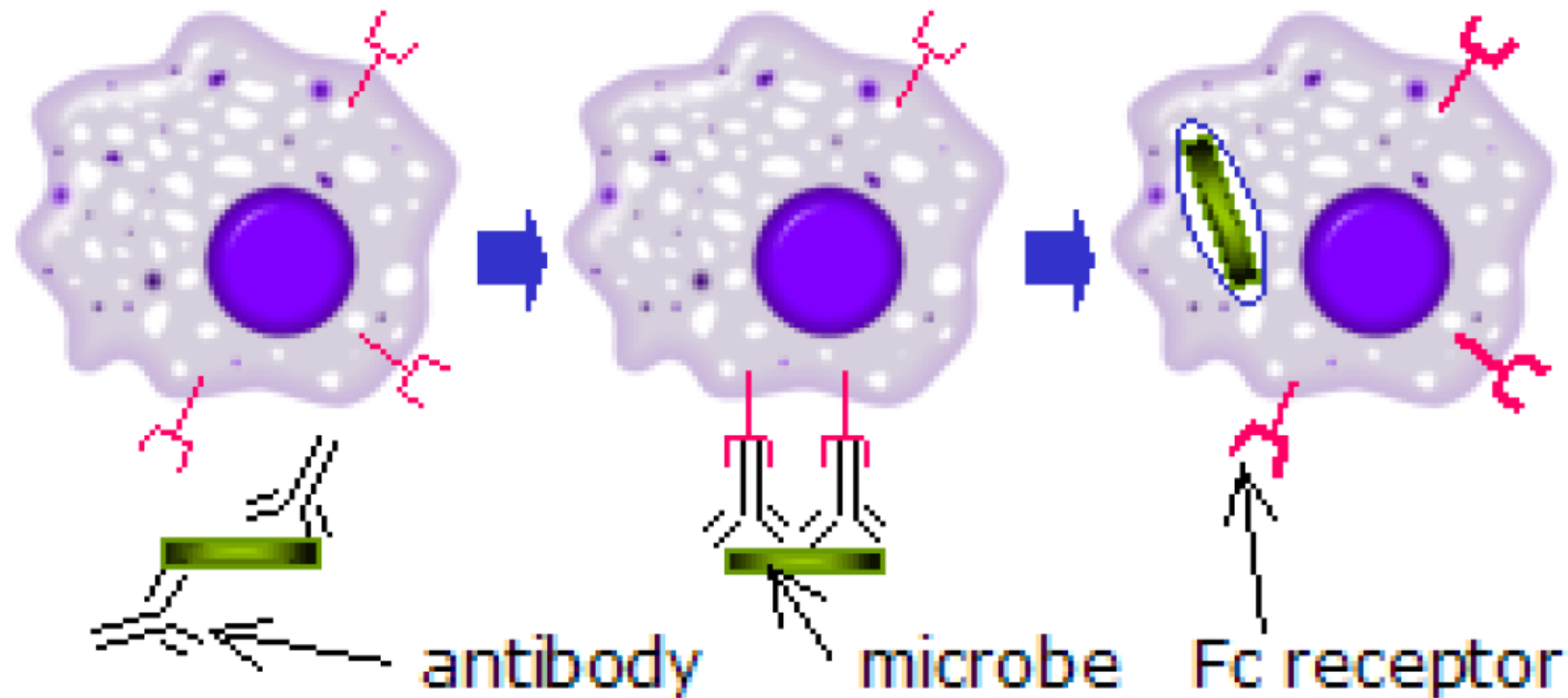
Fibre toxicity paradigm and frustrated phagocytosis



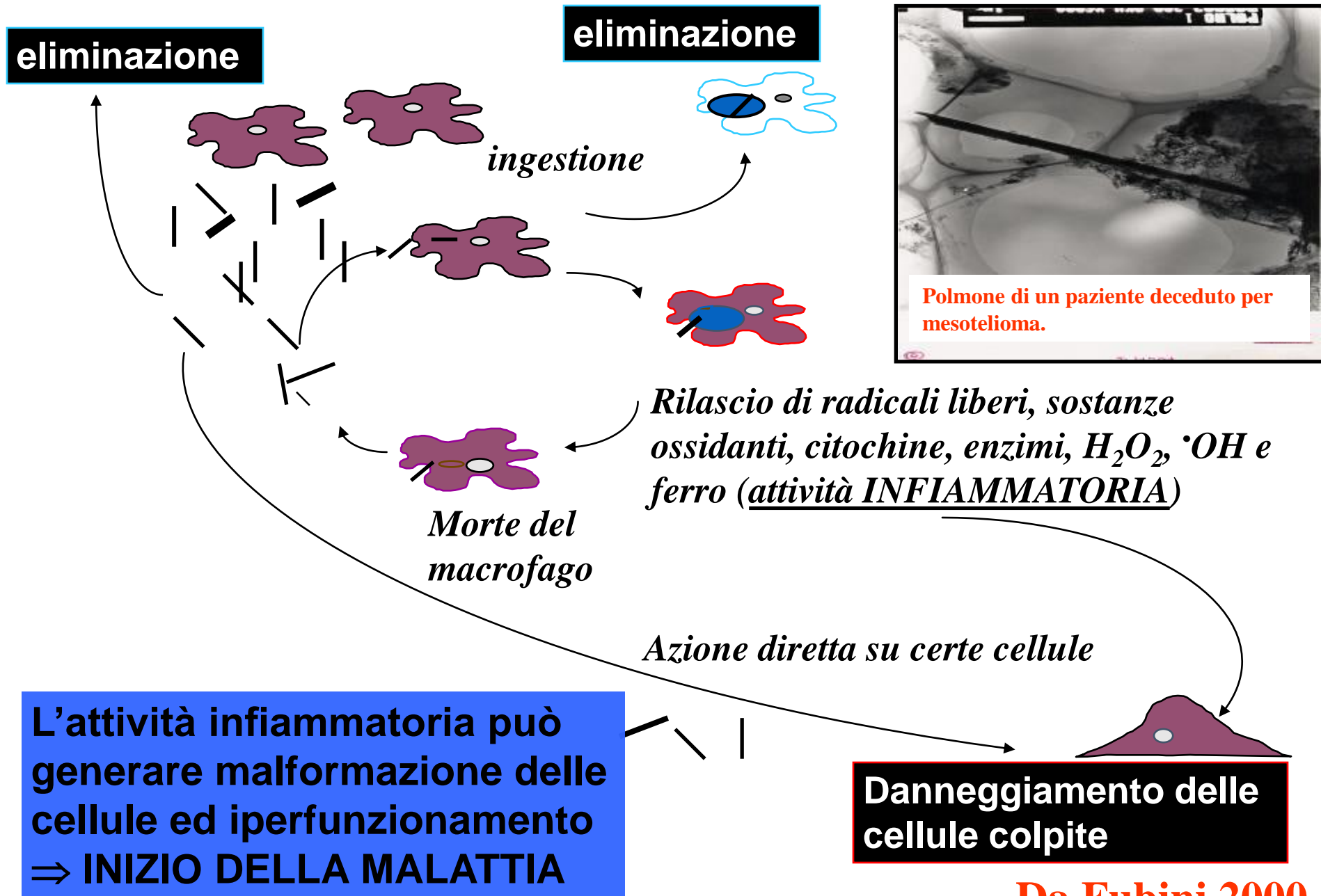
Recettori

Fc receptor

I recettori sono proteine, che ricevono e trasducono segnali integrati nei sistemi biologici. Questi segnali sono in genere messaggeri chimici, che si legano a un recettore, causano una qualche forma di risposta cellulare.



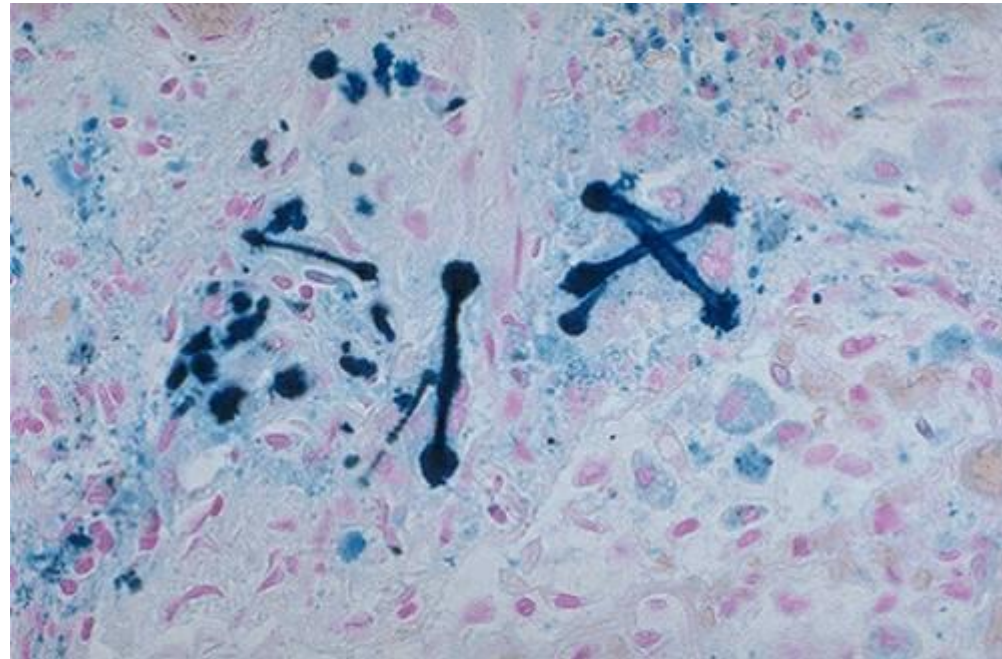
Asbesto inalato: meccanismo di azione



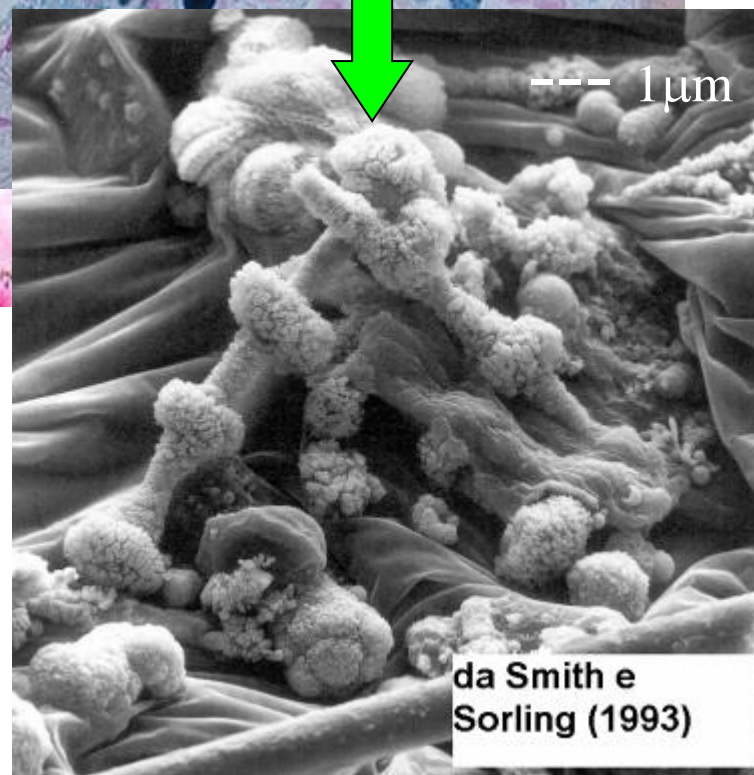
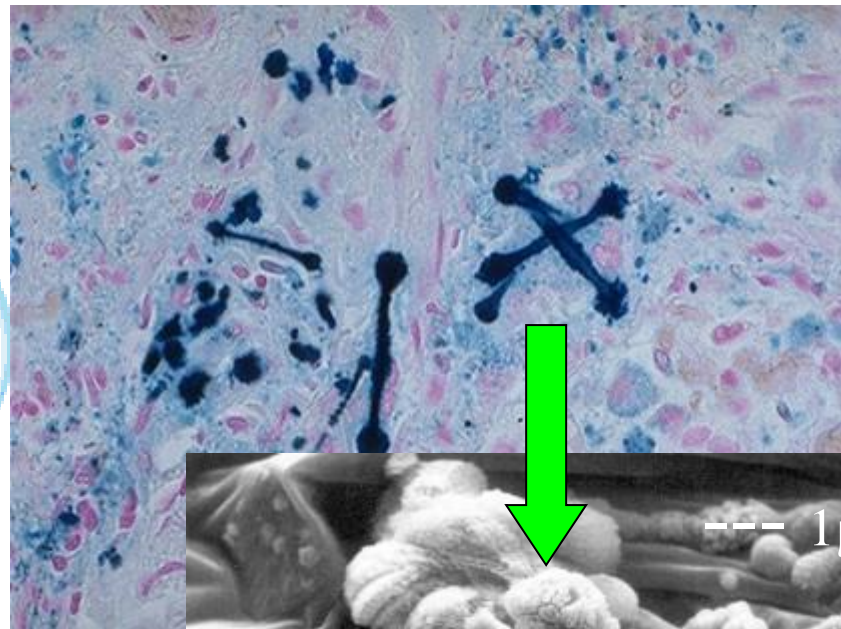
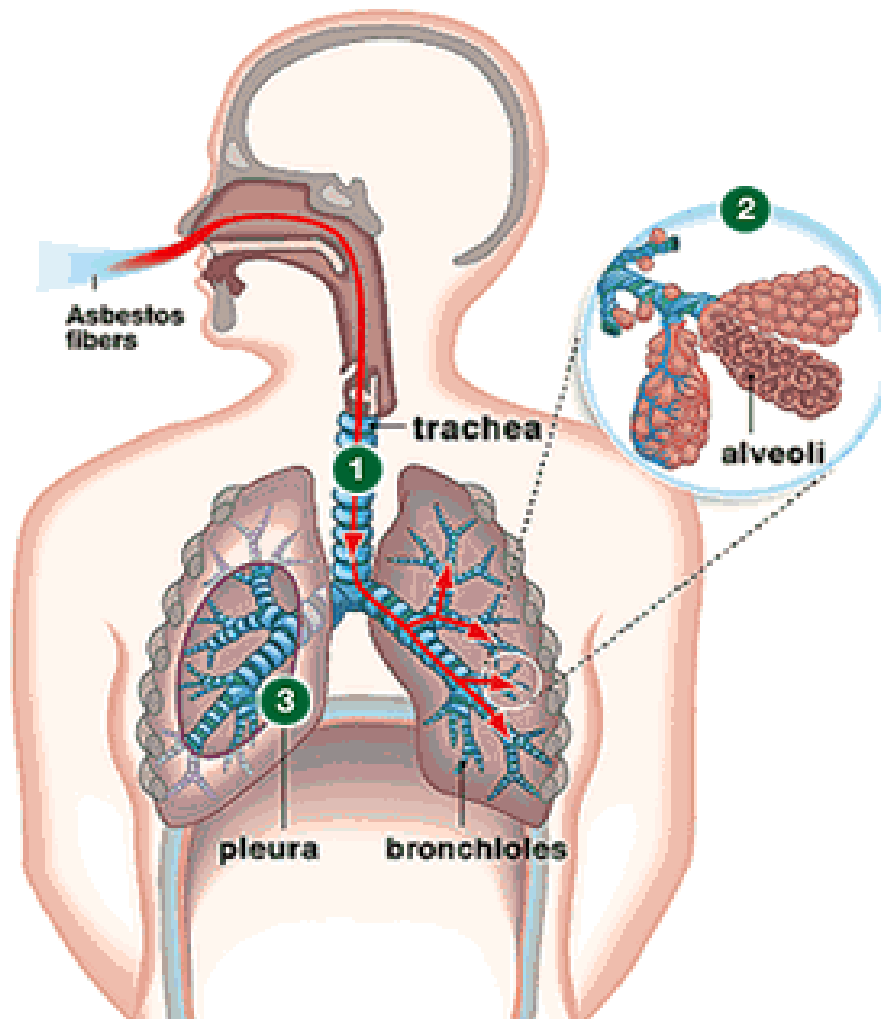
Malattie relate all'asbesto di crisotilo



