



# Giornata Mondiale dell' Ambiente



*convegno*

**“Rischio amianto in Calabria: aspetti sanitari, attività istituzionali e normativa di settore”**

*presentazione del libro*

**“Tutela della salute pubblica dal rischio amianto in Calabria”**

## Capitolo 2

### **Amianto: proprietà fisiche, chimiche e mineralogiche**

*Prof.ssa Irene De Franco*

*Coautori e coautrici: Martina Saullo, Esmeralda Kaceli, Raffaella De Rose, Federica Fava, Valentino Colesnic*

**IIS “Marconi-Guarasci” – ITI Montalto Uffugo / IPSIA Cosenza**



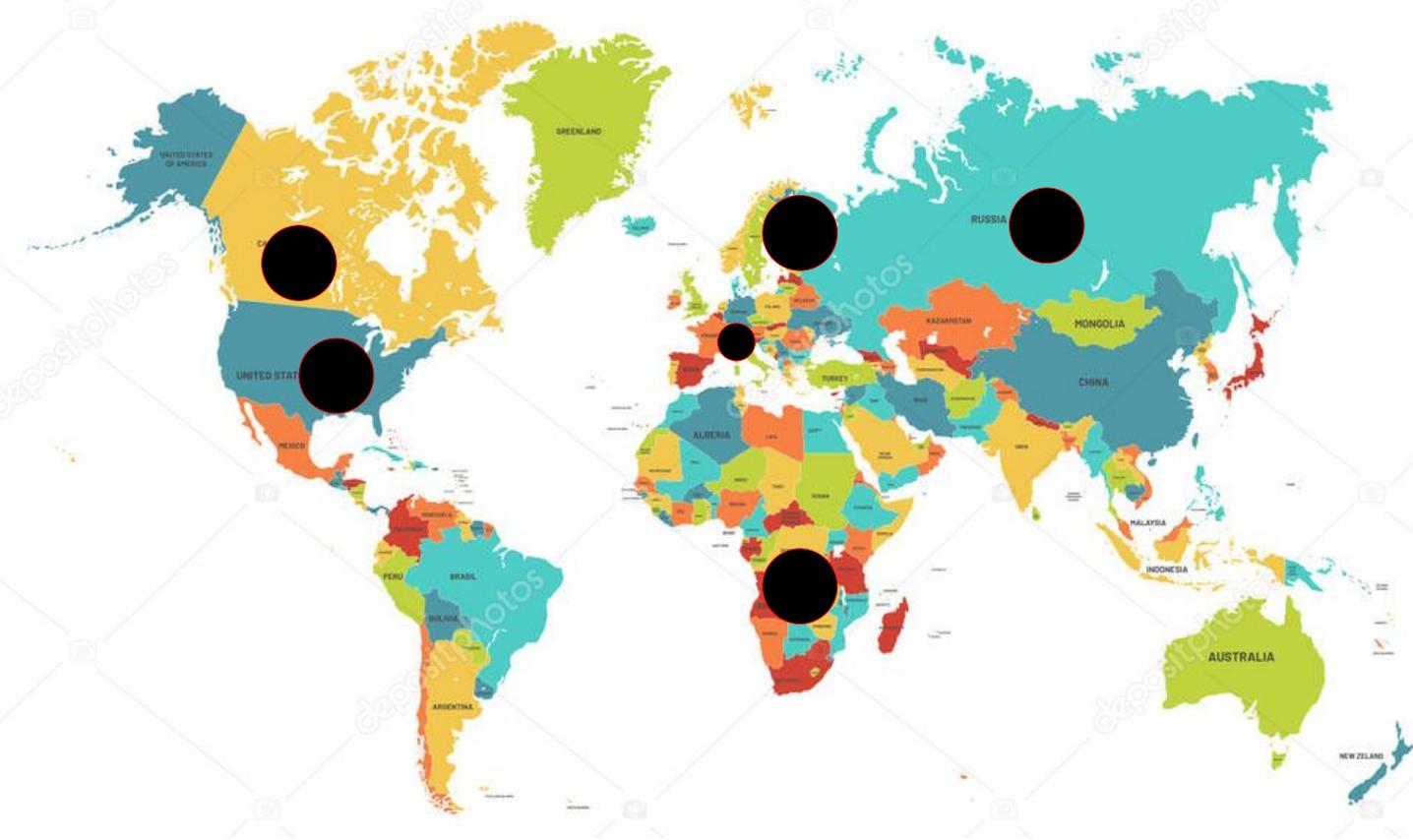
**Cosenza, spazi espositivi ex M.A.M, Corso Telesio n°17 – mercoledì 5 giugno 2024**

