

# Sistematica Mineralogica

di Francesco Princivalle

Testi , foto, schemi tratti da Carobbi, Wenk-Bulakh, Internet

# I silicati costituenti fondamentali delle rocce



## CLASSIFICAZIONE MINERALI

(proposta da Dana nel 1837 e rielaborata da STRUNZ nel 1941 e adottata da IMA)

La classificazione è stata fatta sia su base chimica che strutturale e prevede 10 classi mineralogiche.

CLASSE: 1 ELEMENTI NATIVI  
2 SOLFURI  
3 ALOGENURI  
4 OSSIDI  
5 CARBONATI  
6 BORATI  
7 SOLFATI  
8 FOSFATI  
9 SILICATI  
10 COMPOSTI ORGANICI

SPECIE: fase che possiede composizione chimica e struttura ben individuata.

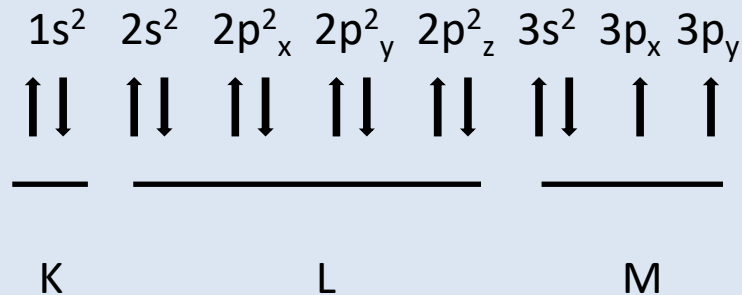
VARIETA': entro una specie vi possono essere delle "piccole" differenze compositive, tali però da non comportare l'istituzione di una nuova specie.

SERIE: insieme di specie legate da relazioni di isomorfismo.

GRUPPO: insieme di specie non legate da stretti rapporti di isomorfismo.

# SILICATI

Unità base dei silicati è il tetraedro  $[\text{SiO}_4]^{4-}$ . Il Si va in coordinazione tetraedrica (R.I. –  $sp^3$ ). Legame ionico + covalente ( $\Delta E=1.7 \rightarrow 50\%$ ).



- Tetraedri isolati o polimerizzati
- Sostituzioni isomorfe
- Posizioni reticolari:
 

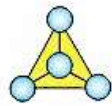
Z= Si, Al	Tetraedrica IV
Y= Al, $\text{Fe}^{3+}$ , Mg, $\text{Fe}^{2+}$	Ottaedrica VI
X= K, Na, Ca	varie: $\geq$ VI

# Classificazione MACHATSHKI e BRAGG (1930)

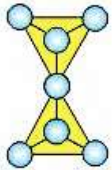
Su base strutturale: modalità di polimerizzazione dei tetraedri

NESOSILICATI:	$[\text{SiO}_4]^{4-}$	
SOROSILICATI:	$[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$	
CICLOSILICATI:	$[\text{Si}_n\text{O}_{3n}]^{2n-}$	
INOSILICATI:	$[\text{Si}_2\text{O}_6]^{4-}$	$[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$
FILLOSILICATI:	$[\text{Si}_4\text{O}_{10}]^{4-}$	
TECTOSILICATI:	$[\text{SiO}_2]$	

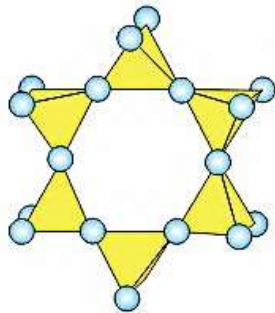
Su base chimica: entro ciascuna sottoclasse



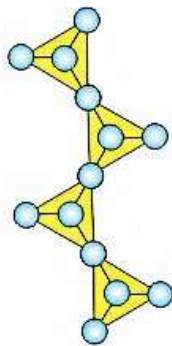
Tetraedro  
indipendente  
 $(\text{SiO}_4)^{4-}$



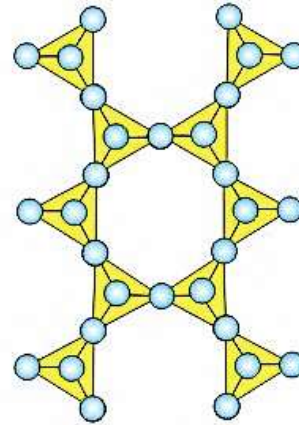
Unità  
di due tetraedri:  
 $(\text{Si}_2\text{O}_7)^{6-}$



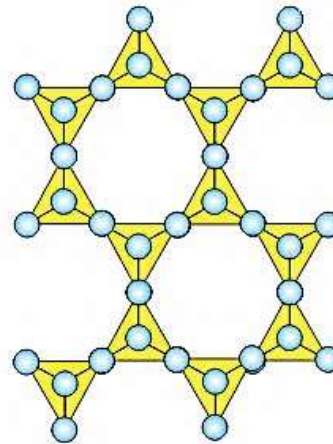
Anello di  
6 tetraedri  
 $(\text{Si}_6\text{O}_{18})^{12-}$



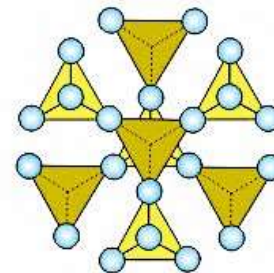
Catena infinita  
semplice di  
tetraedri:  
 $(\text{Si}_2\text{O}_6)^{4-}$



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



Foglio di  
tetraedri esteso  
infinitamente:  
 $(\text{Si}_2\text{O}_5)^{2-}$



Rete di tetraedri  
estesa nelle  
3 dimensioni  
 $(\text{SiO}_2)^0$

# Proprietà fisiche:

Densità: da 4.35 (Fayalite) a 2.44 (Leucite)

Durezza 5-8 1-6

Sfaldatura

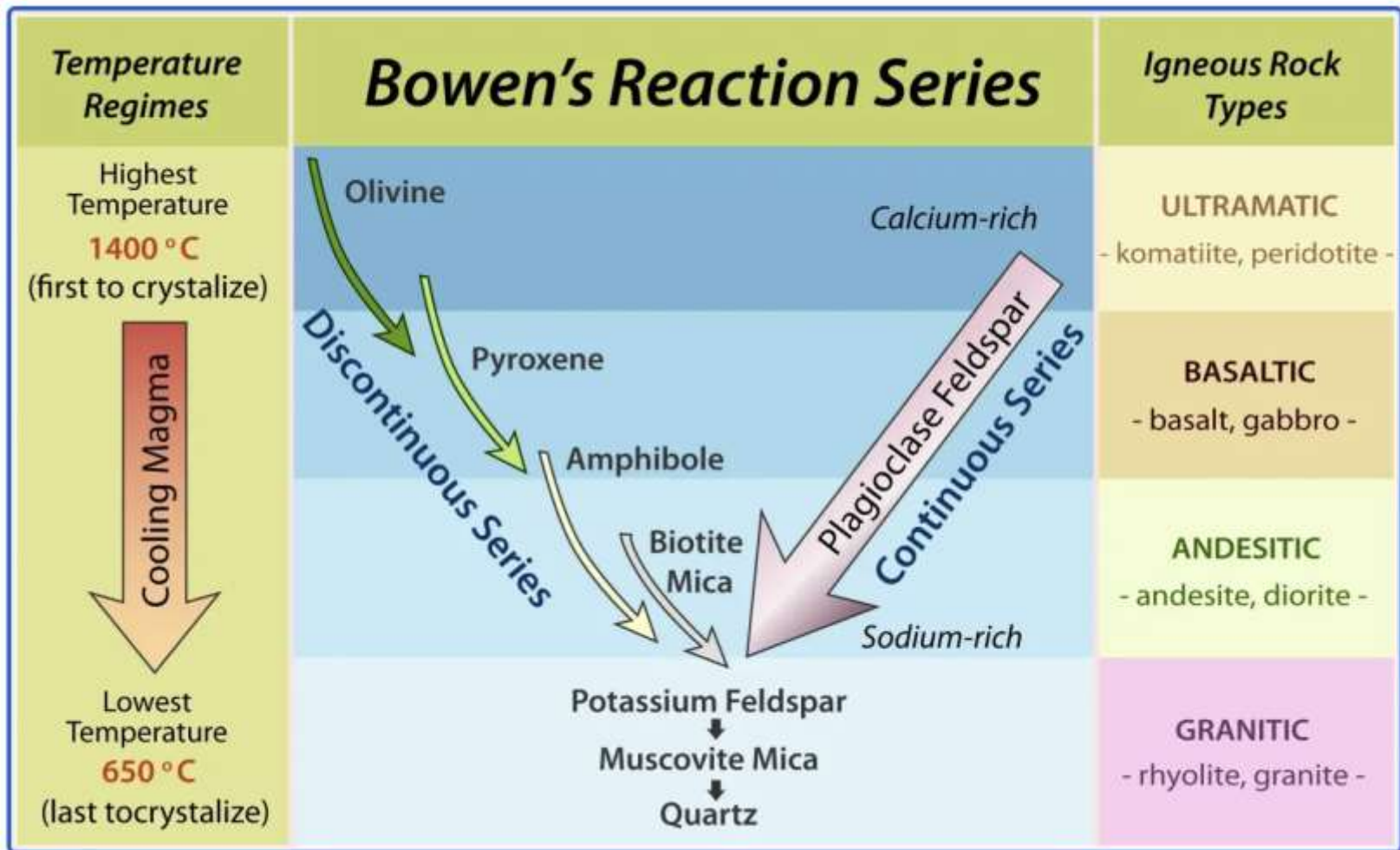
Indici di rifrazione

E' la classe mineralogica più importante, dato che i silicati costituiscono circa il 90% della Crosta Terrestre. Rappresentano circa il 25% dei minerali conosciuti con grossomodo 500 specie.