Radiografia di un uomo di 52 anni colpito da asbestosi.



Sezione di tessuto polmonare (2mm). Gli oggetti scuri a forma di manubrio sono fibre di asbesto coperte da una concrezione proteica ricca di ferro e calcio (corpi ferruginosi).



Autopsia di polmone umano: fibre di asbesto coperte da concrezioni ferruginose di ferritina ed emosiderina

I numeri del problema amianto

In Europa sono previsti 250.000 morti nei prossimi 25 anni a causa dell'esposizione alle fibre di amianto ⇒

“la neoplasia del terzo millennio”.

Purtroppo in alcuni Paesi (Brasile, Canada, India, Romania, ...) si continua ad estrarre, lavorare e commercializzare amianto.



L'ITALIA: l'amianto è attualmente presente in enormi quantità: sono stimati 2.5 miliardi di m² di coperture in cemento-amianto (*eternit*), senza considerare l'amianto in matrice friabile. In Italia, solo per il mesotelioma pleurico, la patologia associata all'esposizione all'amianto, tra il 1988 e il 1994 i casi hanno superato le 6000 unità. Si stima che in Italia saranno almeno 30.000 i morti nei prossimi 20 anni a causa dell'esposizione alle fibre di amianto.

CRISTALLOCHIMICA DEI MINERALI DI AMIANTO

Le specie mineralogiche

I minerali che rientrano sotto il nome commerciale AMIANTO o ASBESTO appartengono a 2 diversi gruppi mineralogici:

1. **SERPENTINO** (crisotilo)
2. **ANFIBOLO** (amosite, antofillite, crocidolite, tremolite, actinolite).

L'amianto si trova in natura sotto forma di vene o fasci di fibre all'interno della roccia madre. Le fibre, a seconda della giacitura in cui possono trovarsi prendono il nome di:

- Cross Fibre, se sono orientate perpendicolarmente alle vene;
- Slip Fibre, se sono parallele
- Mass Fibre, se sono disposte in maniera caotica all'interno della roccia inglobante.

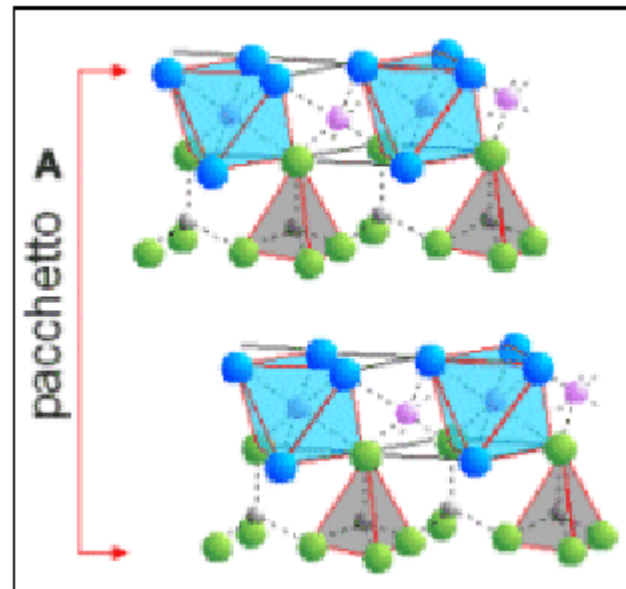
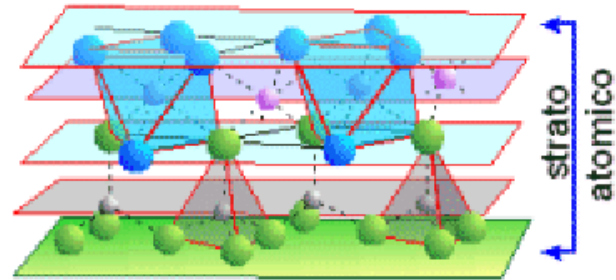
FILLOSILICATI

Vedi unità didattica

“FILLOSILICATI E MINERALI ARGILLOSI”

del corso di MINERALOGIA

FILLOSILICATI



Amianto di serpentino

Il **crisotilo**, o amianto bianco, è la varietà fibrosa del serpentino (le altre modificazioni strutturali sono lizardite e antigorite), un silicato idrato di magnesio di formula $\text{Mg}_3(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5$

Si presenta generalmente con colori che vanno dal bianco al giallognolo verdastro, morbido al tatto e con lucentezza sericea.

Mineralogicamente è possibile classificarlo sulla base della simmetria della cella elementare in:

- Ortocrisotilo e paracrisotilo (raro)
- Clinocrisotilo



Amianto di serpentino

CRISOTILO

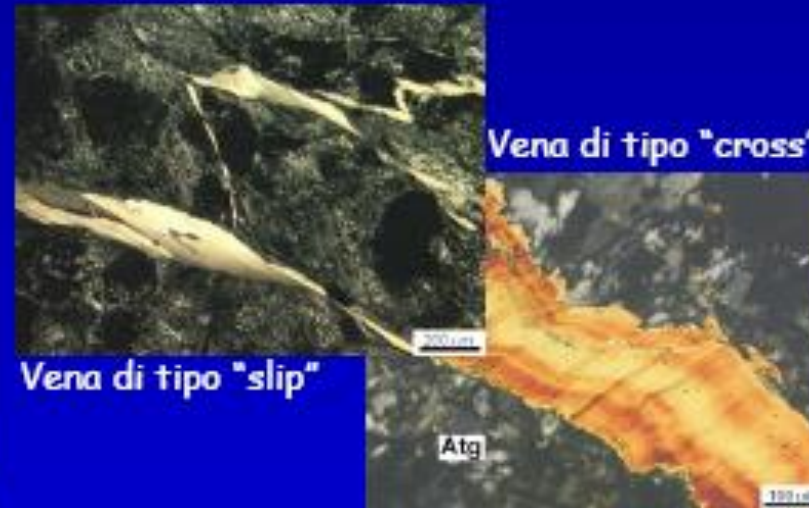
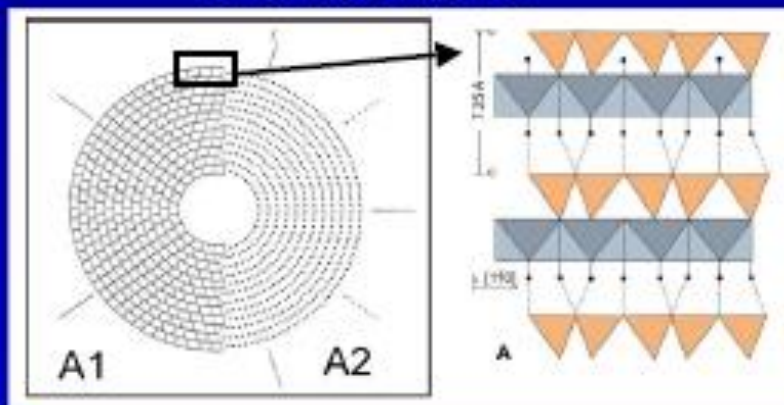


Miniera di Balangero (TO)



Crisotilo di Balangero

Struttura crisotilo



Amianto di serpentino: genesi

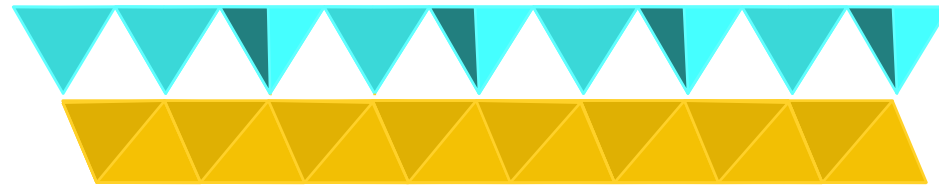
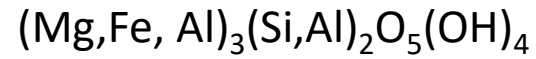
I minerali del gruppo del serpentino si formano per **trasformazione idrotermale retrograda di rocce ultrabasiche** (duniti, peridotiti, gabbri e basalti olivinici), oppure per **metamorfismo progrado di una serpentinite** già preesistente.

La sequenza di eventi che determinano la formazione di vene costituite da fibre di crisotilo asbestiforme non è ancora conosciuta con certezza. Le fibre si possono formare:

- a) Contemporaneamente alla matrice della roccia, anch'essa costituita da serpentino, a partire dalla stessa roccia madre;
- b) Oppure si possono formare successivamente; in quest'ultimo caso le fibre possono sostituire il preesistente materiale della matrice, forse partendo da una fessura e crescendo verso l'interno
- c) Oppure possono crescere all'interno di fessure preesistenti per effetto di soluzioni che permeano la roccia.

Giacimenti: Canada (Quebec), URSS, Rhodesia, Cina, USA Jugoslavia, Italia, Grecia, Cipro

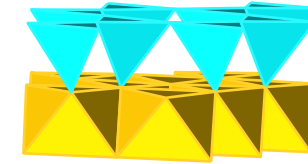
Struttura del crisotilo $\text{Mg}_3(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5$



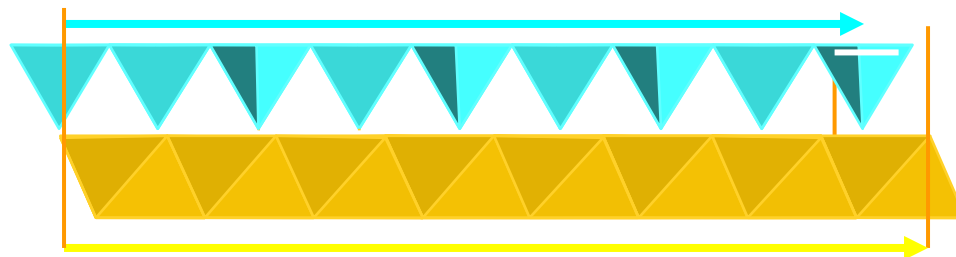
T-layer

O-layer

silicato a strati 1:1, Struttura ideale: fit perfetto

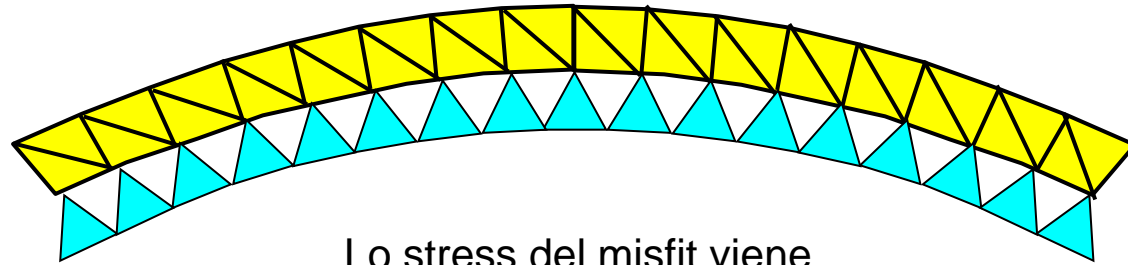


Sequenza di unità TO

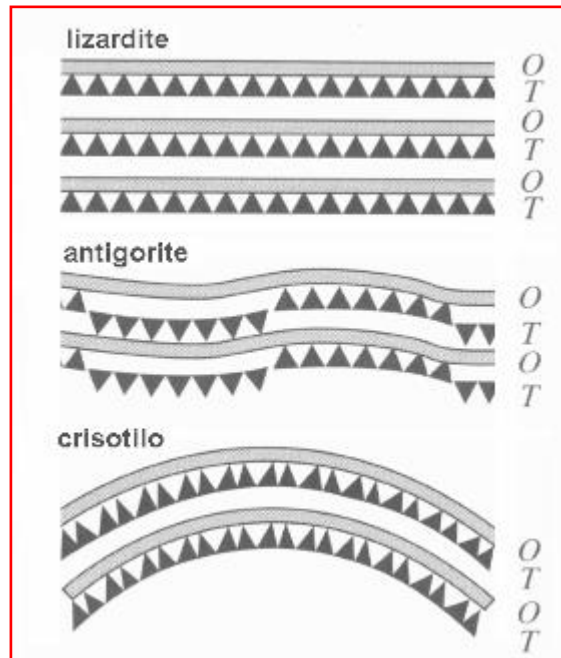


In realtà, esiste un misfit dimensionale (stress) fra lo strato ottaedrico brucitico ($a_{id}=5.4 \text{ \AA}$ e $b_{id}=9.4 \text{ \AA}$) e quello tetraedrico ($a_{id}=5.0 \text{ \AA}$ e $b_{id}=8.7 \text{ \AA}$) “parzialmente” compensato dall’incurvamento degli strati