## Minerali di amianto

**Amianto e/o asbesto .....sono sinonimi**

**Amianto** s. m. [dal lat. amiantus, gr. ἀμίαντος «incorruttibile».....]

**Asbesto** [dal greco asbestos = indistruttibile o inestinguibile]

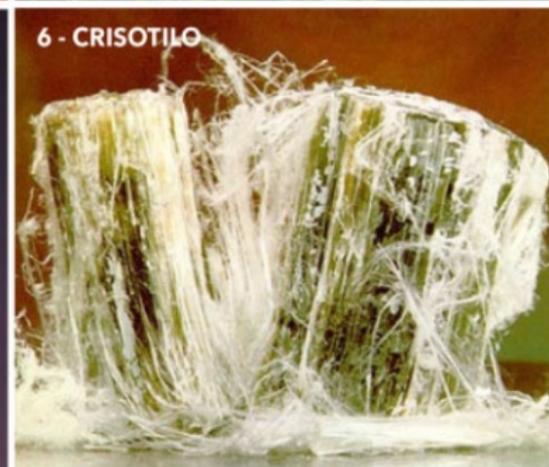
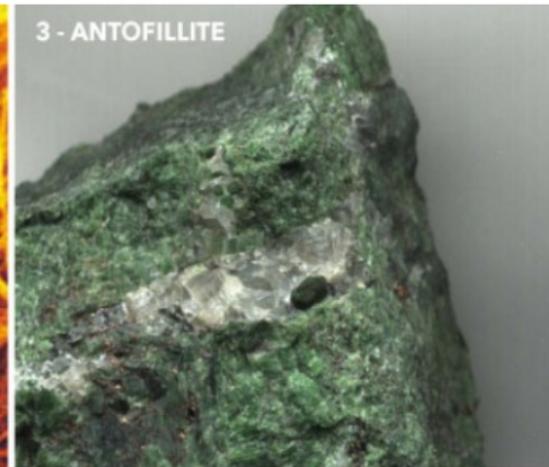
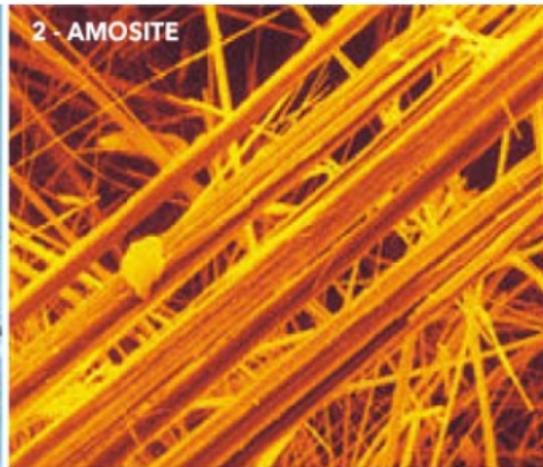
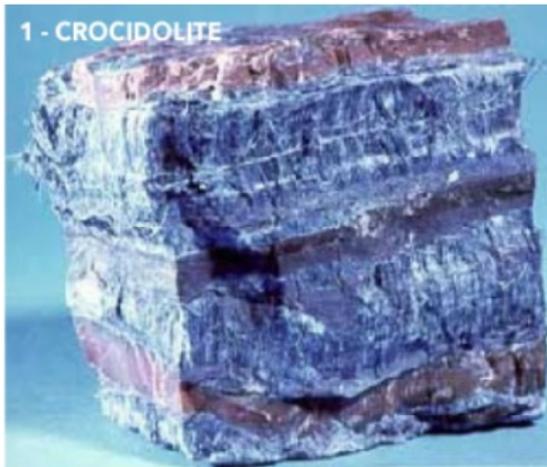


- Canada (Crocidolite), Africa del Sud (Crocidolite, Crisotilo ed Amosite), Russia (Crisotilo), Stati Uniti (Crisotilo), Finlandia (Antofillite)
- Italia principalmente con la cava di Balangero (Crisotilo) in provincia di Torino
- Reventino, Platania, Conflenti, Martirano Lombardo e Decollatura

## Minerali allo stato fibroso - idrossisilicati

**i sei minerali di amianto citati nell'art. 247 del D.Lgs. n. 81 del 09.04.2008**

*Chemical Abstract Service (CAS), una divisione dell'American Chemical Society, assegna questi identificativi ad ogni sostanza chimica descritta in letteratura*



la **Crocidolite**, n. CAS 12001-28-4

la **Amosite/Grunerite**, n. CAS 12172-73-5

l'**Antofillite**, n. CAS 77536-67-5

l'**Actinolite**, n. CAS 77536-66-4

la **Tremolite**, n. CAS 77536-68-6

il **Crisotilo**, n. CAS 12001-29-5

# AMIANTO

I minerali classificati dalla normativa italiana come "amianti" sono quelli appartenenti alle classi del Serpentino e degli Anfiboli.



**Classe del serpentino** (silicati di magnesio),

roccia ad altissima concentrazione di magnesio.

In mineralogia, nome sotto cui vengono raggruppate

diverse modificazioni polimorfe del composto  $Mg_3(Si_2O_5)(OH)_4$  monoclinico,

che hanno un colore vario, con predominanza verdastra, lucentezza madreperlacea o resinosa

**Crisotilo** (dal greco "fibra d'oro")

# AMIANTO

I minerali classificati dalla normativa italiana come "amianti" sono quelli appartenenti alle classi del Serpentino e degli Anfiboli.

## SERPENTINO

CRISOTILO

## ANFIBOLI

AMOSITE

TREMOLITE

ANTOFILLITE

ACTINOLITE

CROCIDOLITE

**Classe degli anfiboli** (silicati di calcio e magnesio), un gruppo di minerali comuni delle rocce magmatiche e metamorfiche. Presentano lucentezza vitrea con colori variabili a seconda dei metalli presenti.

Tremolite (dal nome della Val Tremola in Svizzera)

Actinolite (dal greco "pietra raggiata")

Antofillite (dal greco "garofano")

Amosite (amianto bruno - il nome Amosite è l'acronimo di Asbestos Mines Of South Africa)

Crocidolite (amianto blu, il nome deriva dal greco "fiocco blu")

**Messa al bando** estrazione, produzione, vendita e consumo

**Legge 257 del 27 marzo 1992** "Norme relative alla cessazione dell'impiego dell'amianto".

## Minerali asbestiformi

*hanno le stesse caratteristiche fisico-chimiche dei minerali di asbesto o amianto definiti dalla legge, compresa la suddivisione in fibrille.*



**Erionite** - Cappadocia (Turchia) Lo IARC (International Agency of Research on Cancer) ha inserito l'erionite nella Classe 1 per la sua cancerogenicità



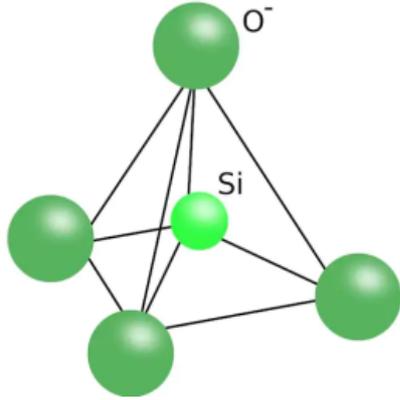
**Fluoro-edenite** È stata identificata per la prima volta alle pendici del vulcano Etna, nei pressi del paese di Biancavilla (CT). La formula chimica ideale è  $\text{NaCa}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_7\text{AlO}_{22}]\text{F}_2$

**Rilevazione epidemiologica di mesoteliomi in assenza di Asbesto**

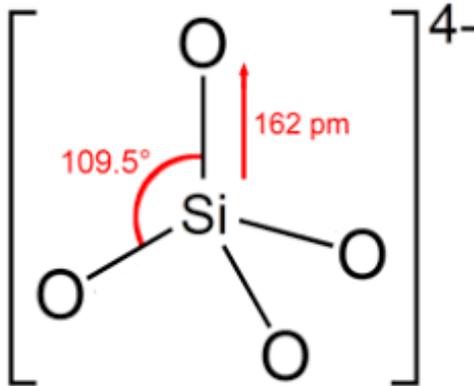
# Anione molecolare tetraivalente

# Struttura

gruppo fondamentale  $\text{SiO}_4$



**Tetraedro**



Periodic Table of the Elements

Normal boiling points are in °C.  
SP = Triple Point.  
Pressure is listed if not 1 atm.  
Allotrope is listed if more than one allotrope.