Genesi:

- Magmatica: minerali delle rocce (stadio ortomagmatico: olivine, pirosseni, anfiboli, miche, feldspati, quarzo; stadio pegmatitico: berillo, tormalina, quarzo, feldspati e miche; stadio idrotermale: quarzo, argille).
- Metamorfica: granati, cianite, sillimanite, andalusite.
- Sedimentaria: argille, zeoliti, quarzo.

**GENESI MAGMATICA:**  
**Stadio ORTOMAGMATICO**



# NESOSILICATI

## OLIVINE

Rombiche Bipiramidali

Pbnm Z=4

$a_0 = 4.8 \text{ \AA}$

$b_0 = 10.2 \text{ \AA}$

$c_0 = 6.0 \text{ \AA}$

$\text{Mg}_2\text{SiO}_4$

$\text{Fe}_2\text{SiO}_4$

$\text{CaMgSiO}_4$

$\text{CaFeSiO}_4$

$\text{Ca}_2\text{SiO}_4$

$\text{CaMnSiO}_4$

Forsterite

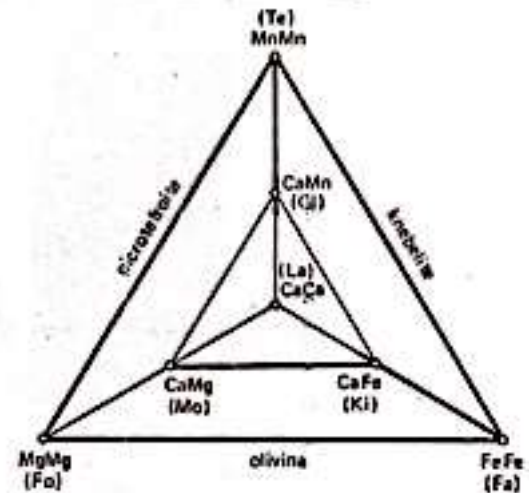
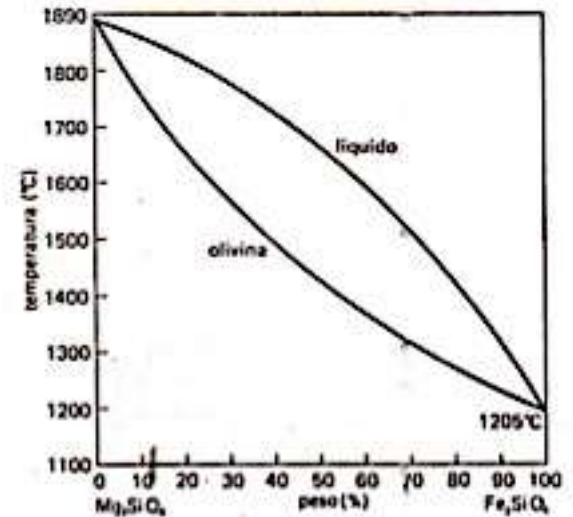
Faialite

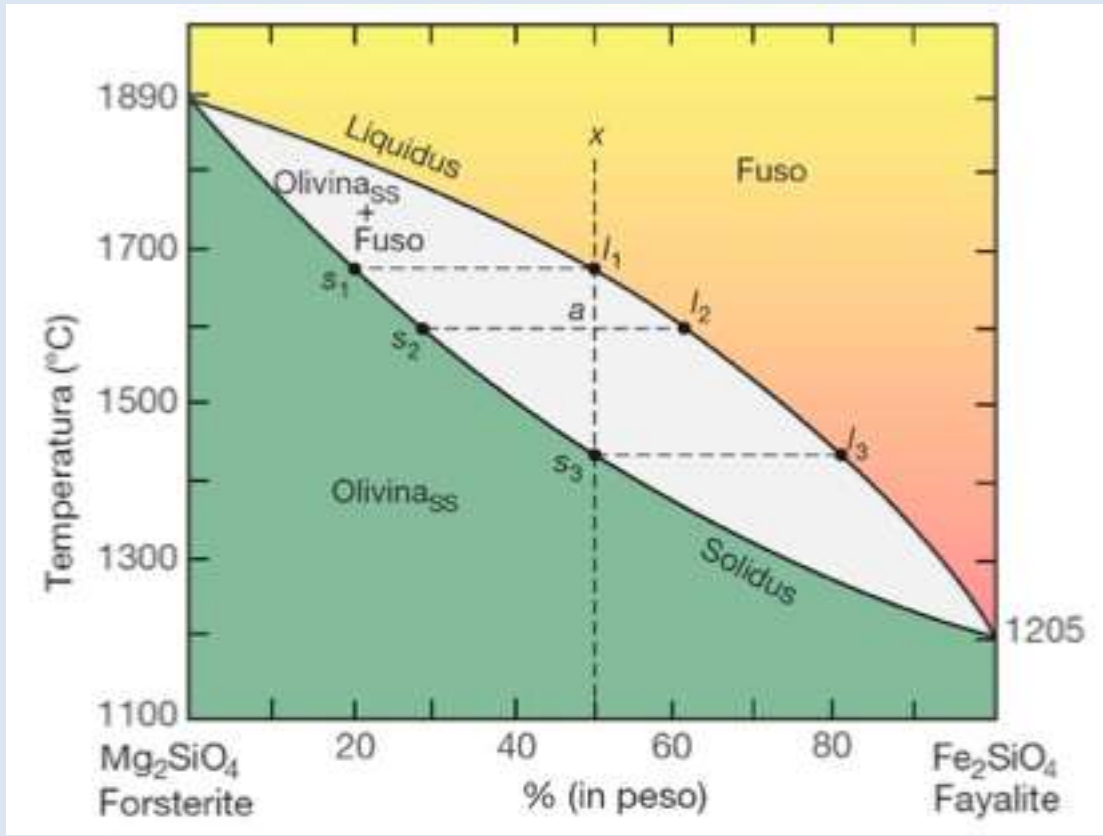
Monticellite

Kirsteinite

Larnite

Glaucocroite

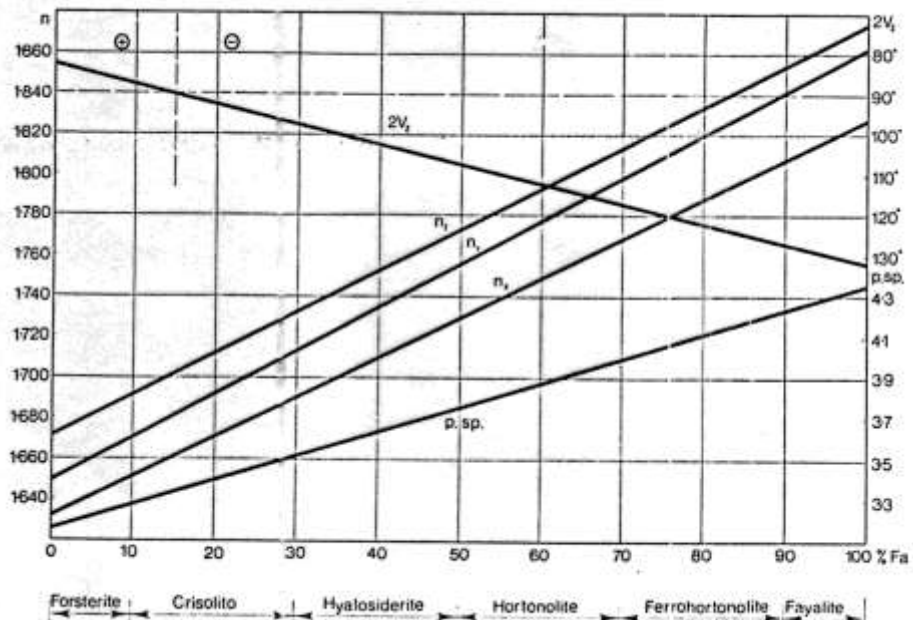
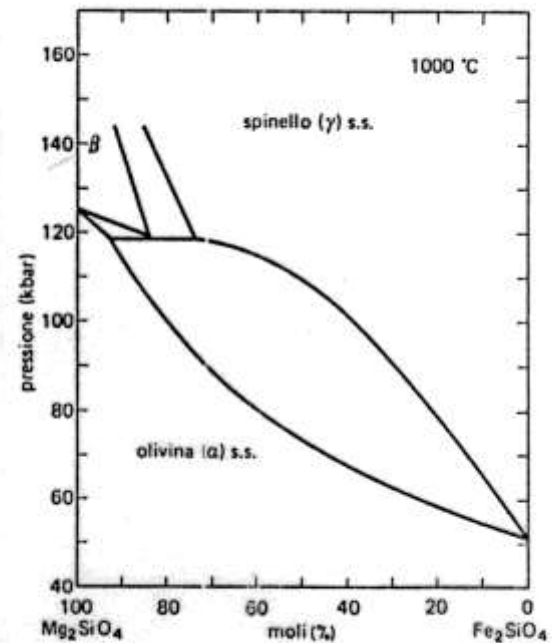
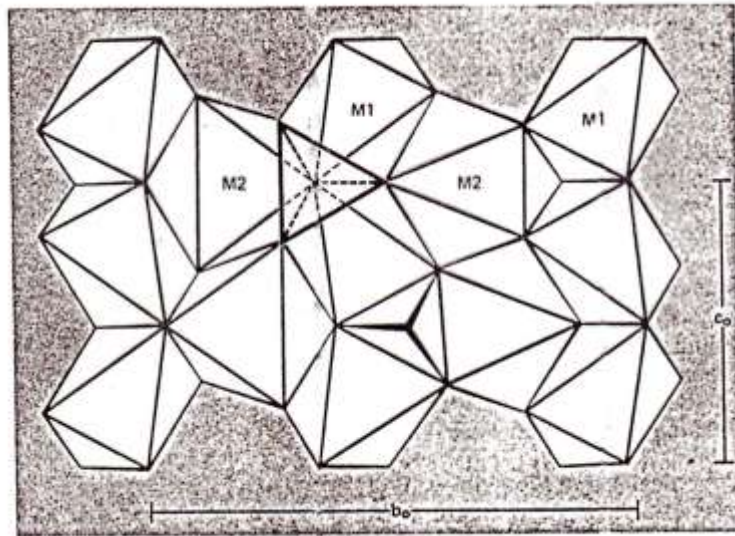