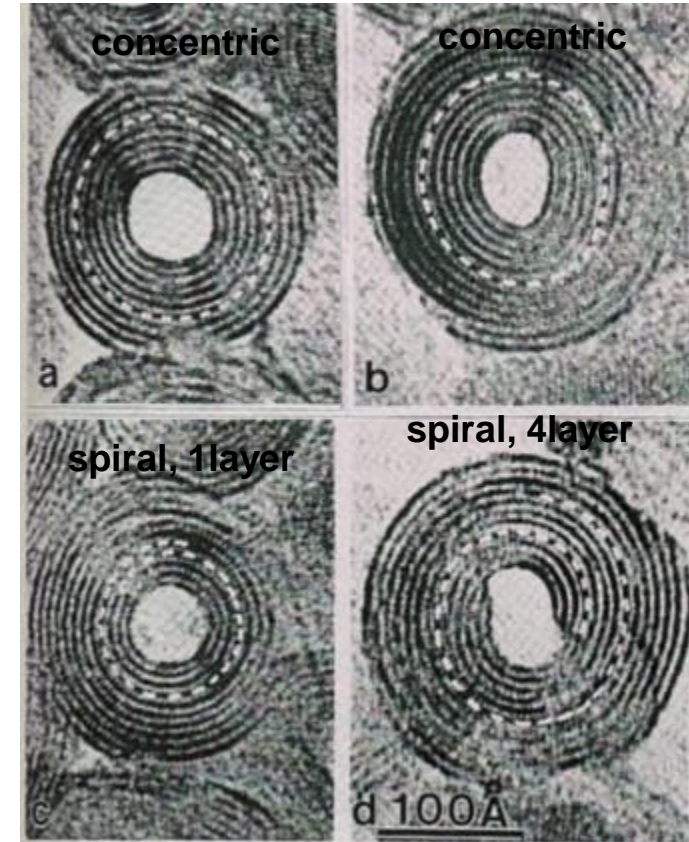
Struttura del crisotilo $Mg_3(OH)_4Si_2O_5$



Lo stress del misfit viene rilasciato tramite il piegamento dello strato

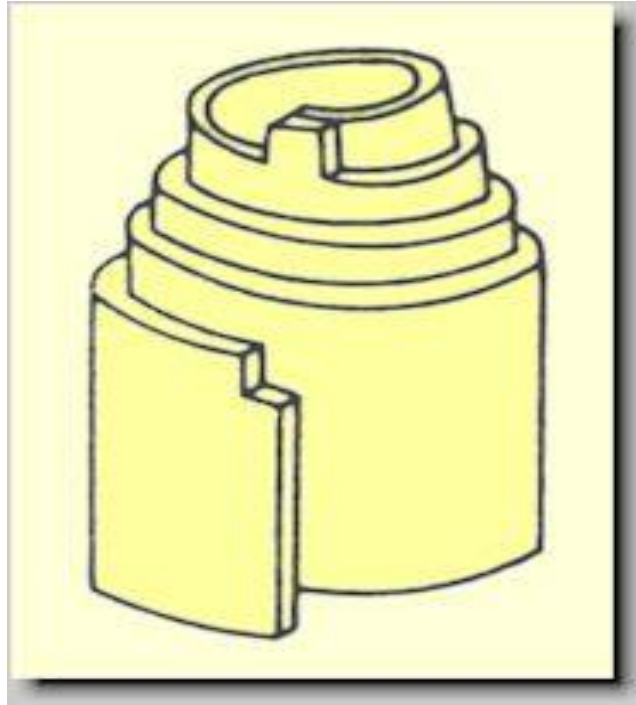


Piegamento estremo = tubi di crisotilo
Diametro interno: 2 - 5 nm
Diametro esterno: 20 - 70 nm



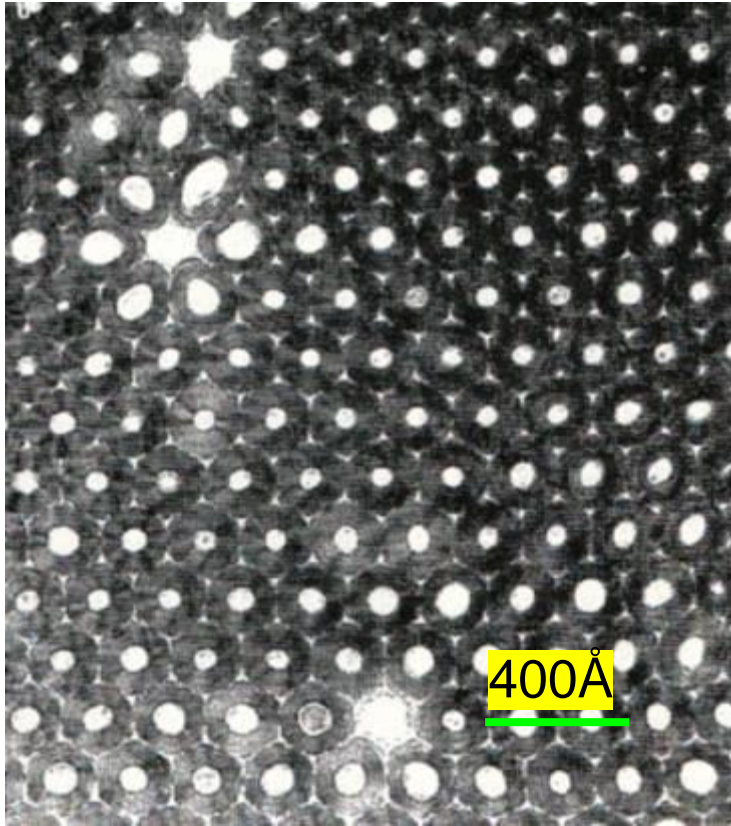
Immagini HRTEM di sezioni di fibre di crisotilo

La struttura cilindrica del crisotilo



E' stato calcolato che il diametro ideale privo di strain per uno strato cilindrico di Mg-crisotilo puro è 176 \AA . Poiché gli strati 1:1 non possono assumere curvature troppo strette, di solito le fibrille di crisotilo presentano tubi interni. Inoltre, anche quando le fibrille sono arrangiate in impacchettamenti compatti, tra di loro rimangono delle porosità.

Fasci di fibre di crisotilo



Sezione di un aggregato regolare di tubi di crisotilo (Baronnet, 1991).

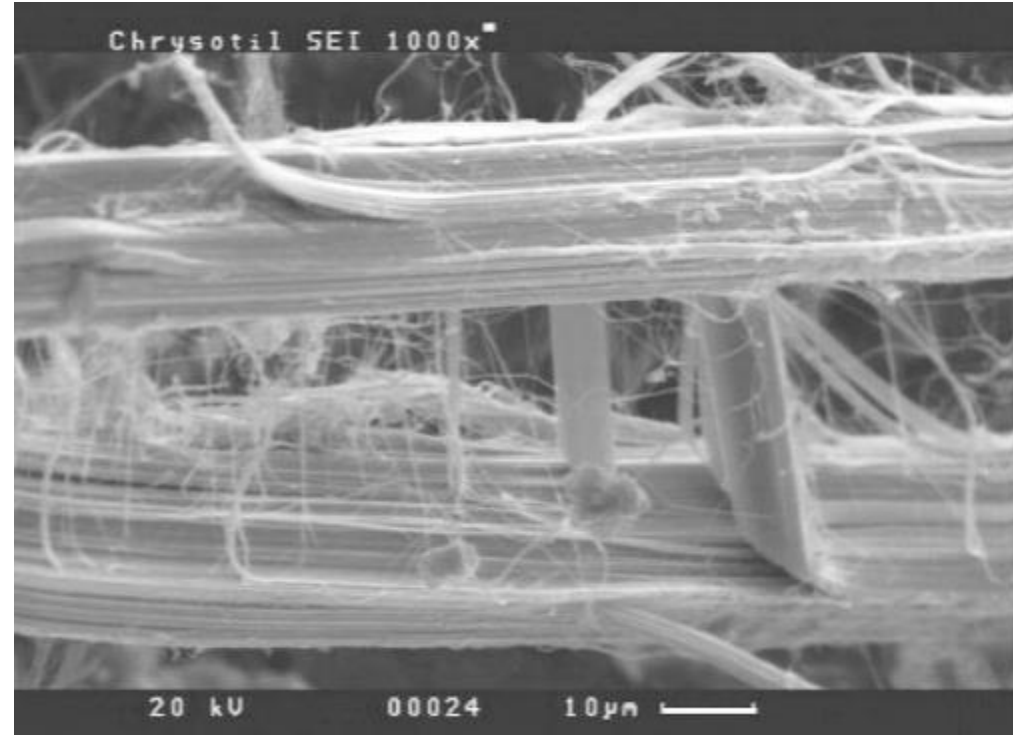
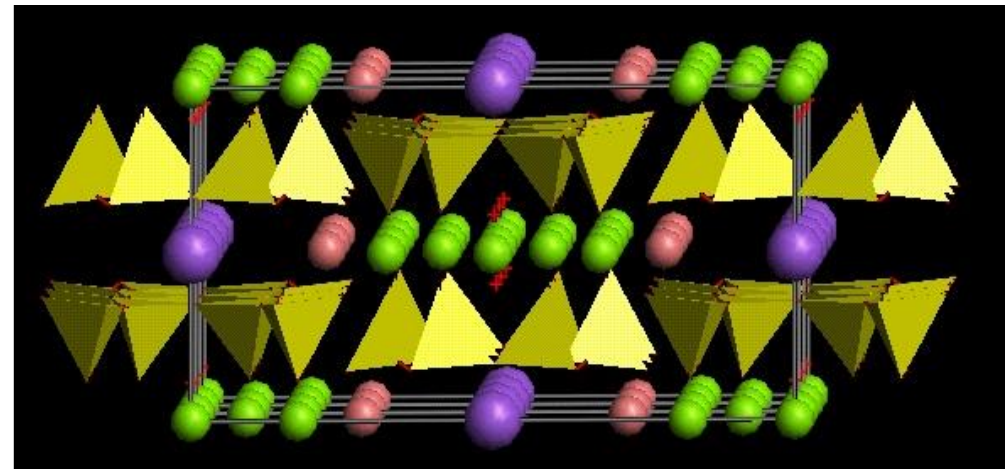
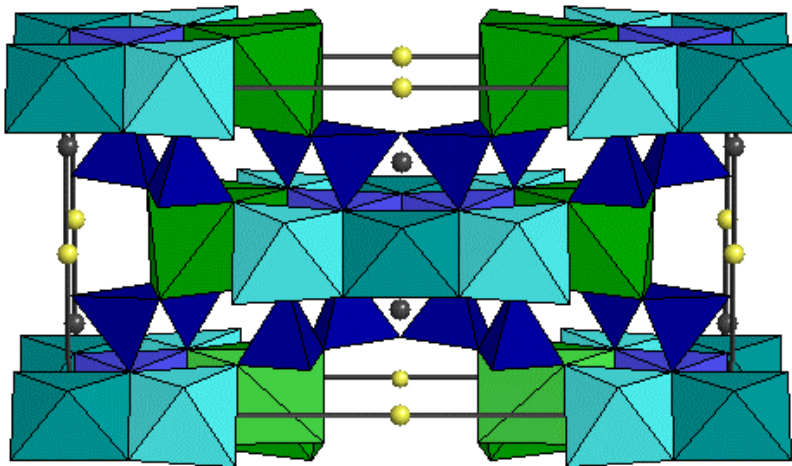


Immagine SEM di fibre di crisotilo e di fasci di fibre (Métraux 2001)

Amianti del gruppo degli anfiboli

Gli **anfiboli** sono inosilicati a catena doppia con periodo pari a due tetraedri. Tali catene possono anche essere considerate come una successione di anelli di 6 tetraedri. Queste doppie catene, disposte parallelamente all'asse cristallografico verticale, sono legate lateralmente da ioni metallici che variano a seconda del tipo di anfibolo.