Atomic Number		Boiling Point		Symbol		Name		Atomic Mass	
1	1A	1	100	H	Hydrogen	1.008			
2	IIA	2	2537	He	Helium	4.003			
3	IIIA	3	1342	Li	Lithium	6.941			
4	IVA	4	2471	Be	Beryllium	9.012			
5	VA	5	4000	B	Boron	10.811			
6	VIA	6	3625	C	Carbon	12.011			
7	VIIA	7	3825	N	Nitrogen	14.007			
8	VIIIA	8	182	O	Oxygen	15.999			
9	VIIIA	9	182	F	Fluorine	18.998			
10	VIIIA	10	2790	Ne	Neon	20.180			
11	I	11	1080	Na	Sodium	22.990			
12	II	12	1363	Mg	Magnesium	24.305			
13	IIIA	13	2838	Al	Aluminum	26.982			
14	IVA	14	3265	Si	Silicon	28.086			
15	VA	15	3265	P	Phosphorus	30.974			
16	VIA	16	338	S	Sulfur	32.065			
17	VIIA	17	338	Cl	Chlorine	35.453			
18	VIIIA	18	338	Ar	Argon	39.948			
19	I	19	773	K	Potassium	39.098			
20	II	20	1484	Ca	Calcium	40.078			
21	IIIB	21	2838	Sc	Scandium	44.956			
22	IVB	22	3287	Ti	Titanium	47.88			
23	VB	23	3407	V	Vanadium	50.942			
24	VIB	24	2871	Cr	Chromium	51.996			
25	VIB	25	2835	Mn	Manganese	54.938			
26	VIB	26	2861	Fe	Iron	55.933			
27	VIB	27	2972	Co	Cobalt	58.933			
28	VIB	28	2933	Ni	Nickel	58.693			
29	IB	29	2962	Cu	Copper	63.546			
30	IB	30	907	Zn	Zinc	65.39			
31	IIA	31	2673	Ga	Gallium	69.723			
32	IIA	32	2537	Ge	Germanium	72.61			
33	IIIA	33	616	As	Arsenic	74.922			
34	IIIA	34	685	Se	Selenium	78.972			
35	IIIA	35	588	Br	Bromine	79.904			
36	IIIA	36	415	Kr	Krypton	83.6			
37	IVB	37	186	Rb	Rubidium	85.468			
38	IVB	38	1372	Sr	Strontium	87.62			
39	IVB	39	3365	Y	Yttrium	88.906			
40	IVB	40	4603	Zr	Zirconium	91.224			
41	IVB	41	4744	Nb	Niobium	92.906			
42	IVB	42	4639	Mo	Molybdenum	95.95			
43	IVB	43	4690	Tc	Technetium	98.907			
44	IVB	44	4150	Ru	Ruthenium	101.07			
45	IVB	45	4621	Rh	Rhodium	102.906			
46	IVB	46	2963	Pd	Palladium	106.42			
47	IVB	47	2163	Ag	Silver	107.868			
48	IVB	48	767	Cd	Cadmium	112.411			
49	V	49	2072	In	Indium	114.818			
50	V	50	2602	Sn	Tin	118.71			
51	V	51	1567	Sb	Antimony	121.760			
52	V	52	988	Te	Tellurium	127.6			
53	V	53	1844	I	Iodine	126.905			
54	V	54	1083	Xe	Xenon	131.29			
55	VB	55	671	Cs	Cesium	132.905			
56	VB	56	1887	Ba	Barium	137.327			
57	VB	57-71	unknown						
72	VB	72	4603	Hf	Hafnium	178.49			
73	VB	73	5468	Ta	Tantalum	180.948			
74	VB	74	5535	W	Tungsten	183.85			
75	VB	75	5594	Re	Rhenium	186.207			
76	VB	76	5017	Os	Osmium	190.23			
77	VB	77	4128	Ir	Iridium	192.22			
78	VB	78	3825	Pt	Platinum	195.08			
79	VB	79	2854	Au	Gold	196.967			
80	VB	80	1862	Hg	Mercury	200.59			
81	VI	81	1473	Tl	Thallium	204.38			
82	VI	82	1768	Pb	Lead	207.2			
83	VI	83	1564	Bi	Bismuth	208.980			
84	VI	84	962	Po	Polonium	209			
85	VI	85	137	At	Astatine	209			
86	VI	86	407	Rn	Radon	222			
87	VII	87	671	Fr	Francium	223			
88	VII	88	1737	Ra	Radium	226			
89-103	VII	89-103	unknown						
104	VII	104	unknown	Rf	Rutherfordium	261			
105	VII	105	unknown	Db	Dubnium	262			
106	VII	106	unknown	Sg	Seaborgium	266			
107	VII	107	unknown	Bh	Borhrium	264			
108	VII	108	unknown	Hs	Hassium	277			
109	VII	109	unknown	Mt	Mendelevium	268			
110	VII	110	unknown	Ds	Darmstadtium	271			
111	VII	111	unknown	Rg	Roentgenium	272			
112	VII	112	unknown	Cn	Copernicium	277			
113	VIII	113	unknown	Uut	Ununtrium	unknown			
114	VIII	114	unknown	Fl	Flerovium	unknown			
115	VIII	115	unknown	Uup	Ununpentium	unknown			
116	VIII	116	unknown	Lv	Ununhexium	unknown			
117	VIII	117	unknown	Uus	Ununseptium	unknown			
118	VIII	118	unknown	Uuo	Ununoctium	unknown			
57	Lanthanide Series	57	344.4	La	Lanthanum	138.905			
58	Lanthanide Series	58	344.3	Ce	Cerium	140.115			
59	Lanthanide Series	59	344.3	Pr	Praseodymium	140.908			
60	Lanthanide Series	60	344.3	Nd	Neodymium	144.24			
61	Lanthanide Series	61	344.3	Pm	Promethium	144.913			
62	Lanthanide Series	62	344.3	Sm	Samarium	150.36			
63	Lanthanide Series	63	344.3	Eu	Europium	151.964			
64	Lanthanide Series	64	344.3	Gd	Gadolinium	157.25			
65	Lanthanide Series	65	344.3	Tb	Terbium	158.925			
66	Lanthanide Series	66	344.3	Dy	Dysprosium	162.50			
67	Lanthanide Series	67	344.3	Ho	Holmium	164.930			
68	Lanthanide Series	68	344.3	Er	Erbium	167.26			
69	Lanthanide Series	69	344.3	Tm	Thulium	168.934			
70	Lanthanide Series	70	344.3	Yb	Ytterbium	173.04			
71	Lanthanide Series	71	344.3	Lu	Lutetium	174.967			
89	Actinide Series	89	137.08	Ac	Actinium	227.028			
90	Actinide Series	90	478.1	Th	Thorium	232.038			
91	Actinide Series	91	427	Pa	Protactinium	231.036			
92	Actinide Series	92	413	U	Uranium	238.029			
93	Actinide Series	93	417.4	Np	Neptunium	237.048			
94	Actinide Series	94	3208	Pu	Plutonium	244.064			
95	Actinide Series	95	2011	Am	Americium	243.061			
96	Actinide Series	96	3200	Cm	Curium	247.070			
97	Actinide Series	97	2627	Bk	Berkelium	247.070			
98	Actinide Series	98	unknown	Cf	Californium	251.080			
99	Actinide Series	99	unknown	Es	Einsteinium	252			
100	Actinide Series	100	unknown	Fm	Fermium	257.095			
101	Actinide Series	101	unknown	Md	Mendelevium	288			
102	Actinide Series	102	unknown	No	Nobelium	289			
103	Actinide Series	103	unknown	Lr	Lawrencium	260			