# NESOSILICATI



# NESOSILICATI



# NESOSILICATI

**ZIRCONO:**  $\text{ZrSiO}_4$       Ditetragonale bipiramidale

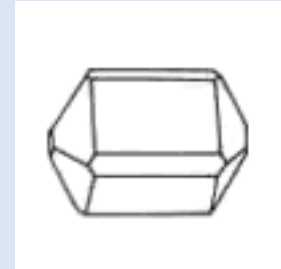
La struttura è composta da tetraedri isolati uniti da dodecaedri  $\text{ZrO}_8$  disposti secondo delle catene.

Solitamente sono presenti atomi radioattivi quali U, Th, Y, Hf. Il loro decadimento porta a una alterazione del minerale chiamata stato metamittico.

I cristalli sono usualmente prismatici, con elevata durezza e birifrangenza, e presentano colori variabili dall'incolore all'azzurro. Varietà gemma: giacinto.

E' un minerale accessorio di rocce magmatiche e metamorfiche ed è usato per le datazioni.

# NESOSILICATI



# INOSILICATI

Inosilicati a  
catena  
semplice:  
PIROSSENI



# Inosilicati a catena semplice: PIROSSENI

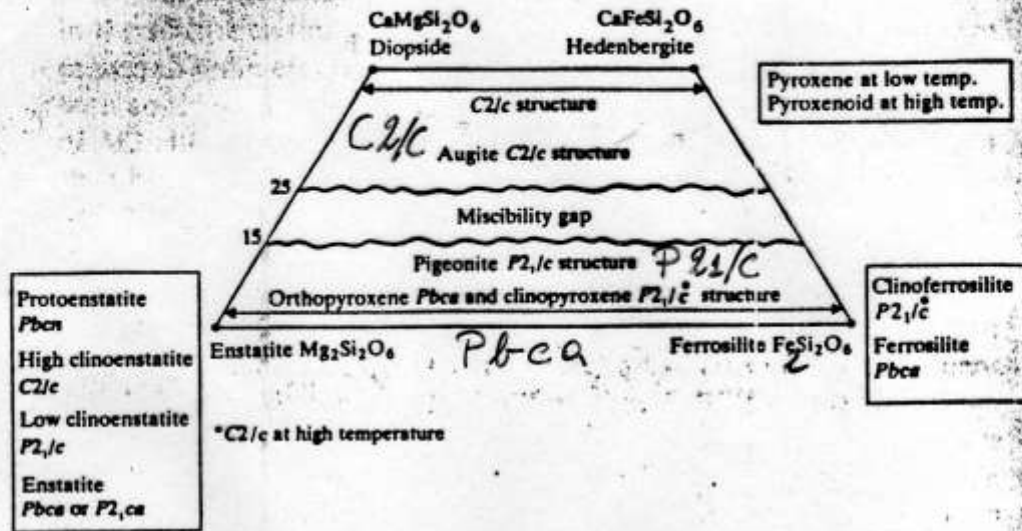
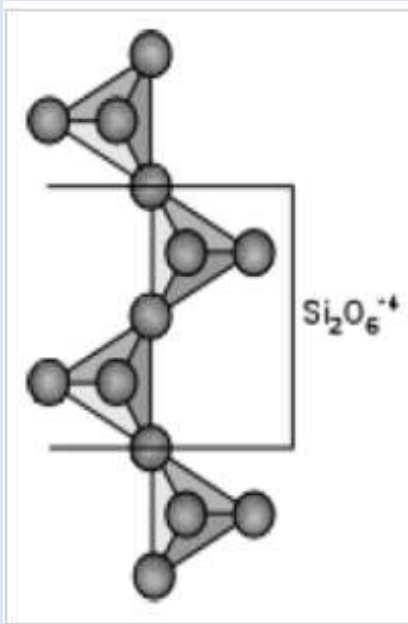


Fig. 55 Illustration of structural relationships among pyroxenes in the diopside-hedenbergite-enstatite-ferrosillite quadrilateral.

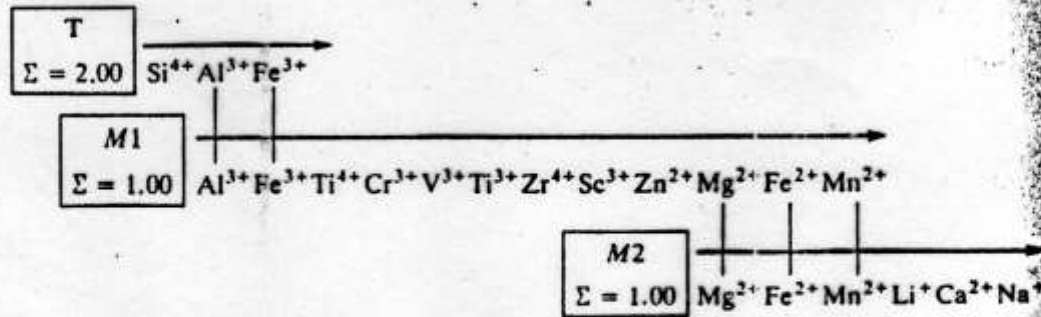


Fig. 56 Flow chart showing ideal site occupancy and order of assigning atoms to T, M1 and M2 sites of pyroxene structure (after Morimoto, M., 1988, *Min. Mag.*, 52, 535-50).