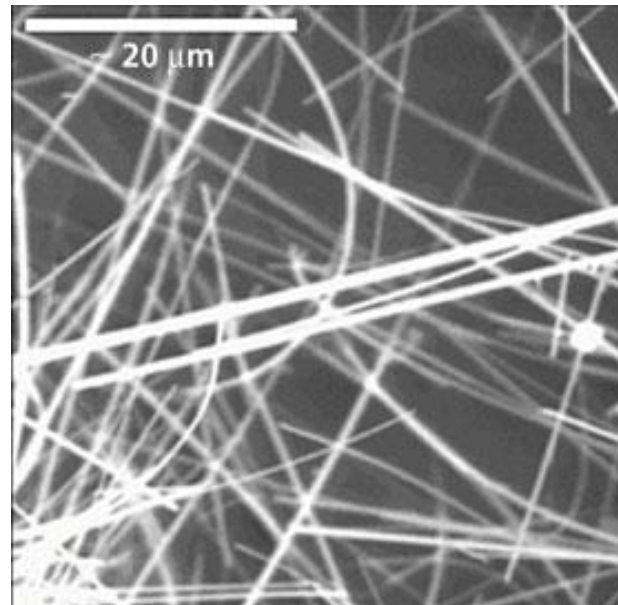
I legami Si-O-Si lungo la catena sono più saldi rispetto a quelli ionici tra le diverse catene, cosicché gli anfiboli si separano con facilità nel senso del loro allungamento, formando sub-unità denominate impropriamente “fibrille”.



Amianti del gruppo degli anfiboli

A differenza del crisotilo, gli amianti di anfibolo non hanno la forma di tubicini, bensì sono **fibroso-aciculari**. Un'altra differenza sostanziale è data dalle loro caratteristiche idrofobe, e non idrofile come il crisotilo.

Gli anfiboli sono minerali femici, prevalenti in condizioni di pressione e temperatura intermedie ed in rocce magmatiche a medio contenuto di SiO_2 , come le dioriti. A T più alte, gli anfiboli si trasformano in pirosseni perdendo acqua, mentre, a T più basse, in fillosilicati



Amianti del gruppo degli anfiboli

Tra gli anfiboli, quelli che possono presentarsi con abito asbestiforme sono:

1. Riebeckite:



che quando si presenta in forma fibrosa prende il nome di **CROCIDOLITE** o amianto blu

2. Grunerite:



che quando si presenta in forma fibrosa prende il nome di **AMOSITE** o amianto bruno

Crocidolite e amosite si trovano principalmente nel Transvaal in formazioni di età riferibile al Precambriano. Ci sono giacimenti anche in Sudafrica e in Australia occidentale, dove il minerale si ritrova in filoni paralleli alla stratificazione della roccia.

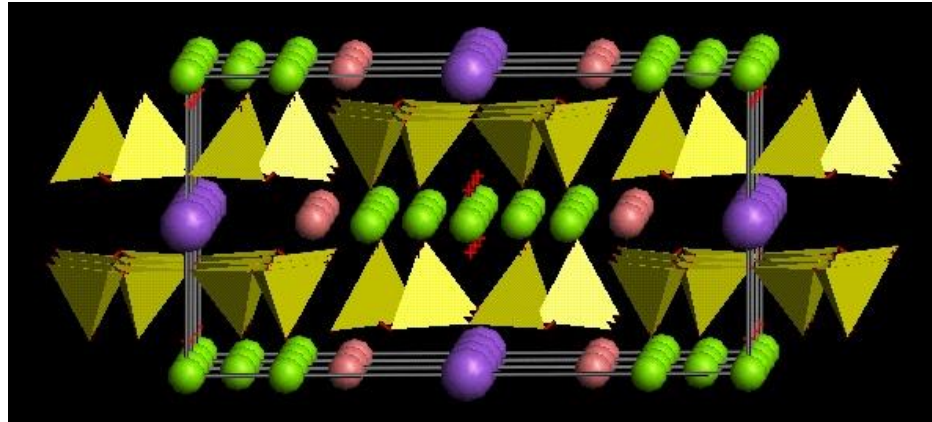
Amianti del gruppo degli anfiboli

Altri anfiboli che possono trovarsi nella varietà asbestiforme sono:

3. **antofillite** $[\text{Mg}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$

4. **tremolite** $[\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$

5. **actinolite** $[\text{Ca}_2\text{Fe}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$



Amianti del gruppo degli anfiboli

TREMOLITE

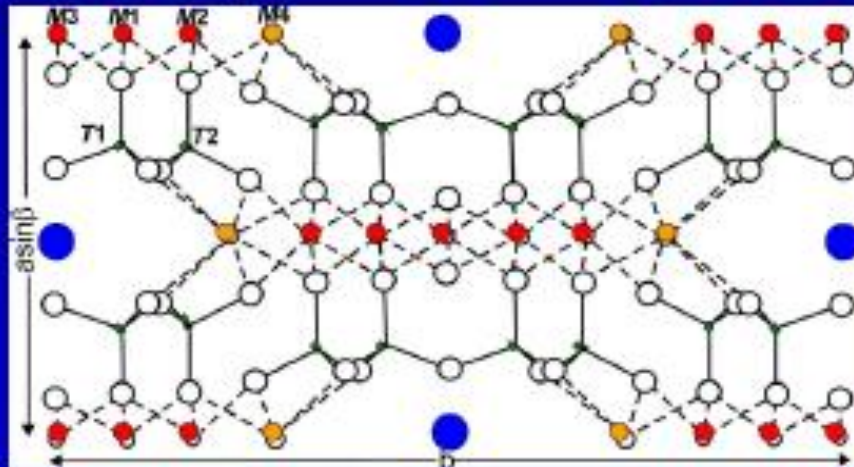


Tremolite Jovenceaux (Val di Susa)

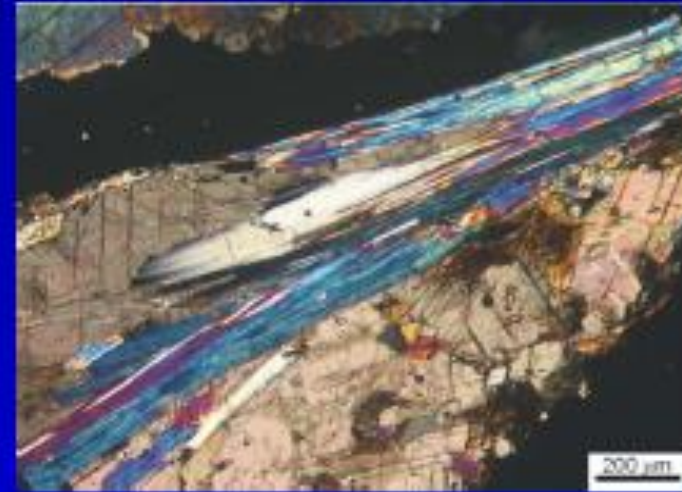


Tremolite Val di Susa

Struttura { A = sito A C = siti M1, M2, M3
B = sito M4 T = siti T1, T2



Vena di tremolite + calcite



Variazioni composizionali degli asbesti di anfibolo I

Mentre la composizione dell'asbesto di crisotilo è vicina alla idealità $[\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4]$, con solo minori sostituzioni di Al e Fe, gli asbesti di anfibolo possono mostrare maggiori deviazioni dalle formule ideali.

Per esempio, sebbene l'asbesto di crocidolite sia identificato con l'anfibolo riebekite, la crocidolite può essere così diversa dalla formula end-member $[\text{Na}_2\text{Fe}^{3+}_2\text{Fe}_3^{2+}\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2]$ da non cadere nemmeno nel pur largo campo composizionale connesso al nome riebekite.

Data la possibilità che gli effetti sulla salute dipendano dalla composizione chimica del minerale, tali variazioni dovrebbero suggerire prudenza a chi intende associare specifiche attività biologiche a specifici nomi di minerali o di tipi di asbesto.

Variazioni composizionali degli asbesti di anfibolo II

Le tipiche sostituzioni negli asbesti di anfibolo sono:

- Fe e Mg si mescolano liberamente nei siti ottaedrici**
- un po' di Fe^{3+} entra nella amosite e nella antofillite**
- un po' di Al può sostituire Si in tetraedro**
- un po' di K, Na e Ca possono entrare nel sito A, di solito vuoto negli asbesti di anfibolo**
- limitate soluzioni solide con gli anfiboli calcici possono aversi in crocidolite, amosite e antofillite.**

Un ulteriore fattore di complicazione nella interpretazioni degli asbesti di anfibolo deriva dal fatto che essi raramente, se non mai, sono di puro anfibolo, ma contengono anche silicati a strati intercresciuti.

I maggiori depositi mondiali di crocidolite e amosite si verificano all'interno di Banded iron formation (BIF) nell'Africa meridionale e nell'Australia occidentale. I livelli individuali sono spessi da 0,5 a 30 cm e raggruppano strati fino a diverse decine di metri (scogliere) per centinaia di chilometri

I banded iron bed (letteralmente "orizzonti ferriferi a bande") sono un tipo di roccia sedimentaria caratteristico di sedimenti estremamente antichi risalenti al Precambriano. Queste rocce sono costituite da alternanze di orizzonti ricchi in ferro ossidato, magnetite (Fe_3O_4) o ematite (Fe_2O_3), alternati a letti di selce e argilla



Caratteristiche chimico-fisiche dei minerali di amianto

Caratteristiche chimico-fisiche dei minerali di amianto

Nonostante i minerali di amianto siano estremamente resistenti, sono tutti sensibili sia all'attacco chimico che termico.

Il crisotilo in particolare è attaccato dagli acidi e il suo grado di dissoluzione dipende dalla temperatura, dalla concentrazione e dal tipo di acido.

Gli amianti anfibolici sono più resistenti a questi attacchi, ma non ad alte temperature.

I minerali di asbesto vengono completamente decomposti a temperature intorno ai 1000°C o minori, a seconda delle varietà.

Il crisotilo, indipendentemente dall'ambiente, dà origine a forsterite a temperature di circa 600°C.

La decomposizione termica degli anfiboli è più complessa e dipende dall'atmosfera in cui avviene; di solito si formano pirosseni, cristobalite e ossidi di ferro.

Proprietà dell'amianto

Proprietà	Valori	Cause
Resistenza al fuoco ed incombustibilità	Punto di deterioramento: 450-700 °C	Solo rilascio di molecole d'acqua durante il processo di deossidrilazione: $\text{Mg}_3(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5 \Rightarrow \text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_7 + 2\text{H}_2\text{O}$
Refrattarietà	Punto di fusione del residuo: 1500 °C	Trasformazioni ad alta temperatura in olivina ed enstatite: $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_7 \Rightarrow \text{MgSiO}_3 + \text{Mg}_2\text{SiO}_4$
Resistenza all'attacco alcalino	Stabilità chimica nel range di pH 7-14	La reazione di dissoluzione del crisotilo per pH <7-8: $\text{Mg}_3(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5 + 6\text{H}^+ \Rightarrow 3\text{Mg}^{2+} + 2\text{H}_4\text{SiO}_4 + \text{H}_2\text{O}$. Fortunatamente per l'uomo il pH dei macrofagi alveolari è 4!
Fonoassorbimento (isolamento acustico)	Coefficiente di trasmissione del suono (STC): fino a 70-90 Nb. Gesso = 36	Caratteristico dei materiali a bassa densità.
Resistenza all'abrasione	Durezza MOHS: 2.5-4	Praticamente impossibile misurare la resistenza all'abrasione (ISO 10545.4) data l'elasticità e la morfologia asbestiforme

Proprietà dell'amianto

Proprietà	Valori	Cause
Bassa densità	$d = 2.55 \text{ g/cm}^3$	E' un fillosilicato di Mg e Si con interstrato vuoto e cavità centrale attorno alla fibrilla
Basso coefficiente di trasmissione termica	Conducibilità termica: $<0.1 \text{ Kcal/m}^2$	Caratteristico dei materiali a bassa densità e favorito dal chimismo del crisotilo.
Lavorabilità (filabilità)	Eccellente con possibilità di ottenere fibre industriali con $\phi \approx 0.1-1 \mu\text{m}$	Dovuta all'abito ASBESTIFORME (aggregati di fibrille a formare fibre flessuose)
Alto modulo elastico e res. alla trazione RT:	$R_T = 490-1961 \text{ MPa}$	Possibilità di "stirare" la fibra lungo il suo asse maggiore per rottura ponti idrogeno e scivolamento degli strati TO.
Grande superficie specifica	Misura superficie specifica con BET (N_2): $20-40 \text{ m}^2/\text{g}$	Trattandosi di fibre monodimensionali di dimensioni molto piccole (generalmente con diametro inferiore ad $1 \mu\text{m}$ e lunghezza $2-10 \mu\text{m}$), la superficie specifica è molto alta

A queste va aggiunto il fatto che è una materia prima naturale di basso costo!