Alkali Metal   Alkaline Earth   Transition Metal   Basic Metal   Semimetal   Nonmetal   Halogen   Noble Gas   Lanthanide   Actinide

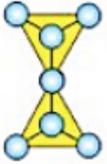
© 2014 Todd Helmenstein scienceencyclopedia.com

*per bilanciare questa eccedenza di cariche negative, si deve legare con altri ioni positivi (Fe, Mg, Ca).*

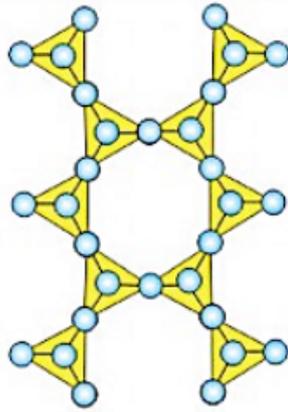
**Formula Crocidolite:**  $\text{Na}_2(\text{Mg,Fe})_6\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$



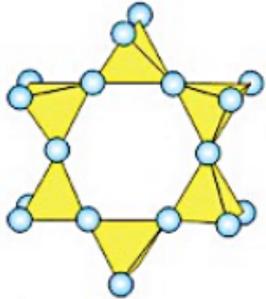
Tetraedro indipendente  
( $\text{SiO}_4$ )<sup>4-</sup>



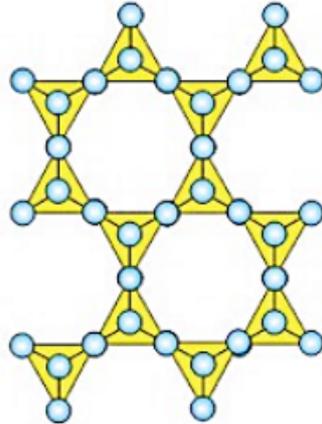
Unità di due tetraedri:  
( $\text{Si}_2\text{O}_7$ )<sup>6-</sup>



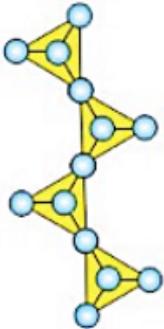
Catena infinita doppia di tetraedri:  
( $\text{Si}_4\text{O}_{11}$ )<sup>6-</sup>



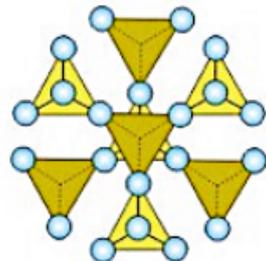
Anello di 6 tetraedri  
( $\text{Si}_6\text{O}_{18}$ )<sup>12-</sup>



Foglio di tetraedri esteso infinitamente:  
( $\text{Si}_2\text{O}_5$ )<sup>2-</sup>



Catena infinita semplice di tetraedri:  
( $\text{Si}_2\text{O}_6$ )<sup>4-</sup>



Rete di tetraedri estesa nelle 3 dimensioni  
( $\text{SiO}_2$ )<sup>0</sup>

**I silicati sono una classe mineralogica importante perché costituiscono circa il 90% della Crosta Terrestre.**

**Rappresentano circa il 25% dei minerali conosciuti e sono classificati su basi strutturalistiche, vale a dire sul modo in cui i tetraedri si uniscono**