# Clinopirosseni

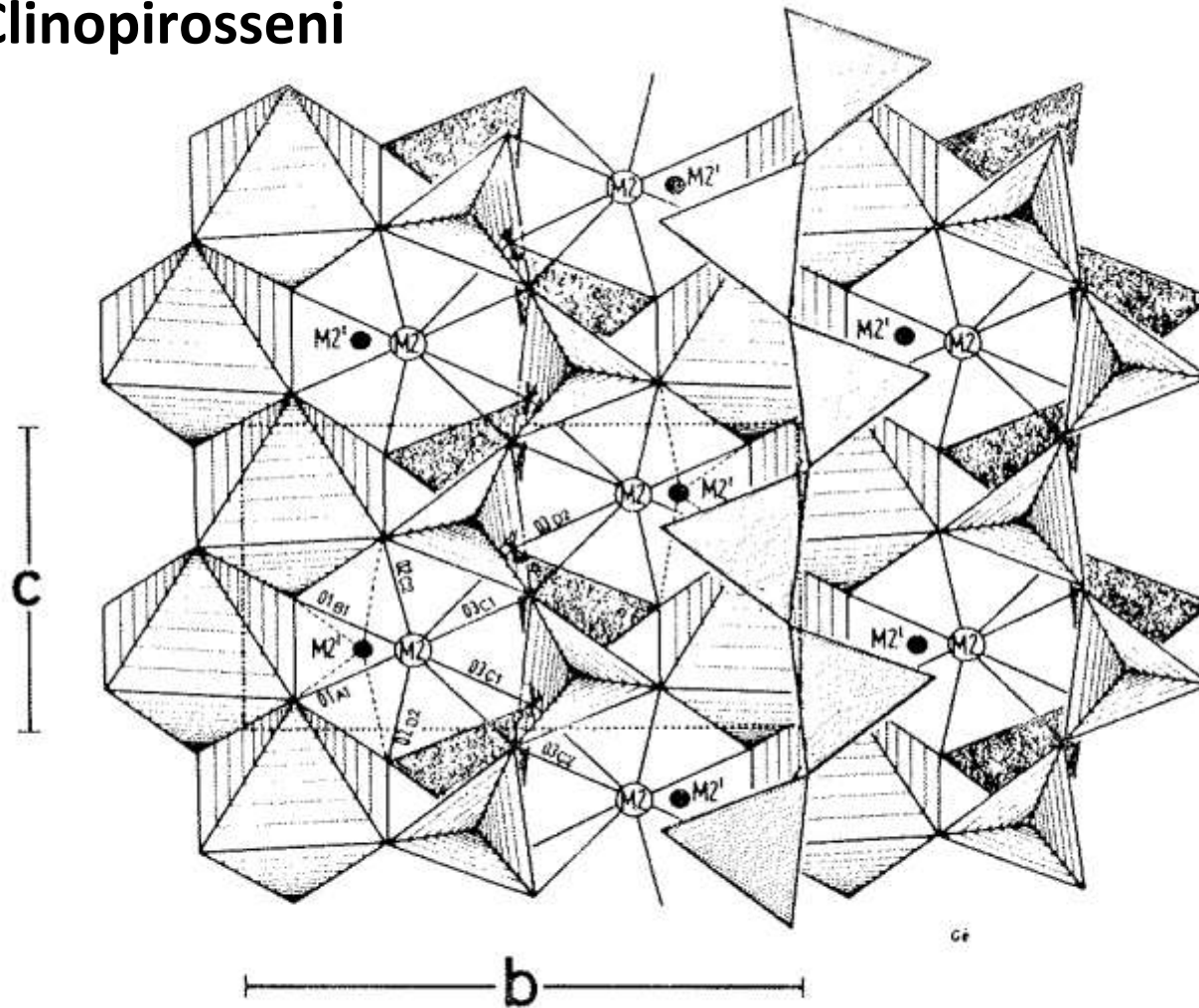
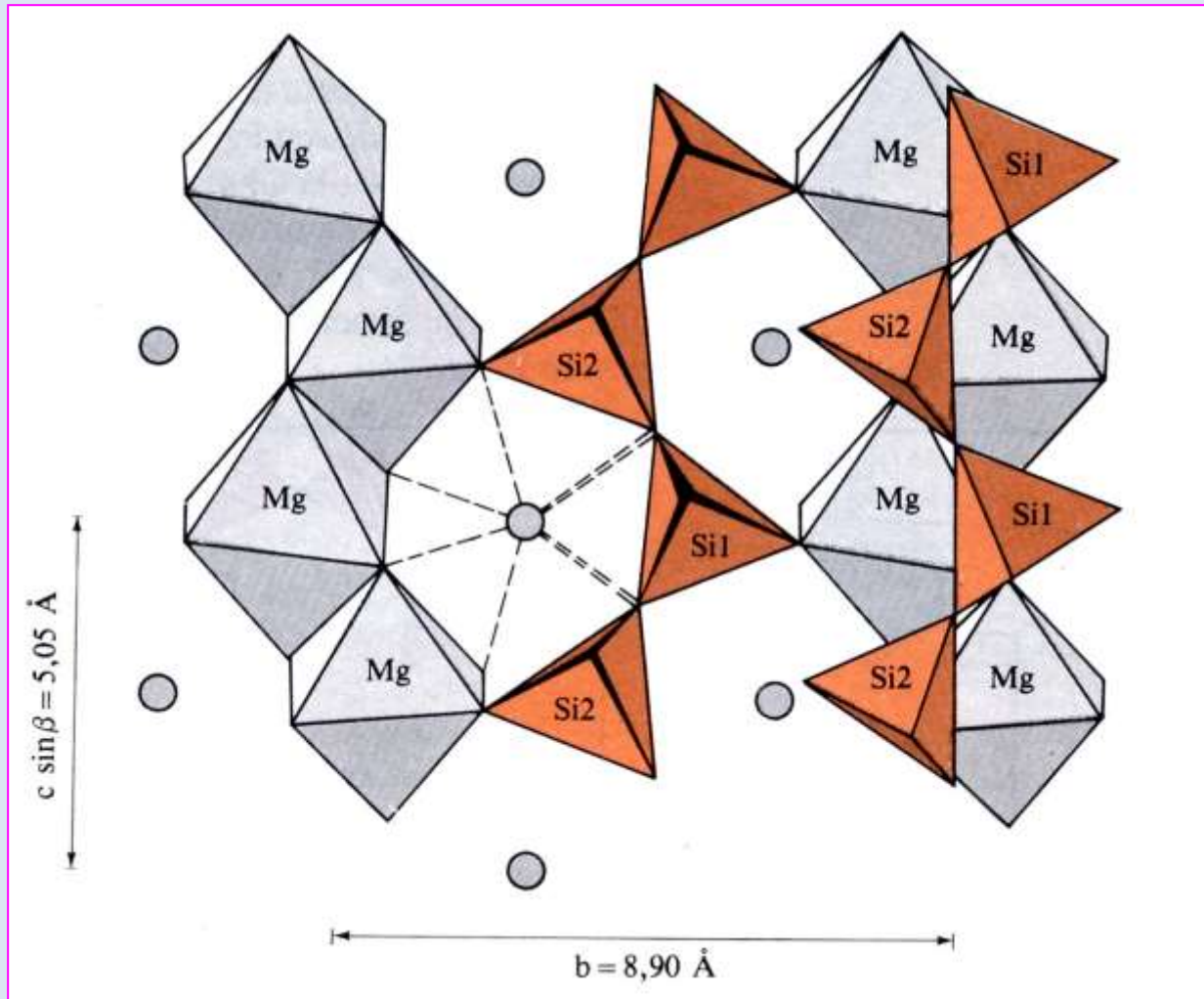


Fig. 3. The crystal structure of  $C2/c$  clinopyroxene projected on to (100) plane. Atom nomenclature after Burnham *et al.* (1967). The geometry of the new  $M2'$  site as determined in this paper has been added to the diagram.

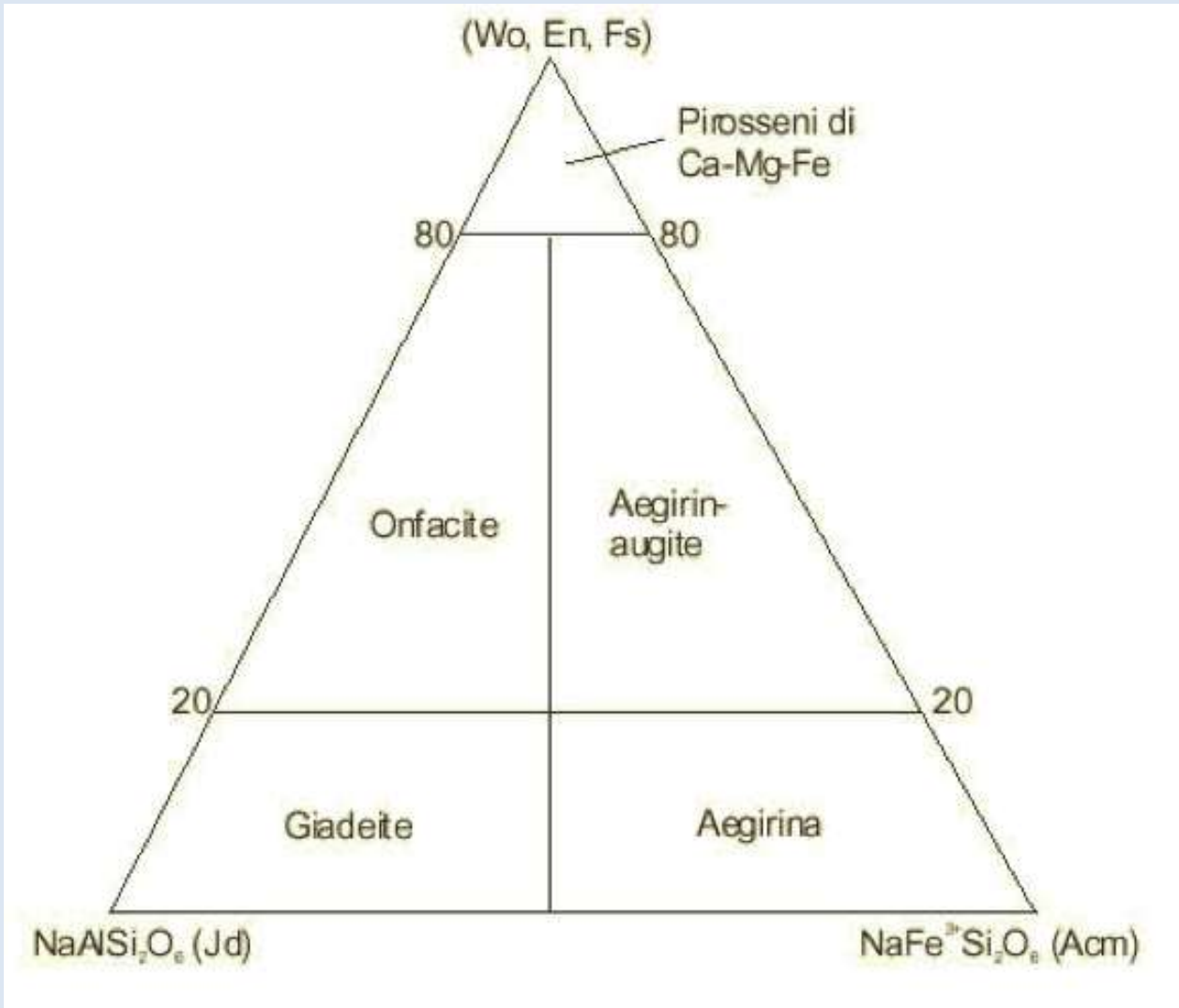
# Clinopirosseni



Le **augiti** sono monocline e presentano ampie sostituzioni, possono essere ricche in Al.