Caratteristiche chimico-fisiche degli asbesti impiegati nell'industria

CARATTERISTICHE	CRISOTILO	AMOSITE	CROCIDOLITE	ANTOFILLITE	ACTINOLITE	TREMOLITE
Colore	bianco a verde pallido	grigio a marrone	blu	bianco a grigio, marrone	bianco a grigio	verde chiaro a verde scuro
Temperatura decomposizione in °C	450-700	600-800	400-600	600-850	620-960	950-1040
Temperatura fusione in °C	1500	1400	1200	1450	1400	1315
Densità g/cm ³	2.55	3.4-3.5	3.3-3.4	2.85-3.1	3.0-3.2	2.9-3.1
Resistenza agli acidi	scarsa	media	buona	molto buona	media	molto buona
Resistenza agli alcali	molto buona	buona	buona	molto buona	buona	buona
Resistenza alla trazione 10 ³ Kg/cm ³	31	17	35	(<7)	5	5
Aspetto	serico, flessibile	fragile	fragile e duro	fragile	–	fragile, friabile
Flessibilità	molto buona	discreta	buona	discreta-fragile	fragile	fragile
Filabilità	molto buona	discreta	buona	scarsa	scarsa	scarsa
Indice rifrazione	1,53-1,55	1,66-1,69	1,65-1,70	1,59-1,69	1,60-1,69	1,60-1,69

Utilizzi dei minerali fibrosi

I principali settori industriali in cui si utilizzava l'amianto sono quelli legati alla produzione di:

- a) **Cemento amianto** (es. edilizia, materiale ferroviario)
- b) **Prodotti tessili ignifughi e resistenti agli acidi** (es. filati, tessuti, nastri e feltri)
- c) **Materiali d'attrito** (es. freni e frizioni)
- d) **Carta e cartoni** (es. imballi isolanti, carta assorbente e ignifuga, filtri)
- e) **Materiali ignifughi ricoprenti di travi e solai**

Es: mattonelle, guarnizioni, pitture, rivestimenti sigillanti e isolanti, feltri, tende e drappi per ambienti pubblici, imballi, tubi per gas corrosivi, isolanti per fili elettrici, plastiche rinforzate con asbesto, tubi in amianto cemento, componenti per motori elettrici e refrigeranti etc.

Utilizzi dei minerali fibrosi

Tabella 4. *Principali impieghi dell'asbesto .*

ASPETTO	PRODOTTO
GREGGIO	filati, fili, feltri, stoppini, carta, cartone, filo isolante, coppelle di rivestimento, isolante termico in caldaie, guarnizioni, freni, lastre, condotti, mastici, vernici, asbesto spray, pavimenti, materassi, intonaci, stucchi, fibre e tamponi filtranti, strato di fondo per carrozzerie, ecc.
FILATI	tessuti, nastri, dischi frizione, filtri per maschere antigas, stoppini, spago, rivestimento conduttori elettrici, ecc.
TESSUTI	guarnizioni ad anello, indumenti, guanti, grembiali, tappezzerie, sipari teatrali, nastri trasportatori, coperture per tavoli da stiro, materassi isolanti, ecc.
FELTRI	isolamento acustico, imbottiture pianoforti, ecc.
CARTA	coperture condotte, coibentazioni per tetti, avvolgimento bobine, rivestimenti stufe, filtri, condotti di scarico per automobili, applicazioni varie in chimica e fisica, ecc.
CARTONI	rivestimenti stufe, casseforti, macchine lavaggio a secco, porte antifiamma, forni, soffittature, guarnizioni, ecc.
CEMENTO/AMIANTO	lastre piane, tramezzi, coperture ondulate, condutture, ecc.

Materiali sostitutivi dell'amianto

PRODOTTI	SOSTITUTI
Coperture e tubi in amianto-cemento	Fibre di vetro e di cellulosa, Poliacrilonitrile, Polivinilalcol, Polipropilene in fibre e in rete
Lastre di isolamento	Vermiculite, Miche, Wollastonite, lana di vetro
Termoisolanti	Lane minerali, Rayon, fibre ceramiche, fibre di vetro, poliacrilonitrile
Materiali di attrito	Wollastonite, fibre cellulosiche, aramidiche, acriliche e fibre di carbonio
Materiali di tenuta	Feltri con fibre ceramiche, di vetro e aramidiche

I livelli di rischio

Si distinguono almeno due approcci al rischio:

* AMBIENTI DI VITA

* AMBIENTI DI LAVORO

Che differiscono per:

- Ambito normativo
- Metodologie di misura (microscopia ottica o elettronica)
- Livelli di accettabilità
- Provvedimenti di prevenzione
- Mezzi di protezione

Leggi e Norme

- 1) Protezione dei lavoratori
- 2) Restrizioni/divieti di impiego
- 3) Decreti applicativi del decreto Legislativo
257/92
- 4) Prevenzione/Riduzione dell'inquinamento
ambientale

LEGGI GUIDA - I

La normativa inerente l'asbesto è estremamente articolata e complessa e quindi si citeranno solo le norme più importanti.

La **Legge n. 257 del 1992** mette al bando tutti i prodotti contenenti amianto, vietando l'estrazione, l'importazione, la commercializzazione e la produzione dell'asbesto e di tutti i prodotti che lo contengono, secondo un programma di dismissione il cui termine ultimo era fissato al 28 aprile 1994 (norme successive hanno introdotto una deroga a tale divieto limitatamente ad alcune applicazioni particolari).

Questa legge regola il processo di dismissione, definendo i criteri per il finanziamento delle imprese interessate alla riconversione produttiva e per i benefici previdenziali a favore dei lavoratori occupati nella produzione dell'amianto. La Legge 271/93 estende tali benefici a tutti i lavoratori professionalmente esposti ad amianto.

La legge 257/92 rimanda alla successiva emanazione di una lunga serie di dispositivi di attuazione rappresentati da: norme nazionali di coordinamento o di indirizzo; disciplinari tecnici predisposti dalla "Commissione per la valutazione dei problemi ambientali e dei rischi sanitari connessi all'impiego dell'amianto"; norme regionali conformi al DPR del 8 agosto 1994, sottoforma di piani operativi per l'attuazione concreta degli interventi conoscitivi e di controllo.

LEGGI GUIDA – II

La principale legge di riferimento per la tutela dei lavoratori è il **Decreto Legislativo n.277 del 1991**, che formula le norme sulla protezione dei lavoratori contro i rischi connessi all'esposizione ad amianto durante il lavoro.

Per la tutela dell'ambiente si fa riferimento al **Decreto Legislativo n.114 del 17 marzo 1995** che previene l'inquinamento ambientale da amianto regolamentando le emissioni in atmosfera e gli scarichi negli effluenti liquidi.

In attuazione di quanto previsto dalla L. 257/92 sono stati emanati vari disciplinari tecnici che riguardano la valutazione del rischio e la bonifica di edifici (DM 6 settembre 1994), rotabili ferroviari (DM 26 ottobre 1995), siti estrattivi, siti dismessi, tubazioni e serbatoi in amianto-cemento (DM 14 maggio 1996).

La prima di tali norme, il DM 6 settembre 1994, contiene i principi per la valutazione del rischio, la sicurezza durante gli interventi di bonifica, le metodologie per le indagini di laboratorio, cui fanno riferimento anche i decreti successivi.

Il limite di sicurezza per i lavoratori esposti all'asbesto è di 10 fibre/L, a prescindere dalla particolare tipologia del minerale (limiti indicati dall'ACGIH, American Conference of Governmental Industrial Hygienists).

Materiali asbestiformi

Norme e leggi

Ambienti di lavoro

* **La concentrazione di fibre aerodisperse varia con il variare della mansione.**

Alcuni esempi:

- ◇ Rimozione coperture a secco
0,03 - 0,3 ff/ml media 8 ore 0,2 ff/ml ^{cm³}
- ◇ Rimozione coperture con trattamento
0,01 - 0,08 ff/ml media 8 ore 0,2 ff/ml
- ◇ Produzione vetro
media 8 ore 0,3 ff/ml
- ◇ Fustellatura guarnizioni
media 8 ore 0,2 ff/ml
- ◇ Smontaggio freni
0,2 - 2 ff/ml
- ◇ Scoibentazione di friabile
0,6 - 2 ff/ml

Ambienti di vita

* **La concentrazione di fibre aerodisperse può andare da valori di 0,0001 ff/l in aria ambiente fino a 50 - 100 ff/l in ambienti confinati con amianto friabile degradato (dati riferiti a misure in microscopia elettronica).**

* **Sono esposizioni in generale non paragonabili a quelle professionali tuttavia non sono da sottovalutare perchè:**

- ◇ per il rischio neoplastico non vi sono teoricamente valori di soglia
- ◇ le fibre inalate nel tempo si accumulano nell'organismo e accrescono progressivamente il rischio (probabilità) di provocare danni (soprattutto gli anfiboli)
- ◇ tra la popolazione esposta sono compresi anche i bambini che eventualmente occupano una scuola con amianto: essi hanno una lunga aspettativa di vita e hanno perciò più possibilità di sviluppare il tumore
- ◇ l'esposizione civile è una esposizione vera poichè normalmente gli occupanti un edificio con amianto non portano mezzi di protezione delle vie respiratorie, a differenza dei professionalmente esposti

* **Protezione dei lavoratori**

◇ **Decreto del Presidente della Repubblica 30/6/65 n° 1124:** Assicurazione contro l'asbestosi

◇ **Decreto Interministeriale 18/4/73:** Obbligo denuncia dell'asbestosi

◇ **Legge n° 780 del 27/12/75:** Revisione tabelle lavorazioni a rischio di asbestosi

◇ **Decreto Ministeriale 16/10/86 Ministero Industria - Ministero Sanità:** Monitoraggio del rischio nelle attività estrattive dell'amianto

◇ **Decreto Ministero del Lavoro 21/1/87:** Visite periodiche ai lavoratori a rischio asbestosi

◇ **Decreto Ministero del Lavoro 20/6/88:** Premi assicurativi rischio asbestosi

◇ **Decreto Legislativo 15/8/91 n° 277:** Protezione dei lavoratori dal rischio amianto.

Valori limite

I valori limite di concentrazione di amianto nei luoghi di lavoro sono quelli definiti dall'art. 31 del D.Lgs. 277/91 (modificati dalla Legge 257/92):

- 0,6 fibre/cm³ per il crisotilo
- 0,2 fibre/cm³ per le altre forme.

<http://www.laserlab.it/Documenti/Inquinanti/Amianto/AMIANTO.htm>

10/10/2002

Ove vi sia rischio amianto, gli obblighi del datore di lavoro sono sintetizzati nella seguente tabella:

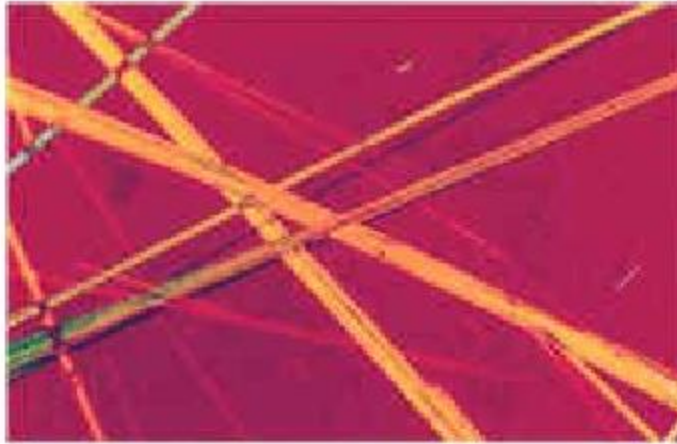
	Concentrazione di fibre di amianto :		
	< 0,1 fb/cm ³	> 0,1 fb/cm ³	> 0,6 fb/cm ³ per crisotilo > 0,2 fb/cm ³ per altre forme
Controllo esposizione	Controllo dell'esposizione ogni <u>3 anni</u>	Controllo dell'esposizione ogni <u>3 mesi</u> . <i>Per le attività a carattere saltuario il controllo dell'esposizione è di 1 volta all'anno)</i>	Nuovi controlli dell'esposizione dopo aver adottato i provvedimenti necessari e riportare la concentrazione di amianto nell'aria al di sotto di tale limite massimo
Informazione ai lavoratori	Informazione triennale ai lavoratori sul rischio, sui risultati e sulle misure di protezione	Informazione ai lavoratori, con cadenza <u>annuale</u> , delle concentrazioni e dei limiti di esposizione	Immediata informazione ai lavoratori del superamento
Dotazione mezzi		Dotazione di idonei mezzi di protezione individuali (maschere respiratorie, guanti, tute) Dotazione di <u>servizi igienici adeguati</u> , provvisti di docce Compartimenti separati per indumenti da lavoro e per abiti civili	Uso dei mezzi di protezione individuali messi in dotazione (solo per il tempo strettamente necessario)
Blocco attività			Se dopo 90 giorni, nuove misurazioni confermano il superamento dei limiti, l'attività non può proseguire

**METODOLOGIE ANALITICHE
PER LO STUDIO DI MATERIALI
CONTENENTI AMIANTO**

Indagini analitiche di materiali asbestiformi

TECNICA ANALITICA	ASPETTO DEL CAMPIONE	INFORMAZIONI	INTERFERENZE
Microscopia ottica (MOCF)	Polveri in massa Strato sottile su filtro	morfologiche, qualitative, quantitative	Potere risolutivo limitato a 0,2-0,3 micron. Interferenze: fibre organiche e non
Microscopia elettronica a scansione (SEM) con microanalisi	Polveri in massa Strato sottile su filtro	morfologiche, composizione elementare	Superficie di analisi ridotta
Microscopia elettronica a trasmissione (TEM) con microanalisi	Strato sottile su filtro	morfologiche, strutturali, composizione elementare	Superficie di analisi ridotta; spessore delle particelle
Diffrazione a raggi X (DRX)	Polveri in massa Strato sottile su filtro	qualitative, quantitative, strutturali	Numerose se il materiale non è puro; planarità della pastiglia
Spettrofotometria IR (IR)	Polveri in massa Strato sottile su filtro	qualitative, quantitative	Molte se il materiale non è puro per la sovrapposizione di bande di assorbimento