**← modalità di polimerizzazione dei tetraedri nelle varie tipologie di silicati.**

## struttura fibrosa degli anfiboli

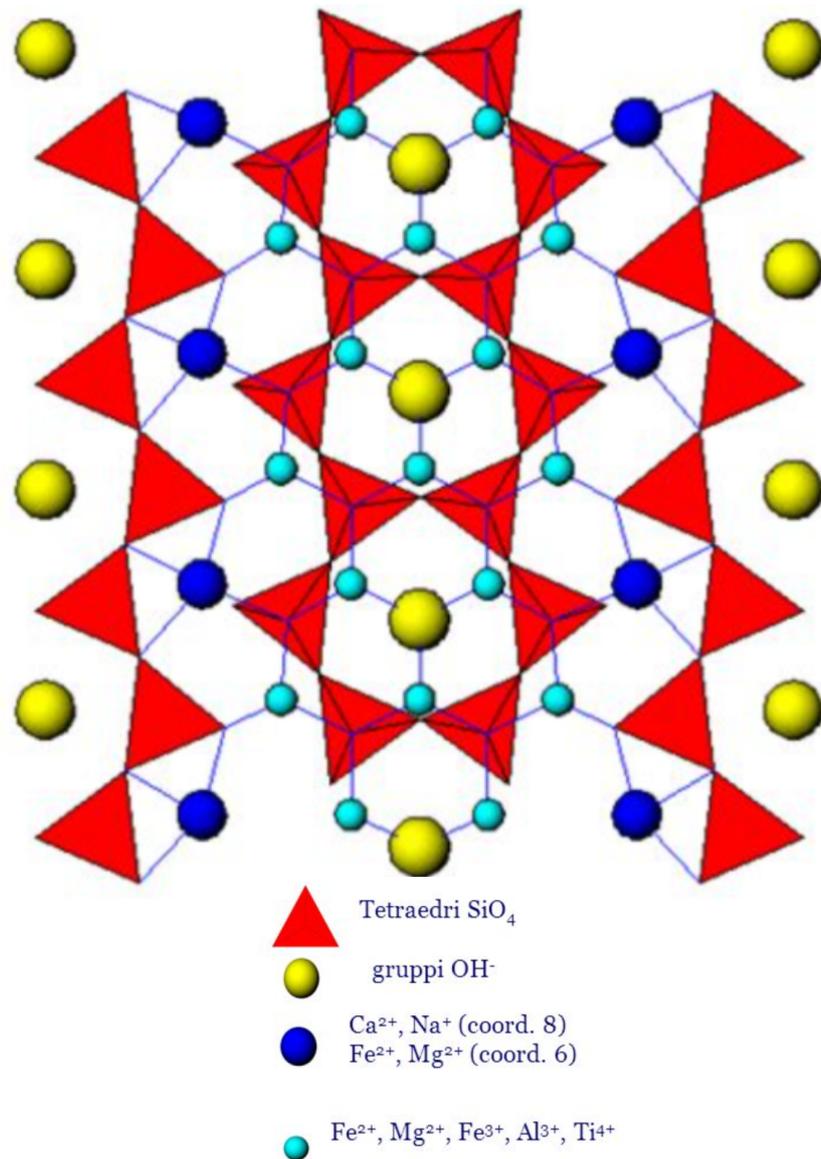
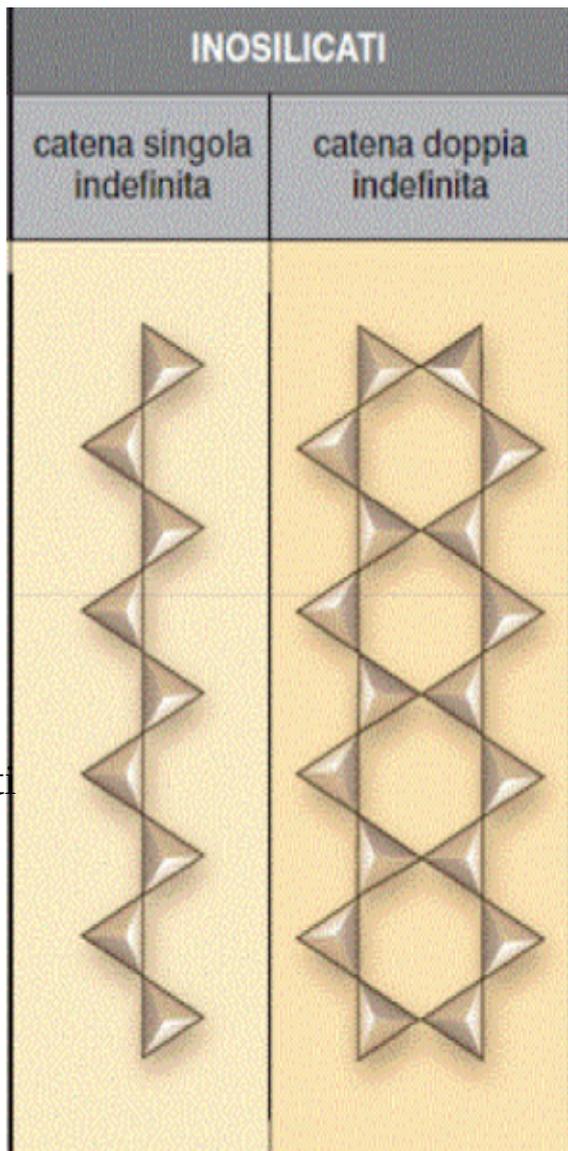
(inosilicati)

quali:

Amosite,  
Actinolite,  
Antofillite,  
Crocidolite,  
Tremolite

**inosilicati:**

formati da collegamenti  
a catena semplici  
o doppi tra i tetraedri  
secondo una direzione  
prevalente,  
si presentano  
con aspetto fibroso

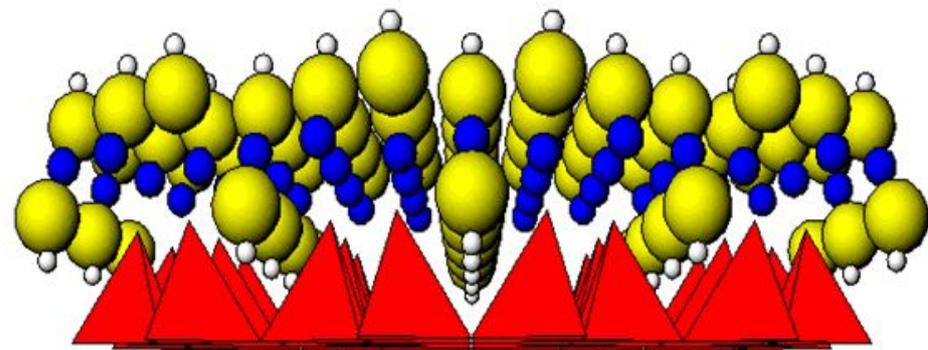
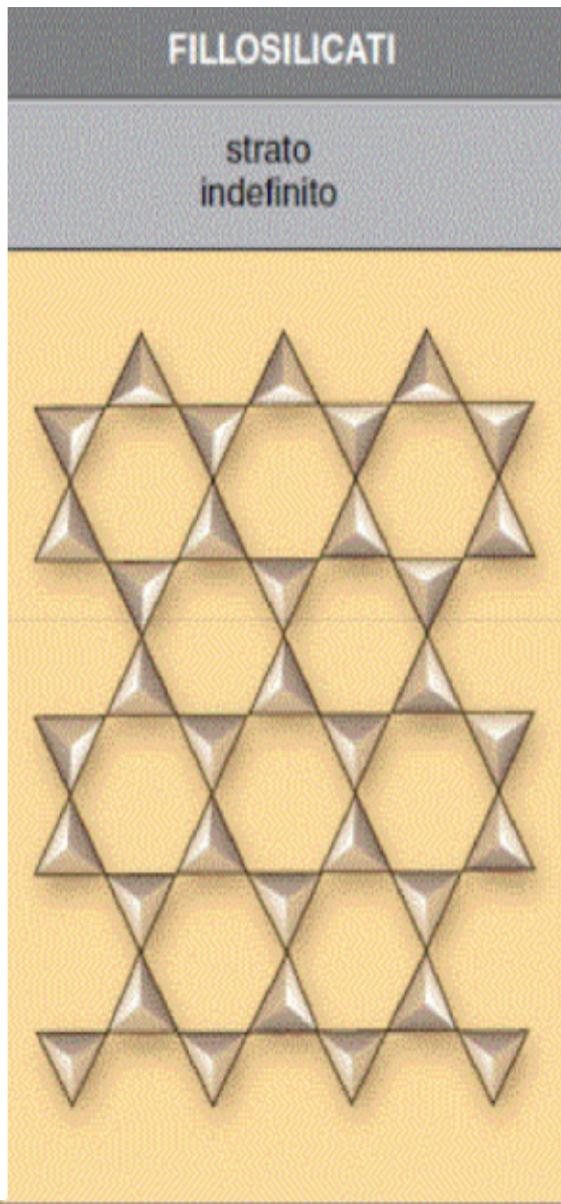