Sono molto frequenti, e sono i costituenti essenziali di rocce ignee basiche, ma anche ultrabasiche e in rocce metamorfiche di alto grado. Durezza 6, densità 3, colore verde fino a nero





# Giadeite

$\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$  presente in rocce metamorfiche di alta pressione. Di colore verde o verde azzurra si presenta generalmente in masse granulari



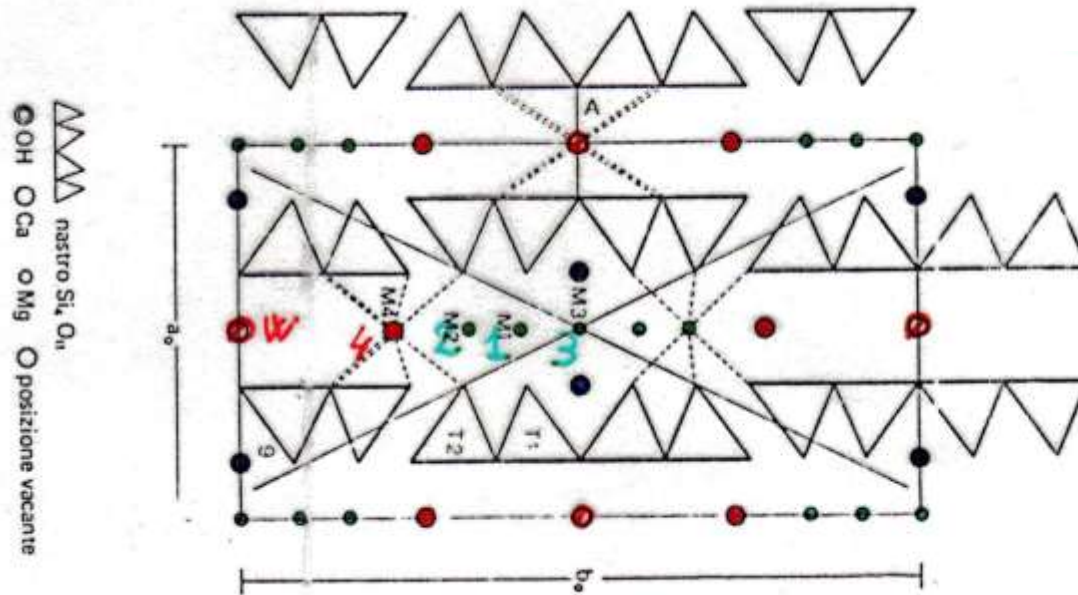
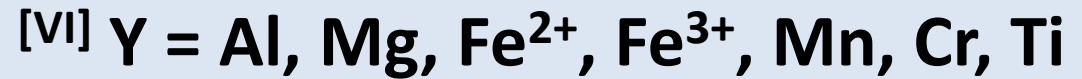
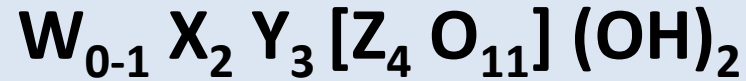
# Spodumene

- $\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$  si rinviene nelle pegmatiti granitiche in grossi cristalli.
- Presenta due varietà la ***hiddenite*** dal colore verde smeraldo e la ***kunzite*** di colore lilla. Entrambe usate come gemme.
- La ***kunzite*** presenta in maniera vistosa il fenomeno del pleocroismo.



# INOSILICATI

Inosilicati a  
catena  
doppia:  
ANFIBOLI



## TREMOLITE



OH



M4 -Ca

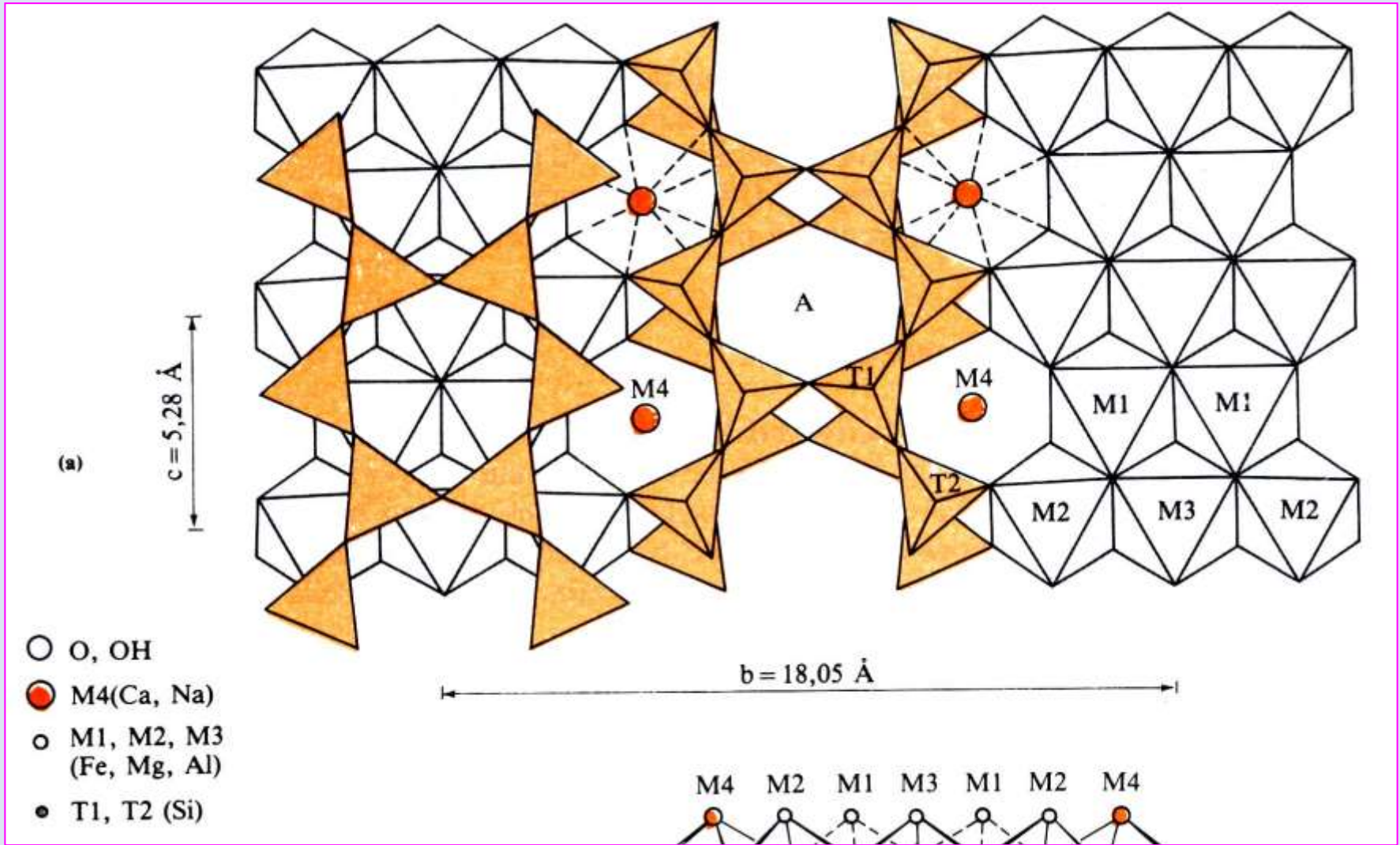


W - Vacante



M1-M2-M3

Mg



# Orneblende

- Le **orneblende** sono anfiboli comuni presenti in tutte le **rocce intrusive**, dai graniti alle dioriti, ai gabbri, alle peridotiti; è presente nelle **rocce metamorfiche** ed è tipica delle anfiboliti; è presente nelle **rocce effusive** soprattutto nelle andesiti e si presenta colorata di un intenso colore bruno ed è detta **orneblenda basaltica**.
- Presenta un habitus prismatico combinazione di prismi e pinacoidi. Presentano pleocroismo dal giallo al verde.



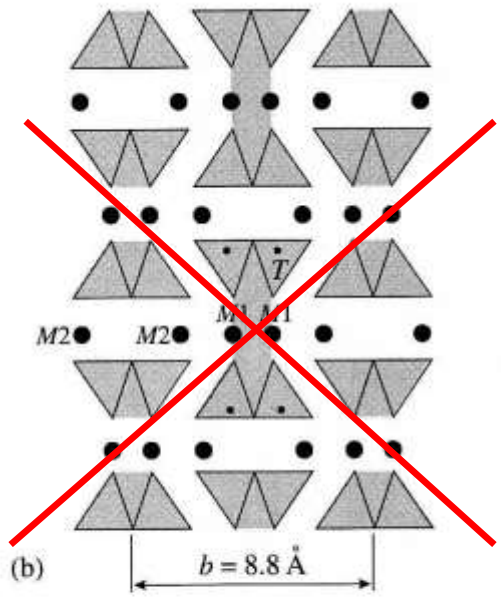
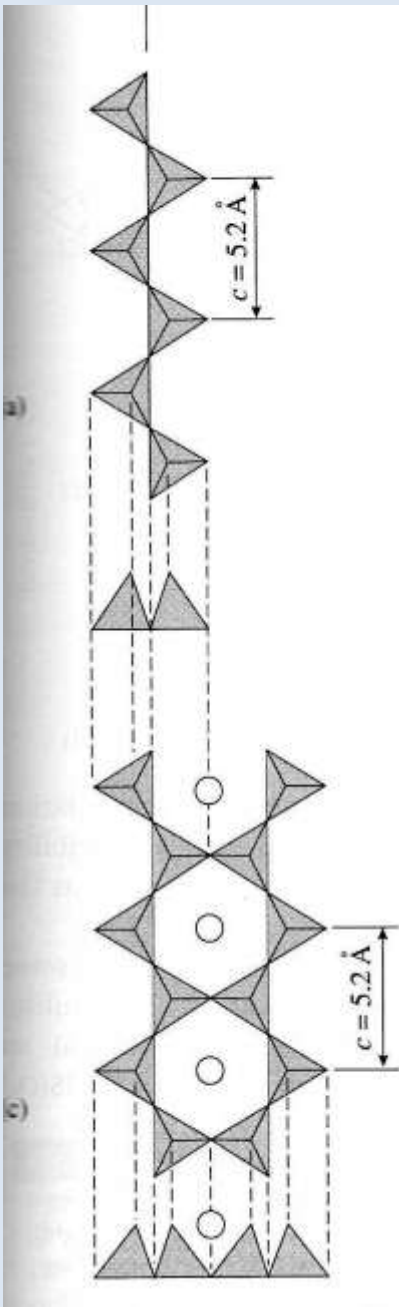
Orneblenda. Pala, dimensioni originali mm 70×30. Coll. S. Scamù.