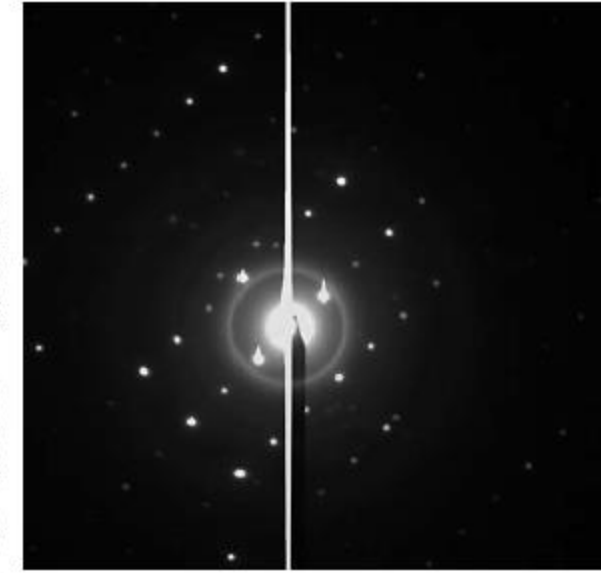
Tecniche analitiche-1



A contrasto di fase

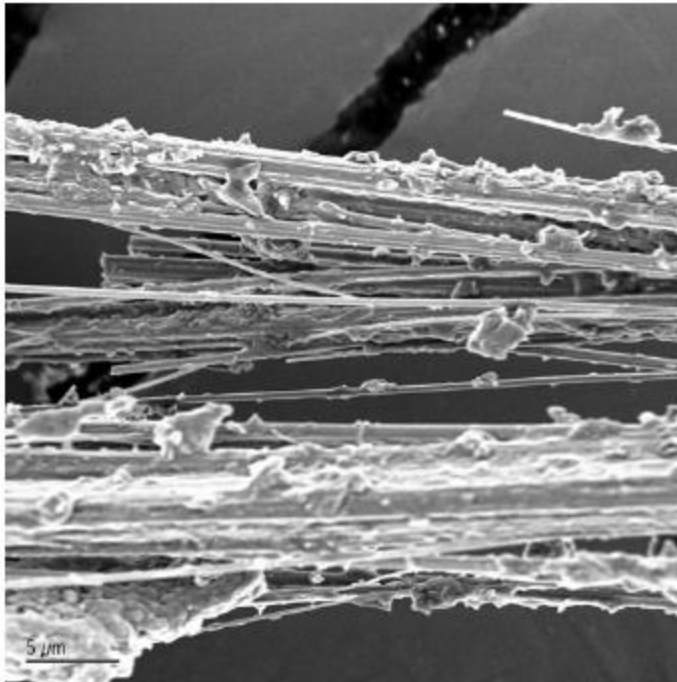


TEM

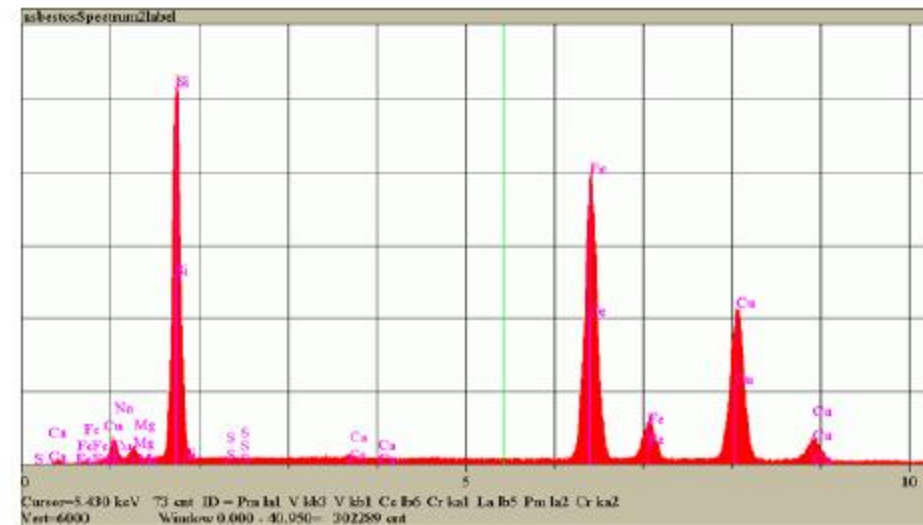


XRD

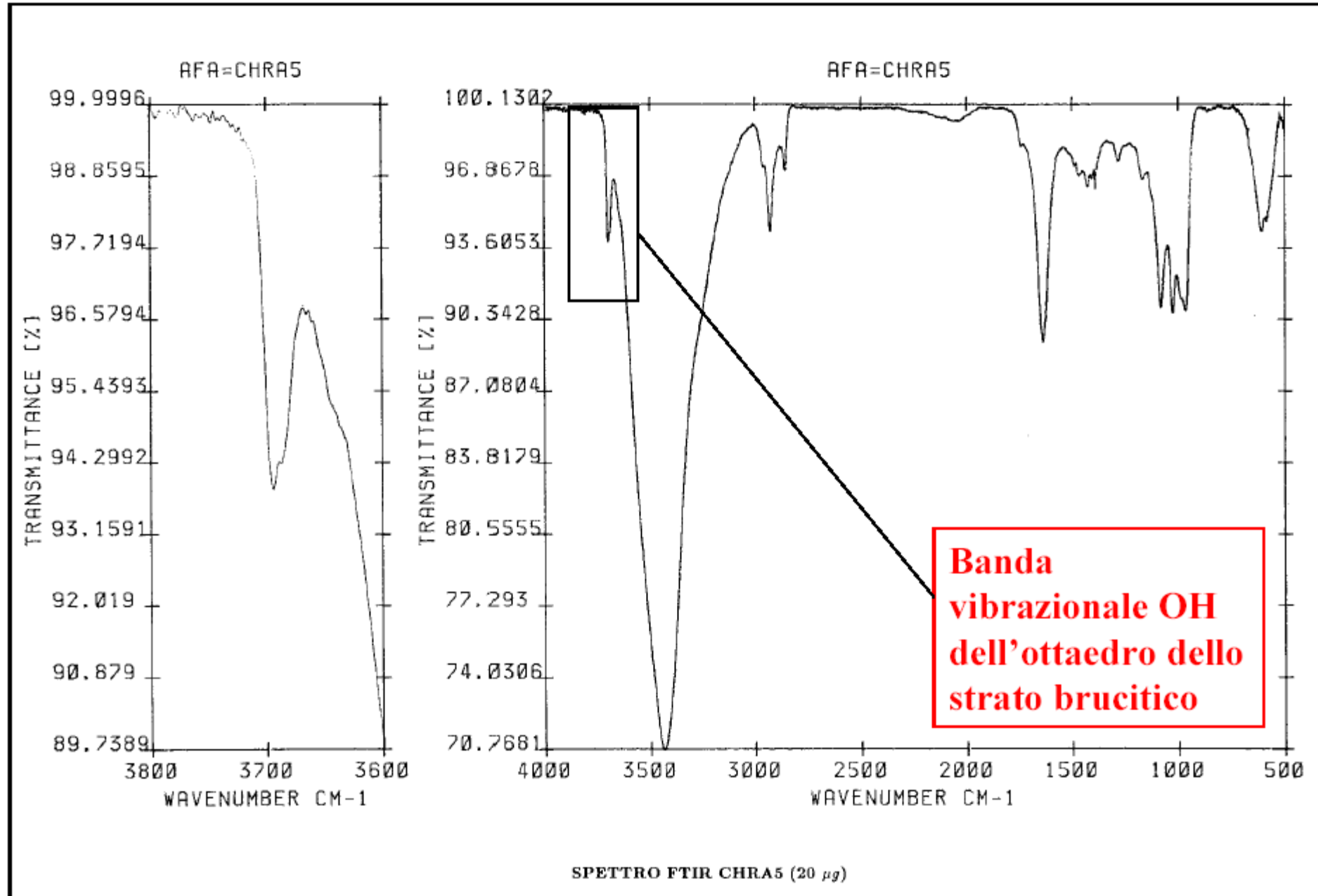
EDS



SEM



Tecniche analitiche-2: FTIR

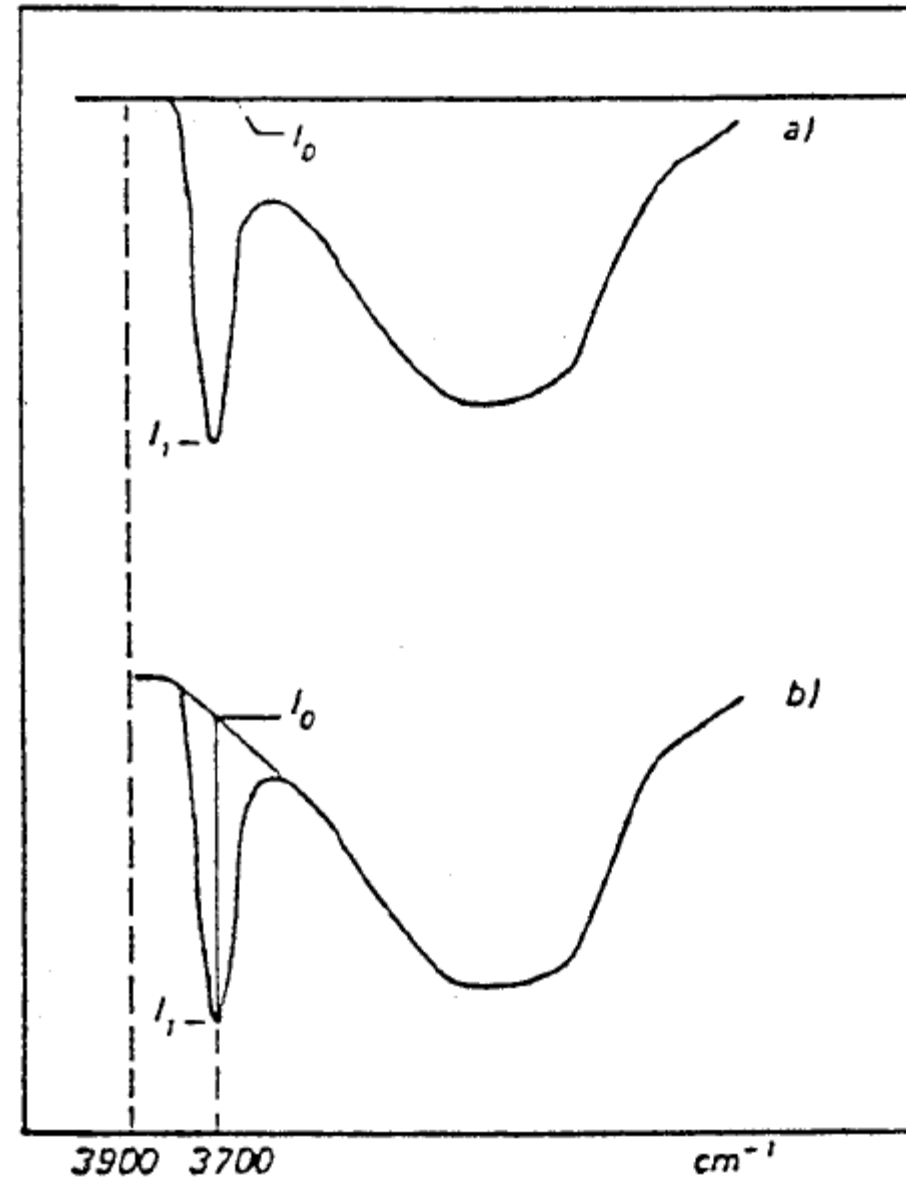


Tecniche analitiche-2: FTIR

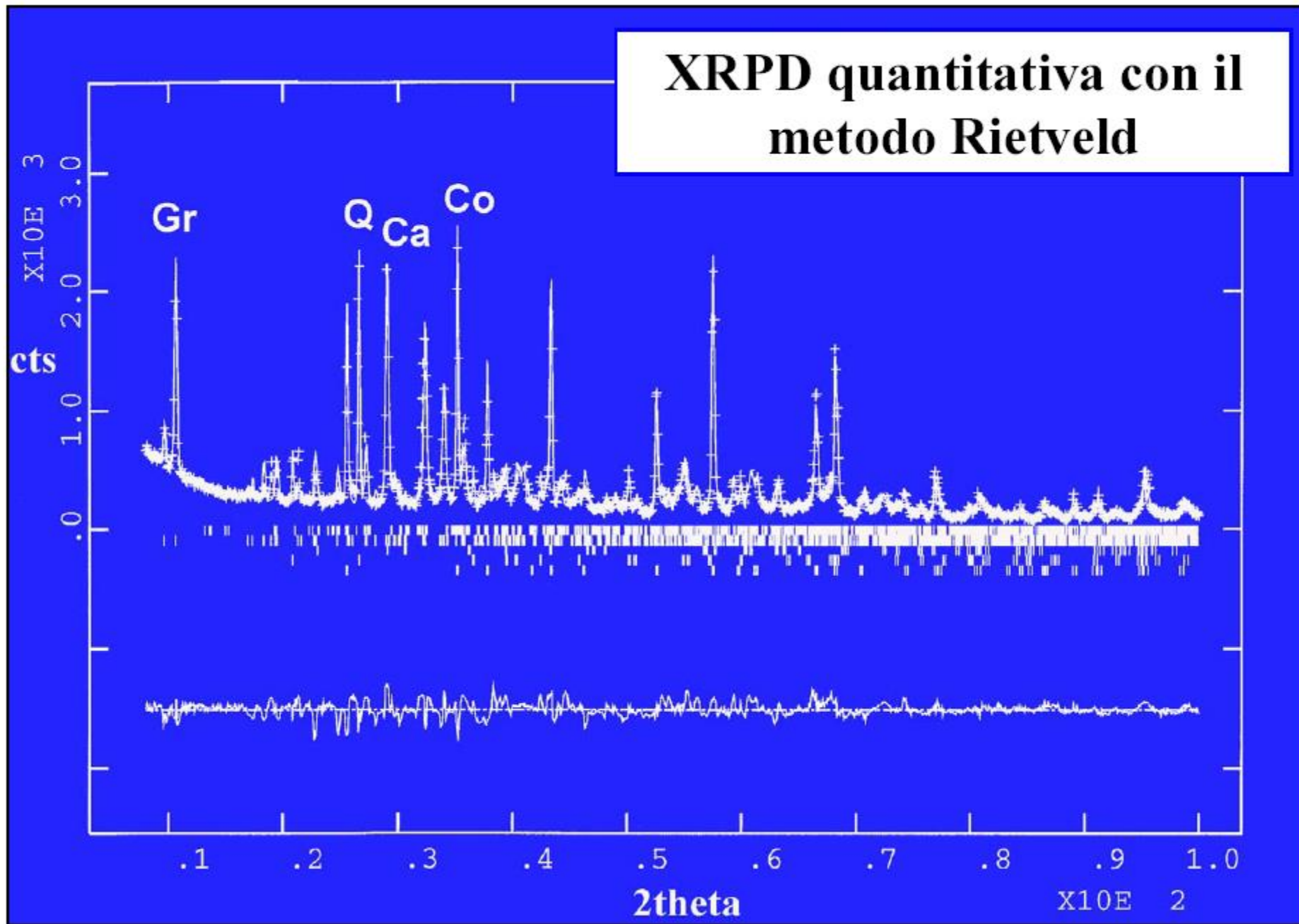
L'analisi quantitativa di crisotilo in campioni massivi quali cemento-amianto è possibile con IR.