## struttura fogliare dei serpenini

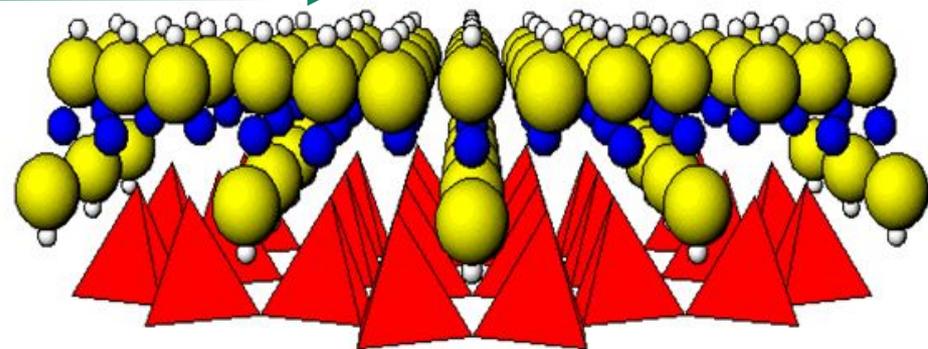
(fillosilicati)

quale Crisotilo.

**fillosilicati:** sono composti da strati di tetraedri, saldati tra loro da anelli esagonali con sviluppo bidimensionale, che attribuiscono al minerale un aspetto lamellare, fogliaceo, con facile sfaldatura, hanno l'aspetto di fogli.



Interstrato vuoto



Tetrahedra  $\text{SiO}_4$



$\text{OH}^-$  groups



$\text{Mg}^{2+}$

## Analisi



**L'individuazione e la caratterizzazione delle fibre di amianto, a causa delle loro caratteristiche chimico-fisiche, è complessa.**



**Dopo aver effettuato un'opportuna campagna di mappatura del territorio e di campionamento nei siti individuati, bisogna rispondere alle seguenti domande:**



il materiale contiene amianto? (**analisi qualitativa**)  
qual è il tipo di amianto? (**analisi morfologica**)  
quanto amianto contiene? (**analisi quantitativa – ponderale**)

# Proprietà Chimico - Fisiche

**Oltre 3000 applicazioni in tutti i campi dell'industria e dell'edilizia, dai trasporti alla cosmesi.**

**Solo nel campo dell'edilizia si contano centinaia di applicazioni.**

**L'amianto è virtualmente indistruttibile: resiste al fuoco ed al calore (fino a 2000°) è inattaccabile da agenti (come gli acidi).**

**Estremamente flessibile, resiste alla trazione,**

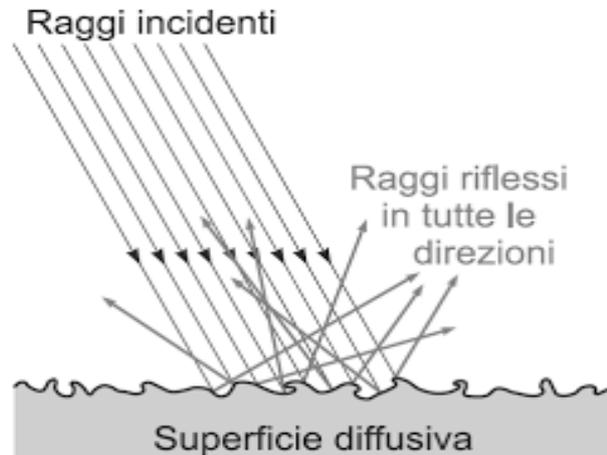
**è fonoassorbente e facilmente friabile**

Proprietà minerale	Crisotilo	Amosite	Crocidolite	Antofillite	Actinolite	Tremolite
Colore	da bianco a verde pallido	da grigio giallastro a marrone scuro	blu	da bianco a grigio	da verde chiaro a verde scuro	da bianco a grigio
T (°C) Decomposizione	450 - 700	600 - 800	400 - 600	600 - 850	620 - 960	950 - 1040
T (°C) Fusione	1500	1400	1200	1450	1400	1315
Densità (g/cm)	2,5	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 <sup>3</sup> (Kg/cm <sup>2</sup> )	31	17	35	<7	5	5
Aspetto	Serico flessibile	Fragile	Fragile e duro	Fragile e rigido	-	Fragile e friabile
Flessibilità	Molto buona	Discreta	Buona	Discreta-fragile	Fragile	Fragile
Filabilità	Molto buona	Discreta	Buona	Scarsa	Scarsa	Scarsa
Indice di 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
Durezza (Mhos)	2,5 - 4	5,5 - 6	5 - 6	5,5 - 6	6	5,5 - 6

## Asbestiforme... un minerale deve possedere una struttura fibrillare oltre che una certa flessibilità e resistenza delle singole fibre