# Anfiboli a Na

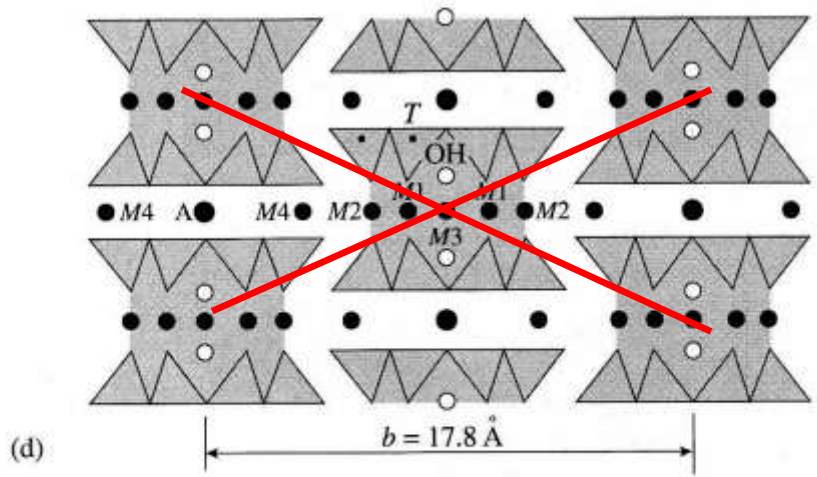
- **Glaucofane**  $\text{Na}_2\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}](\text{OH})_2$
- **Riebeckite**  $\text{Na}_2\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}](\text{OH})_2$
- La glaucofane è un tipico minerale di metamorfismo regionale presente negli scisti a glaucofane
- La riebeckite è presente in rocce magmatiche come alcuni graniti alcalini e sieniti. Varietà è la **crocidolite** o **amianto azzurro del Capo** riebeckite metamorfica (Sudafrica)



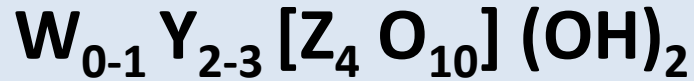
crocidolite



Confronto tra le  
strutture di:  
PIROSSENO (a, b)  
e  
ANFIBOLO (c, d)



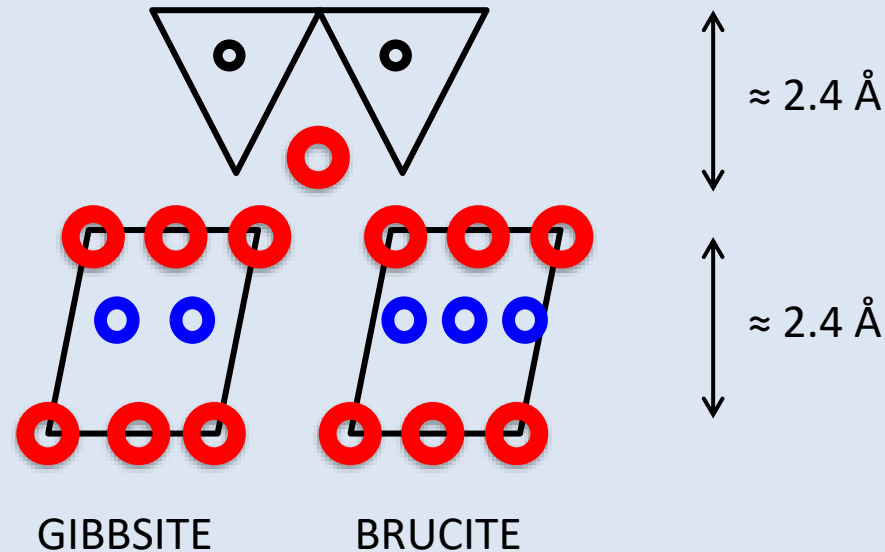
# FILLOSILICATI

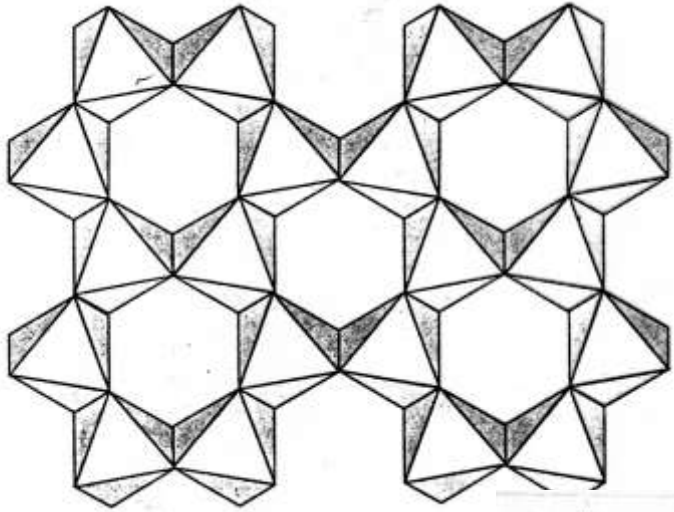


[IV] Z = Si, Al

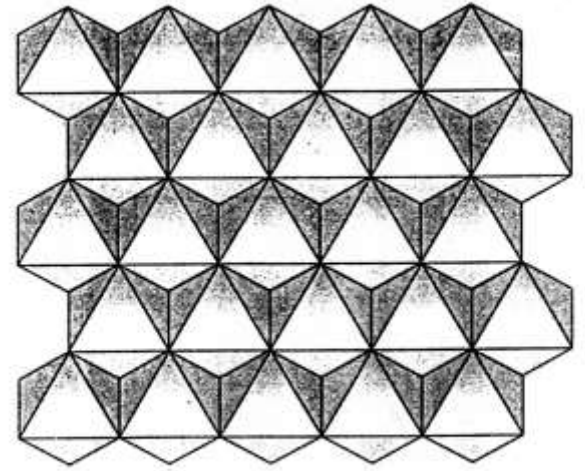
[VI] Y = Al, Mg, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Li, Cr, Ti .....