Si crea una curva di calibrazione E (Estinzione = $\log(I_0/I_1)$) vs. concentrazione (μg) di crisotilo.

La sensibilità è attorno a 0.1 wt%.



Tecniche analitiche-3



BONIFICA

Nel nostro paese, il maggior impiego di amianto si è avuto nell'edilizia.

Il materiali edilizi contenenti asbesto possono essere suddivisi in **friabili** o **non friabili**, a seconda del legante utilizzato e quindi della probabilità di rilascio delle fibre.

Per i prodotti friabili è assolutamente necessario procedere alla bonifica, mentre per i non friabili l'intervento può essere dilazionato, dopo aver deciso un piano periodico di sorveglianza.

Gli isolamenti di caldaie e tubazioni vanno considerati a parte e con particolare attenzione, in quanto suscettibili di facili danneggiamenti a causa della continua manutenzione. Essi vanno sempre considerati materiali friabili.

Valutazione in-situ del rischio

Potenziale emissione di fibre da materiali contenenti



Misure in situ della concentrazione di fibre nell'aria durante la rimozione di pannelli di pavimento in un edificio pubblico di Zurigo.

Valutazione del rischio: simulazione



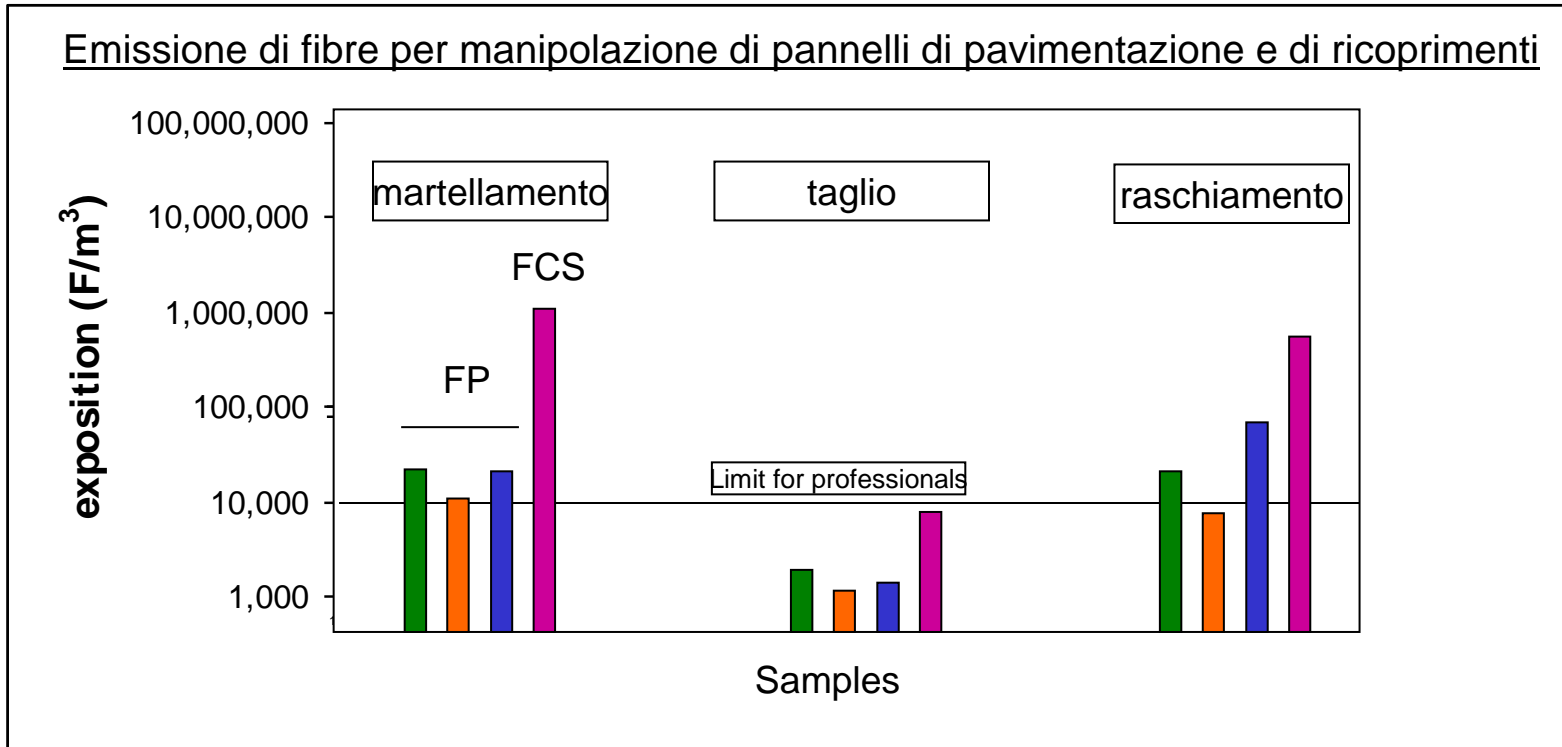
Le potenziali emissioni possono essere valutate tramite esperimenti di simulazione. La camera di simulazione (sinistra) è equipaggiata con diversi collettori di particelle (sopra).

Simulazione di perforazione di una roccia contenente asbesto



**Nella foto non si vede polvere,
ma la concentrazione di asbesto è $> 10'000'000$ fibre m^{-3}**

Valutazione del rischio



Metodi di bonifica: rimozione

Rimozione: è il procedimento più diffuso perché elimina ogni fonte di esposizione ed ogni necessità di attuare specifiche cautele per le attività che si svolgono nell'edificio. Comporta un rischio estremamente elevato per i lavoratori addetti e per la contaminazione dell'ambiente; produce notevoli quantitativi di rifiuti tossici e nocivi che devono essere correttamente smaltiti. E' la procedura che comporta i costi più elevati ed i più lunghi tempi di realizzazione. In genere richiede l'applicazione di un nuovo materiale, in sostituzione dell'amianto rimosso.



Fase 1



Fase 2

Metodi di bonifica: rimozione



Fase 3



Fase 4



Fase 5

**Destinazione = discarica
oppure secondo le nuove
normative = trattamento di
trasformazione**

Metodi di bonifica: confinamento

Installazione di una barriera a tenuta che separi l'amianto dalle aree occupate dell'edificio. Se non viene associato ad un trattamento incapsulante il rilascio di fibre continua all'interno del confinamento. Rispetto all'incapsulamento presenta il vantaggio di realizzare una barriera resistente agli urti. E' indicato per materiali facilmente accessibili, in particolare per la bonifica di aree circoscritte. Non è indicato quando si necessita accedere di frequente allo spazio confinato. Il costo è contenuto se l'intervento non comporta lo spostamento dell'impianto elettrico, termoidraulico, ecc. Occorre sempre un programma di manutenzione e controllo; inoltre la barriera installata per il confinamento deve essere mantenuta in buone condizioni.



Metodi di bonifica: incapsulamento

Consiste nel trattamento dell'amianto con prodotti incapsulanti o ricoprenti che (a seconda del tipo di prodotto usato) tendono ad inglobare le fibre di amianto, a ripristinare l'aderenza al supporto, a costituire una pellicola di protezione sulla superficie esposta. Costi e tempi dell'intervento risultano più contenuti. Non richiede la successiva applicazione di un prodotto sostitutivo e non produce rifiuti tossici. Il rischio per i lavoratori addetti e per l'inquinamento dell'ambiente è generalmente minore rispetto alla rimozione. E' il trattamento di elezione per i materiali poco friabili di tipo cementizio. Il principale inconveniente è rappresentato dalla permanenza nell'edificio del materiale di amianto e dalla conseguente necessità di mantenere un programma di controllo e manutenzione. Occorre verificare periodicamente l'efficacia dell'incapsulamento, che col tempo può alterarsi o essere danneggiato, ed eventualmente ripetere il trattamento. L'eventuale rimozione di un materiale di amianto incapsulato è più complessa, per la difficoltà di bagnare il materiale a causa dell'effetto impermeabilizzante del trattamento. Inoltre il trattamento può alterare le proprietà antifiamma e fonoassorbenti del rivestimento in amianto.

Metodi di bonifica: incapsulamento



Ex: Sistema dell'incapsulamento con fissativo speciale a solvente non pigmentato, antivegetativo a base di resine acriliche. La sua stesura viene eseguita da personale specializzato, dotato di mezzi di protezione delle vie respiratorie di adeguati indumenti protettivi. Si procederà a stendere a secco subito dopo la stesura della prima mano, un TNT di poliestere, non apprettato e non superiore a 150 gr/mq.

Successivamente a completo essiccamento della prima mano, si procederà alla stesura della seconda mano di vernice protettiva avendo l'accortezza di ricoprire completamente il TNT. In questa seconda fase la vernice protettiva è costituita da resine elastomeriche liquide che induriscono all'aria senza uso di induritori o catalizzatori. Essa viene utilizzata sulle lastre di cemento amianto, impermeabilizzandole e risolvendo i problemi prodotti dalla formazione di muffe e di funghi, conforme alle normative e metodologie tecniche di applicazione dell'art. 6 comma 3, e dell'art. 12 comma 2 della Legge n. 257 del 27/03/1992.

Metodi di bonifica: incapsulamento *in situ* con resina epossidica

- La resina utilizzata per la sperimentazione è bicomponente con epossidica al 30 % e indurente (ammine a basso peso molecolare) dispersi in una soluzione mista di acqua e 1-methoxy-2- propanolo
- La resina viene spruzzata direttamente sul materiale da trattare
- la polimerizzazione avviene in circa 4 ore dopo la miscelazione e l'avvenuta evaporazione del solvente
- variazioni di composizione, rapporto soluto/solvente dipendono dalla composizione del materiale

Metodi di bonifica: Trattamento chimico (in situ)

Ulteriore tipo di intervento *in situ*, brevettato negli Stati Uniti, basato sulla trasformazione chimica dell'amianto, che viene letteralmente sciolto da una miscela di acidi, fluoruri e tensioattivi; questa miscela viene spruzzata in forma di schiuma e lasciata agire per un giorno.

Le fibre di crisotilo vengono attaccate selettivamente, lasciando inalterati gli altri costituenti minerali. Al termine della fase di attacco un energico lavaggio con acqua è sufficiente per ridurre il contenuto di crisotilo a livelli inferiori all'1%, per cui le strutture che contenevano amianto risultano completamente sicure. Inoltre poiché il trattamento non intacca il cemento e i materiali inerti, le pareti conservano ottime proprietà antifiamma e non necessitano di essere sostituite.

Trattamento Termico

INERTIZZAZIONE E RICICLO DELL'AMIANTO.

Consiste nel trattamento termico del rifiuto:

L'amianto, trattato a temperature maggiori di 900 °C, si trasforma in fasi cristalline innocue, con completa distruzione delle fasi fibrose.

Il materiale inertizzato, innocuo, può essere riciclato come materia prima per altri processi industriali.

La trasformazione chimico-fisica di ri-cristallizzazione avviene dopo la deossidrilazione a partire da circa 800 °C, e può essere espressa come:

Trattamento Termico

tabella 6

$Mg_3(OH)_4Si_2O_5$	+	Mg_2SiO_4	+	$MgSiO_3$	+	$2H_2O$
Crisotilo	+	forsterite	+	enstatite	+	acqua

Alla temperatura di circa 1000 °C il crisotilo non esiste più come entità chimico-fisica e mineralogica.