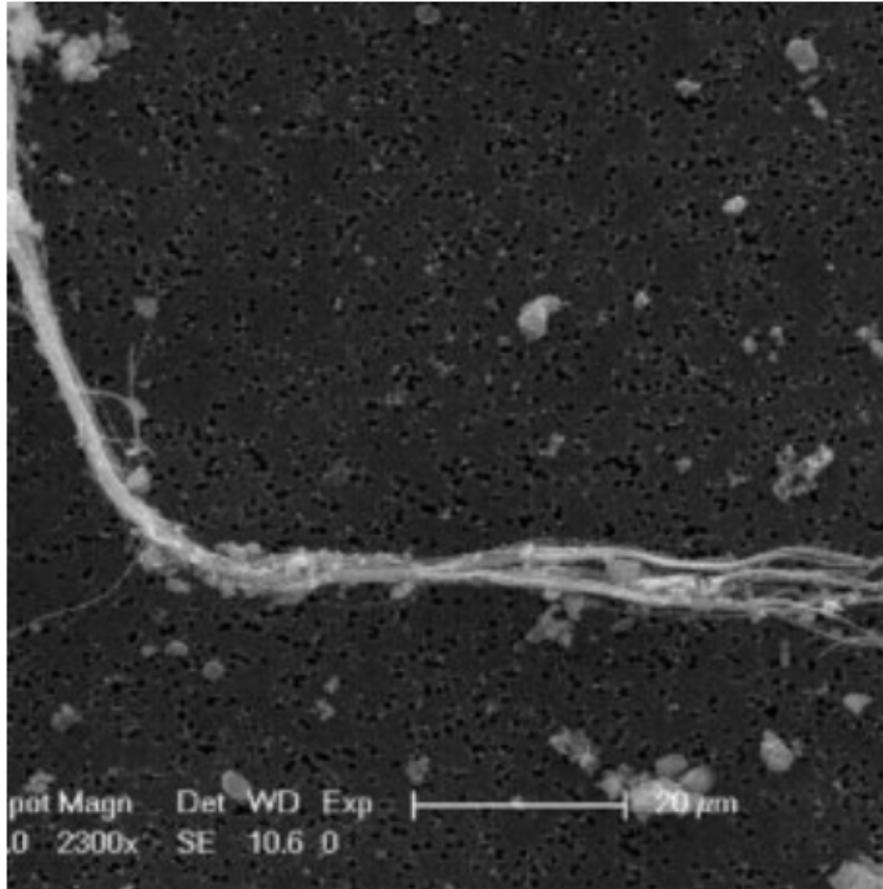
- I minerali di amianto sono tipicamente formati da **single fibre più lunghe di 5  $\mu\text{m}$**  e con un rapporto **lunghezza (L)/larghezza (d) di almeno 3:1 ( $L:d \geq 3:1$ )**  
definizione di fibra respirabile
- Una fibra di amianto è **1300 volte più sottile di un capello umano**

L'analisi delle varie forme di amianto si avvale di tecniche strumentali molto potenti nel campo della spettroscopia che sfruttano l'interazione tra la materia e le onde elettromagnetiche.

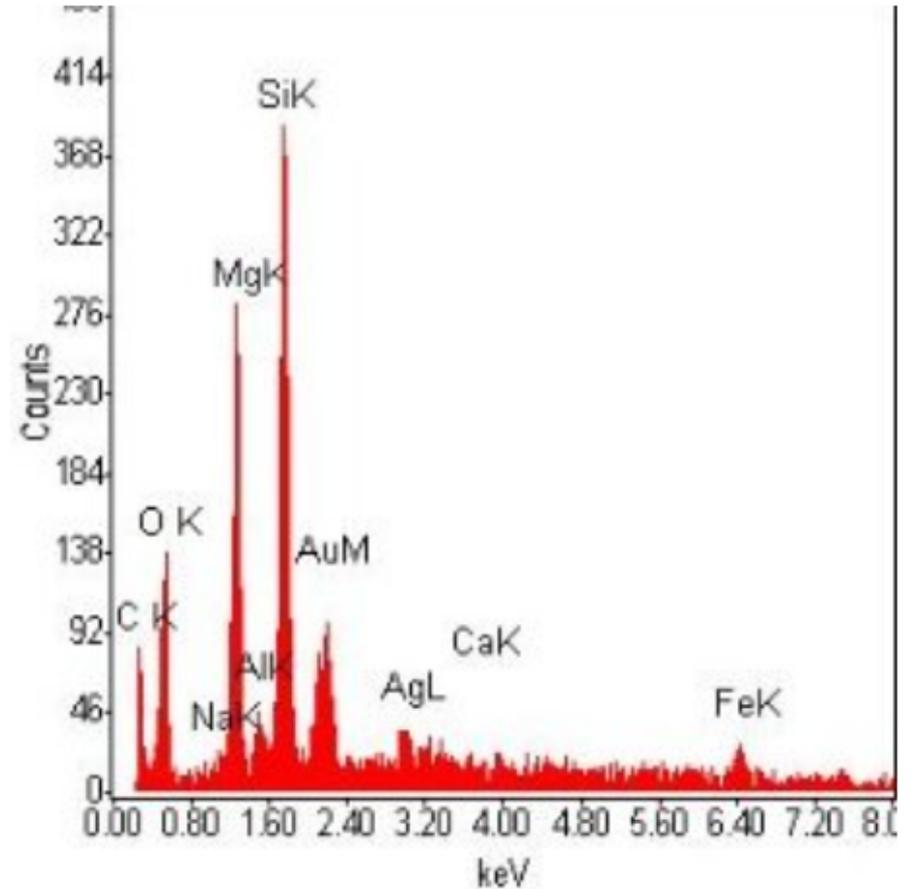


- ◆ MOCF (Microscopia Ottica in Contrasto di Fase)
- ◆ MOLP (Microscopia Ottica in Luce Polarizzata)
- ◆ TEM (Microscopia Elettronica a Trasmissione)
- ◆ SEM (Microscopia Elettronica a Scansione)
- ◆ EDX (Microanalisi a Dispersione di Energia a Raggi X)
- ◆ XRD (Diffrazione a raggi X)
- ◆ FTIR (Spettrofotometria IR in Trasformata di Fourier)
- ◆ Stereomicroscopia