[XII] W = K, Ca, Na, Ba





GIBBSITE



BRUCITE

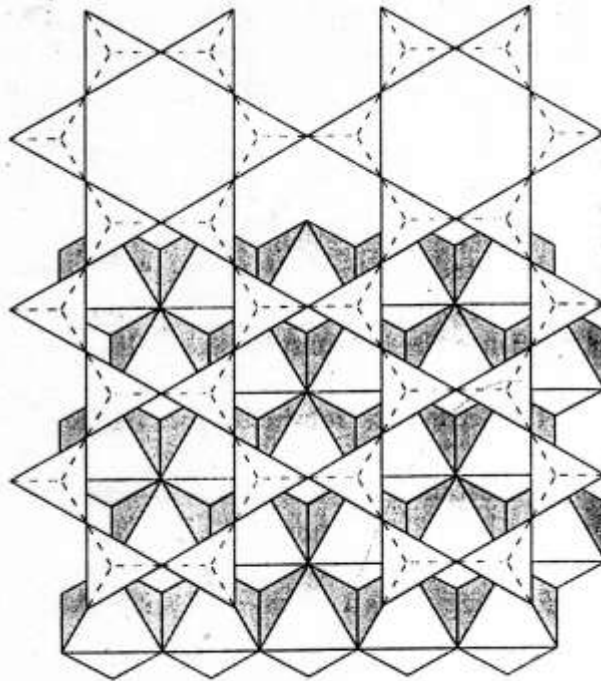
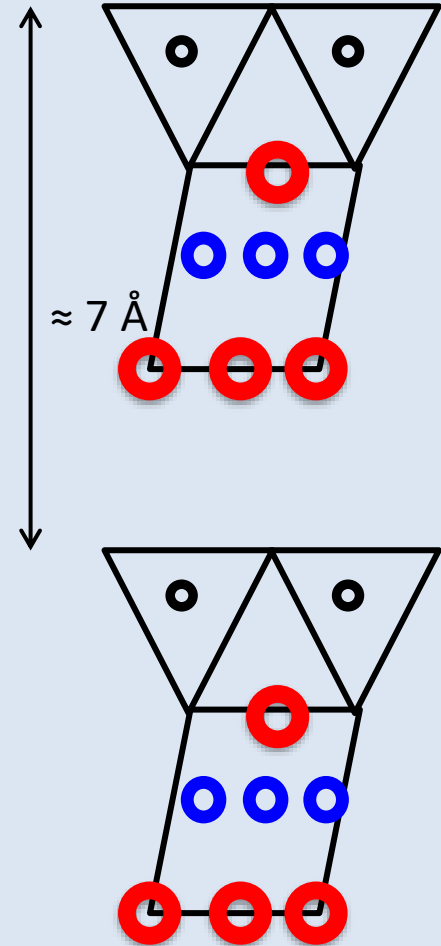
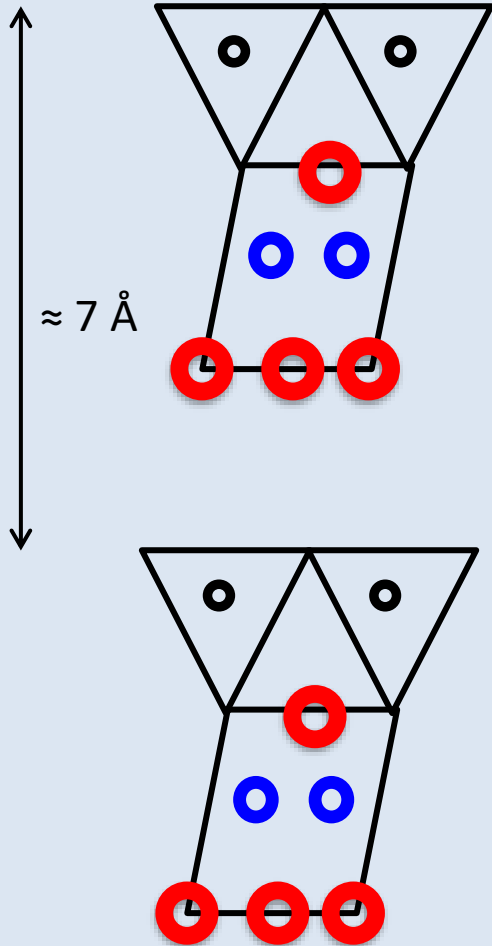
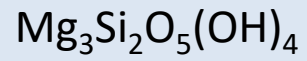
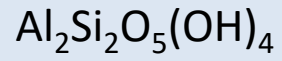
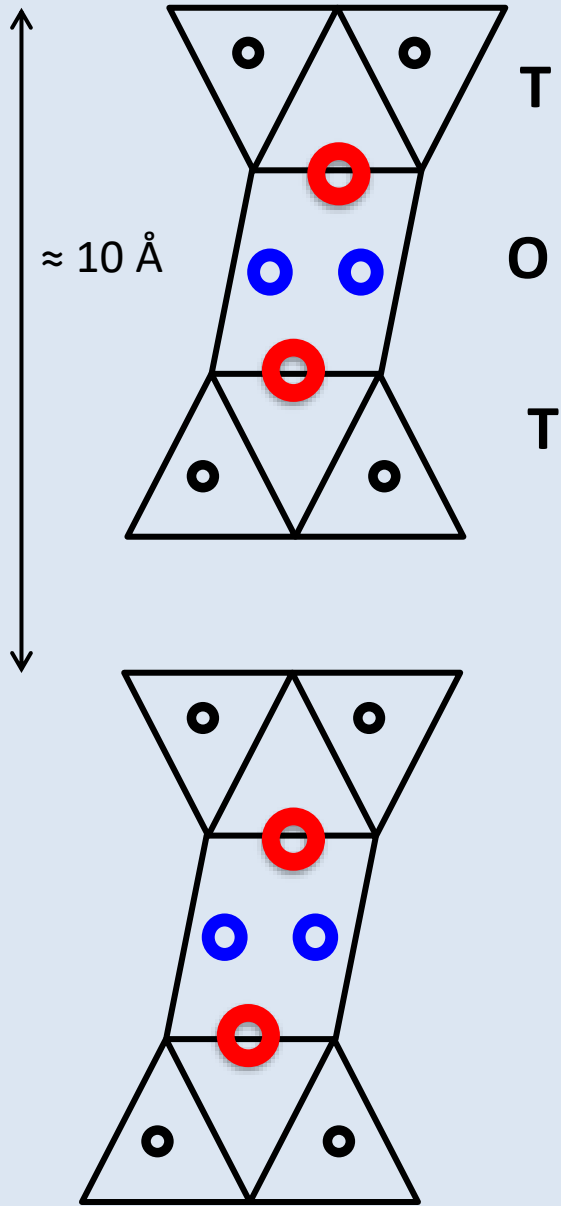


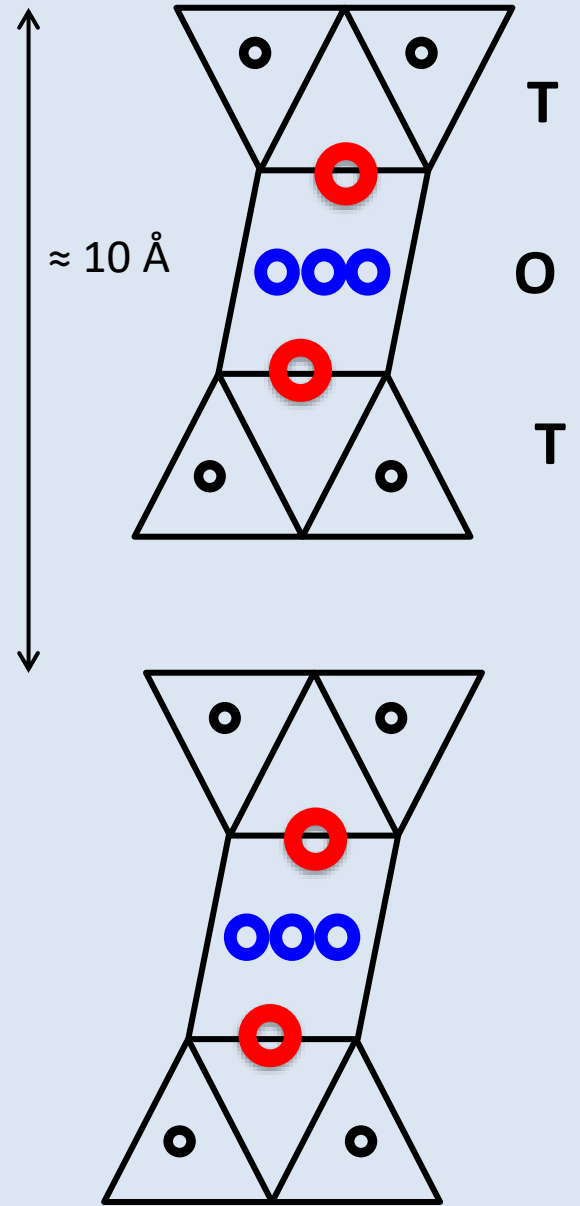
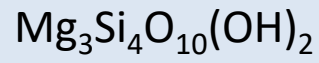
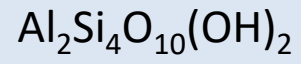
Figure 6.35. The way in which a sheet of downward-pointing tetrahedra links to an octahedral sheet below.