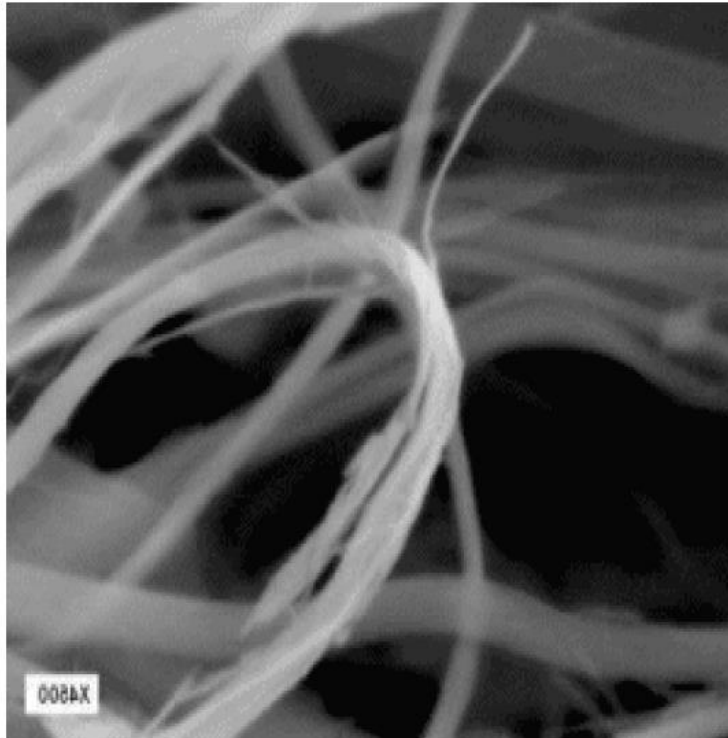


Figura 7. Fibre di amianto prima della trasformazione termica

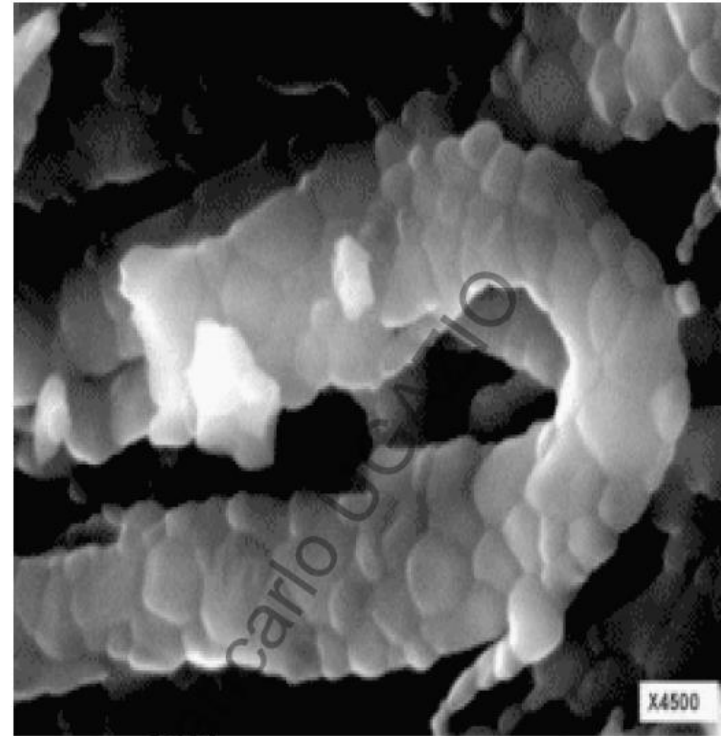
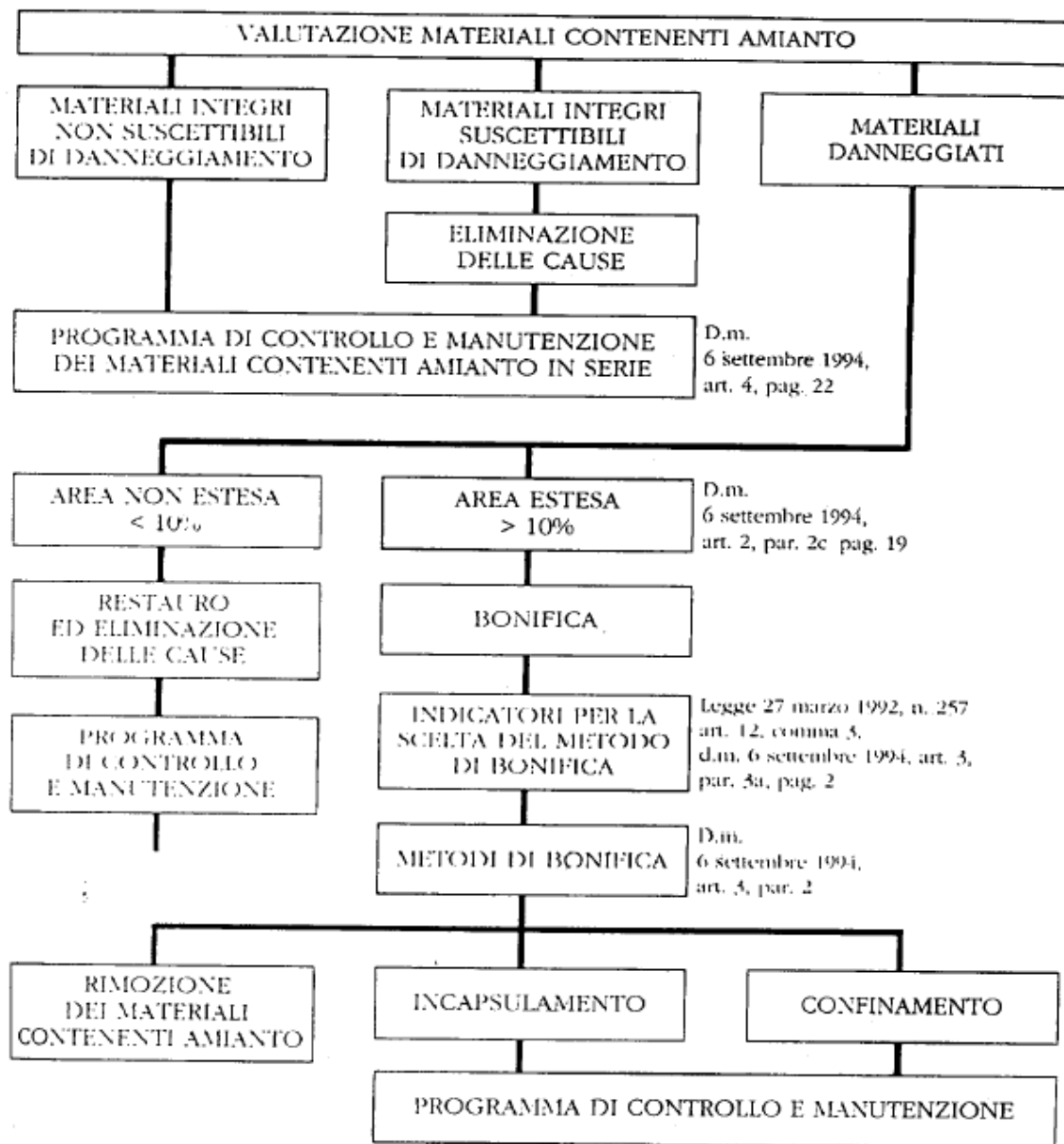


Figura 8. Fibre di amianto dopo la trasformazione termica

**DIAGRAMMA DI FLUSSO DEL PROCESSO DI SCELTA DEL METODO DI BONIFICA
DEI MANUFATTI CONTENENTI CEMENTO-AMIANTO**



AMIANTO E NORMATIVA SUI RIFIUTI

Dopo essere stato rimosso e messo in sicurezza, l'amianto è diventato a tutti gli effetti un rifiuto e come tale deve essere gestito.

Pertanto, le confezioni contenenti il materiale (sacchi, fusti o altro) devono essere etichettati e posti in deposito temporaneo (fino al trasporto a destinazione) in luogo protetto da agenti atmosferici e da danneggiamenti agli imballi di contenimento.

Su ciascun collo viene apposta l'apposita etichetta adesiva prevista per i materiali contenenti amianto con scritte bianche su sfondo rosso.

Il rifiuto deve essere codificato in base ai codici C.E.R. corrispondenti al tipo di materiale.

CER	DESCRIZIONE
160206	Rifiuti provenienti da processi di lavorazione dell'amianto
160204	Apparecchiature fuori uso contenenti amianto
170105	Materiali da costruzione contenenti amianto
170601	Materiali isolanti contenenti amianto

I rifiuti contenenti amianto sono inoltre soggetti alla normativa ADR per il trasporto su strada (appartengono alla Classe 9)

I rifiuti contenenti amianto, depositati temporaneamente presso il cantiere, fatto salvo differenti prescrizioni da parte dell'ASL, devono essere rimossi necessariamente entro 30 giorni, indipendentemente da quanto disposto dal D.Lgs. 22/97 in materia di deposito temporaneo presso il luogo di produzione.

La destinazione dei rifiuti contenenti Amianto può essere una discarica autorizzata, oppure un centro di deposito preliminare autorizzato a ricevere amianto.

Per i rifiuti in cemento amianto (ad es. eternit) la discarica è di Cat. 2 tipo A, specificatamente autorizzata a ricevere cemento-amianto. In tutti i casi il rifiuto deve essere accompagnato da un formulario.

**Esiste un'alternativa
all'interramento
dell'amianto in discarica?**

D.M. 29/07/2004, n. 248, G.U. 05/10/2004, n. 234

Regolamento relativo alla determinazione e disciplina delle attività di recupero dei prodotti e beni di amianto e contenenti amianto.

IL MINISTRO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO
di concerto con
IL MINISTRO DELLA SALUTE e con IL MINISTRO DELLE ATTIVITA'
PRODUTTIVE

Vista la legge 27 marzo 1992, n. 257, recante norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto;
... omissis ...

Art. 1.

1. Sono adottati, ai sensi dell'articolo 6, comma 4, della legge 27 marzo
... omissis ...

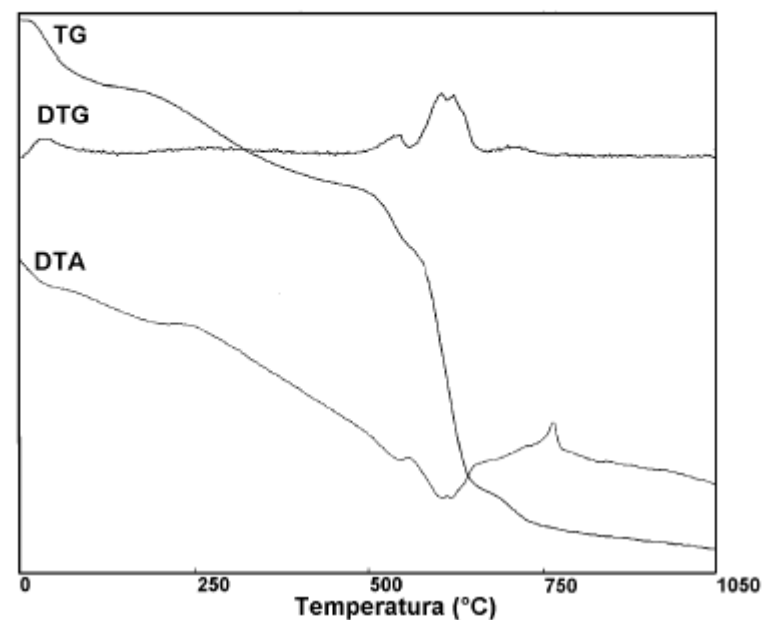
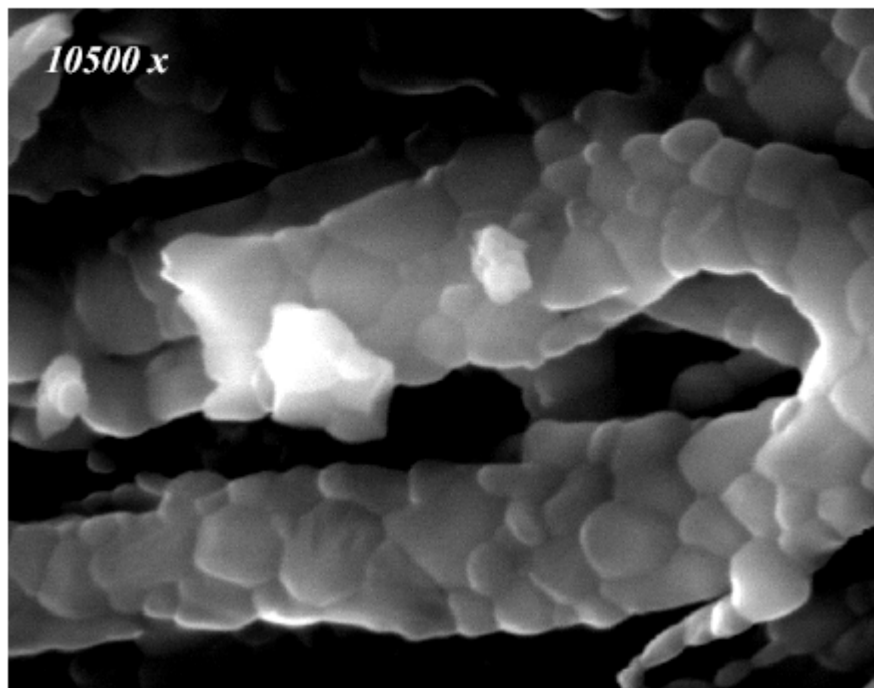
3. I disciplinari tecnici definiscono ed individuano i processi di trattamento dei rifiuti contenenti amianto. I trattamenti che, come effetto, conducono alla totale trasformazione cristallografica dell'amianto, rendono possibile il riutilizzo di questo materiale come materia prima.

... omissis ...

Tabella B:
Processi di trattamento per Rifiuti Contendenti Amianto
finalizzati alla totale trasformazione cristallochimica dell'amianto

Tipologia di trattamento	Effetto	Destinazione materiale ottenuto
Modificazione chimica	Trasformazione totale delle fibre di amianto	Riutilizzo come materia prima
Modificazione meccanochimica		
Litificazione		
Vetrificazione		
Vetroceramizzazione		
Litizzazione Pirolitica		
Produzione di clinker		
Ceramizzazione		

Trattamento termico di trasformazione



Trattamento termico del crisotilo a 1350° C

Il trattamento termico a questa temperatura mostra: forsterite ed enstatite ed una completa ricristallizzazione delle fibre.