## Classe del serpentino (fillosilicati): aspetto flessuoso, simile a quello dei capelli



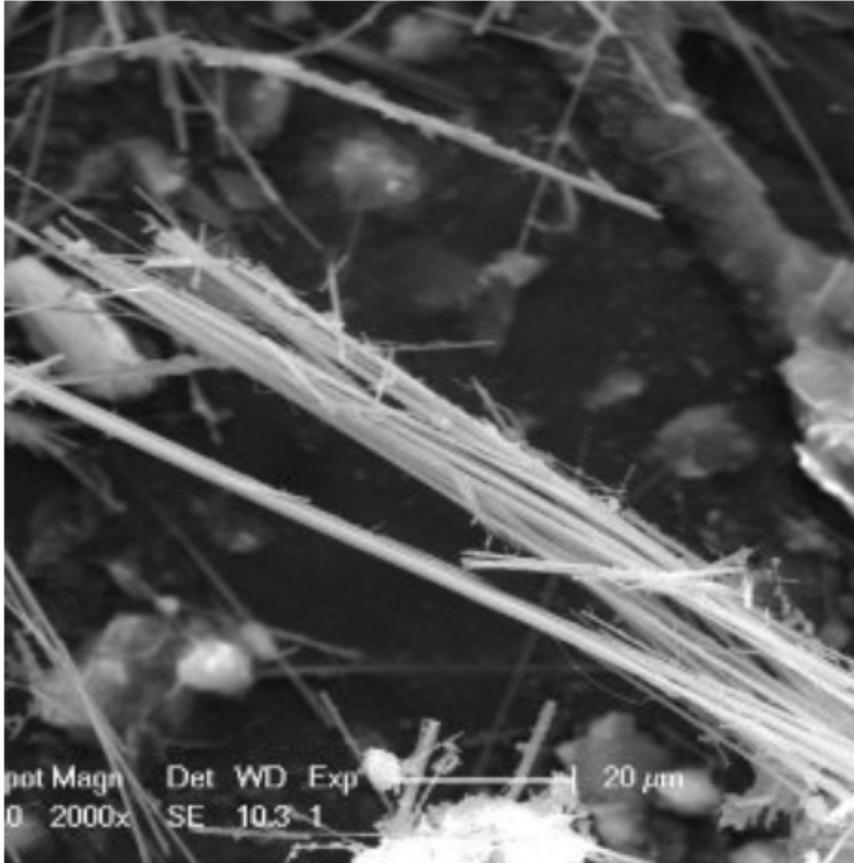
Fascio di CRISOTILO: immagine raccolta al microscopio elettronico a scansione (SEM)



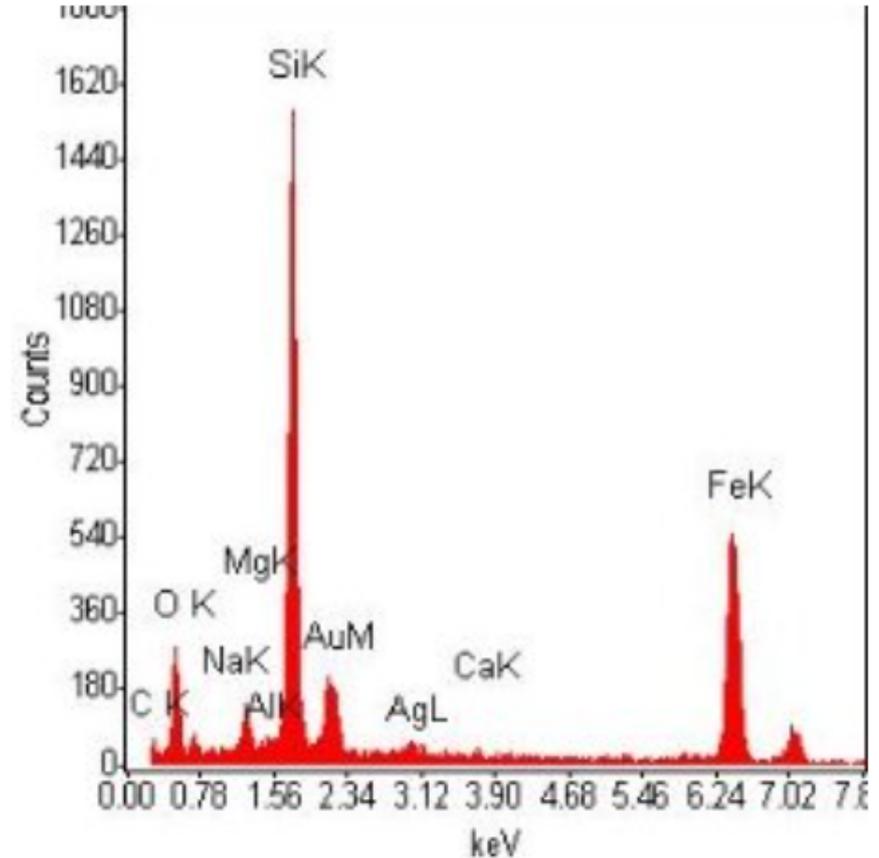
Spettro raccolto in microanalisi a raggi X a dispersione di energia (EDX)

***Crisotilo***, a sinistra immagine SEM, a destra spettro raccolto con EDX

**Classe degli anfiboli (inosilicati):** aspetto rigido, tipo bacchette, aghi, bastoncini, spade



AMOSITE: immagine raccolta al microscopio elettronico a scansione (SEM)



Spettro raccolto in microanalisi a raggi X a dispersione di energia (EDX)

***Amosite***, a sinistra immagine SEM, a destra spettro raccolto con EDX

## Aspetti ambientali

**Il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio  
ha emanato il D.Lgs del 29 luglio 2004 n. 248  
contiene un disciplinare tecnico sulla gestione e trattamento dei rifiuti contenenti amianto**

**INERTIZZAZIONE: vetrificazione – torcia al plasma a 4000°C / 6000 °C**



**CICLO DI VITA DI PRODOTTI DI AMIANTO**

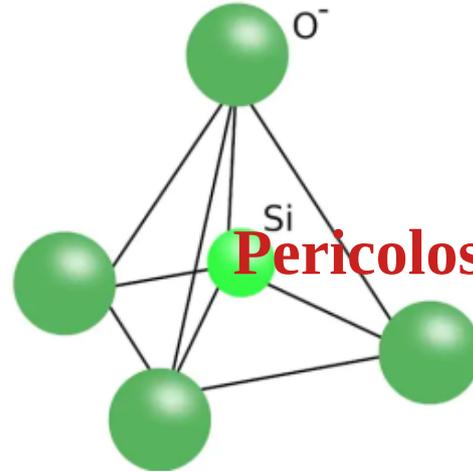
**FILIERA**

**Il 14 marzo 2013 il Parlamento Europeo Risoluzione 2012/2065(INI)  
“Minacce per la salute sul luogo di lavoro legate all’amianto e prospettive  
di eliminazione di tutto l’amianto esistente”**

## Approfondimenti

### Eternit e cemento-amianto

Amianto serpentino



Crisotilo

Crocidolite



PROVINCIA  
DI COSENZA

*Cosenza, spazi espositivi ex M.A.M, Corso Telesio n°17 – mercoledì 5 giugno 2024*