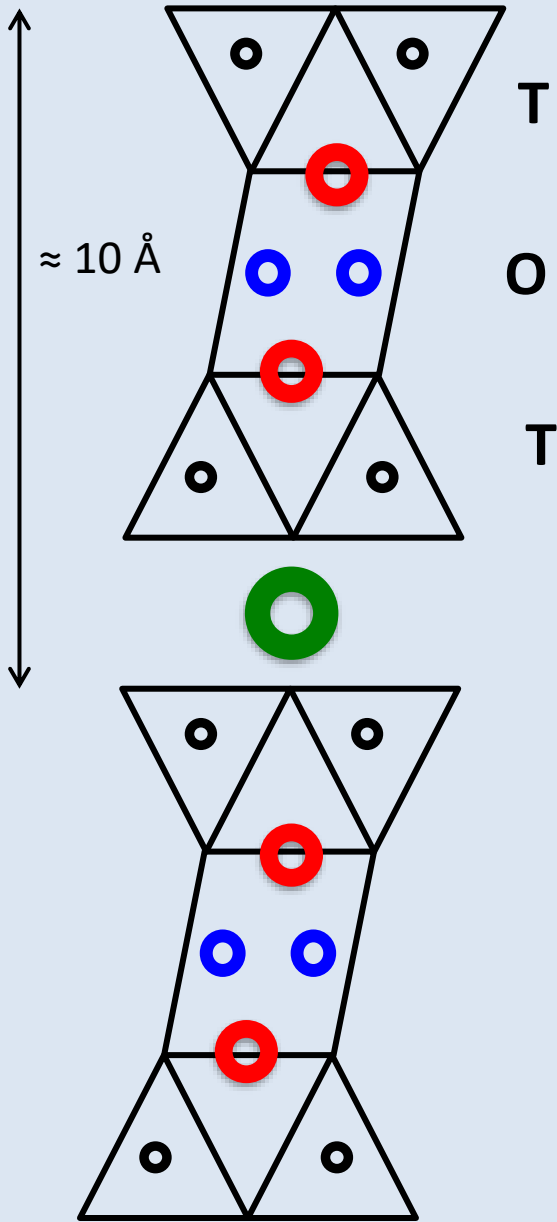
# CAOLINITE – SERPENTINO



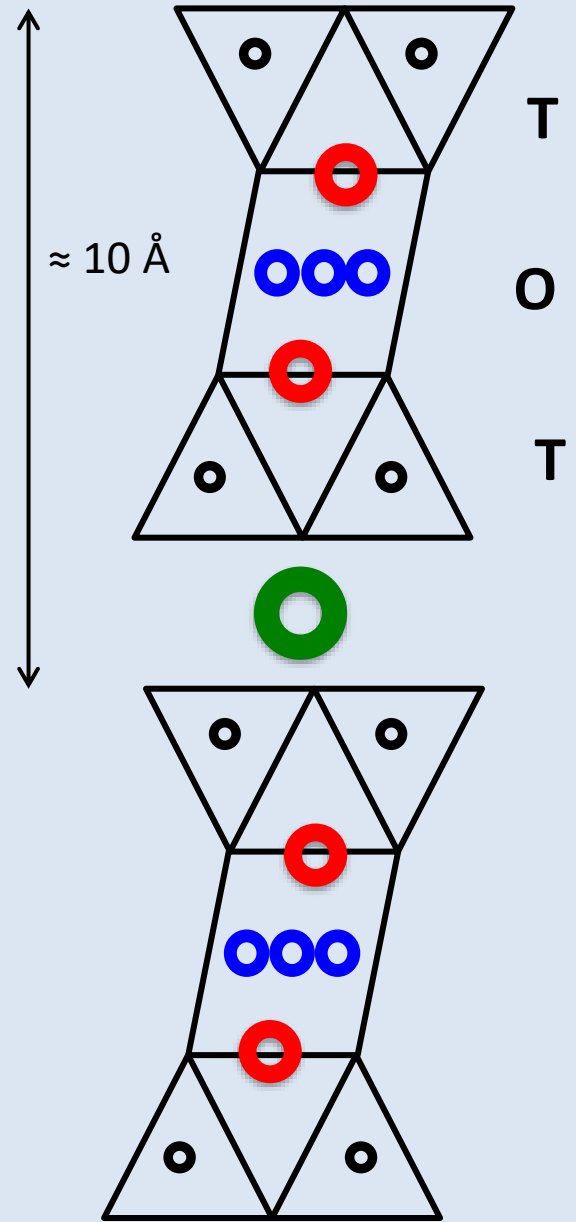


PIROFILLITE – TALCO



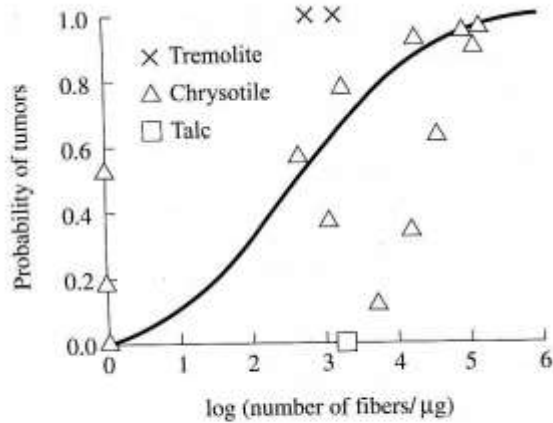


MUSCOVITE – BIOTITE  
 $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$   
 $\text{K}(\text{Mg,Fe})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$

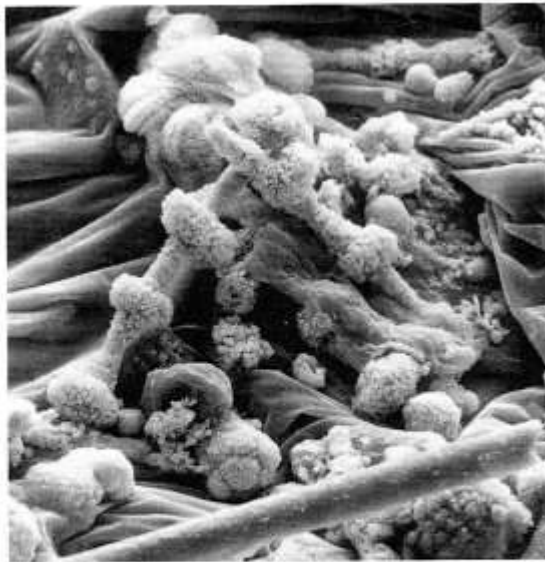




# MINERALI FIBROSI



**Fig. 33.4** Incidence of malignant tumors in rats as function of fiber concentration (after Stanton *et al.*, 1981).



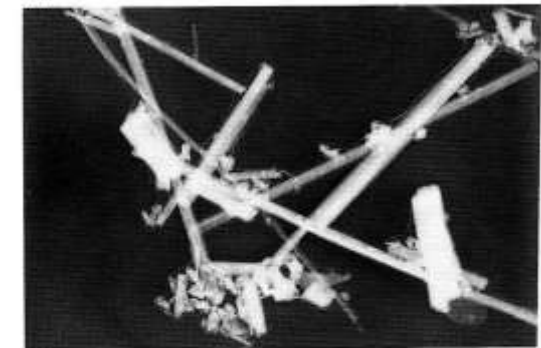
**Fig. 33.5** SEM image of ferruginous bodies extracted from a human lung. Particles of asbestos are coated with an iron-rich material derived from proteins. (from Guthrie and Mossman, 1993; photograph by L. Smith and A. Sorling).



(a)



(b)



(c)

**Fig. 33.7** Samples containing asbestos in airborne dust. (a) Polarized microscope sample of amosite (width 1.2 mm) (b) TEM image of amosite (width 6 μm) (c) TEM image of chrysotile (width 10 μm). (All micrographs are courtesy of Mark Bailey, Asbestos TEM Laboratories, Berkeley, California.)

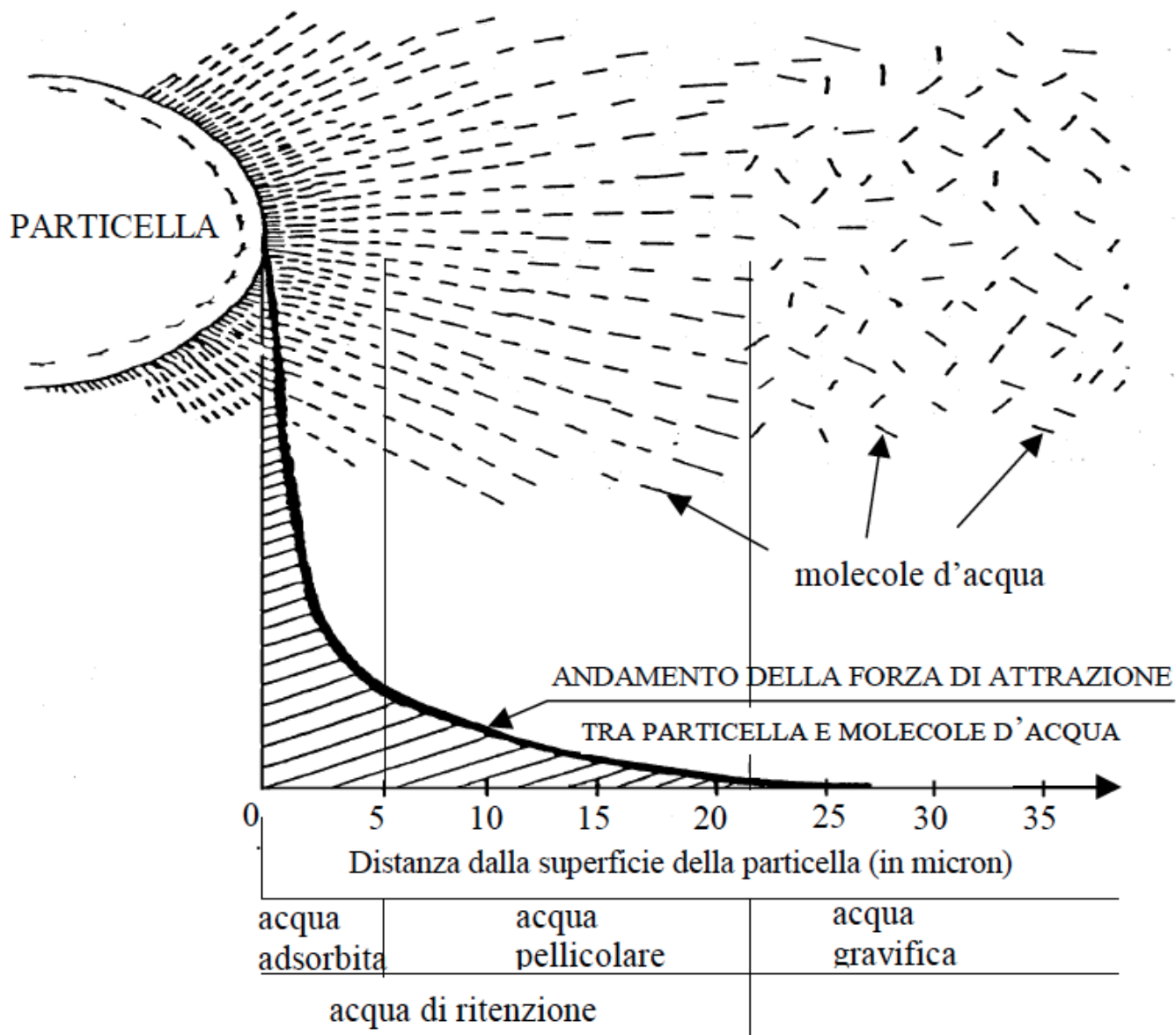


Figura 1.7 – Schema dell'interazione tra particelle d'argilla e molecole d'acqua

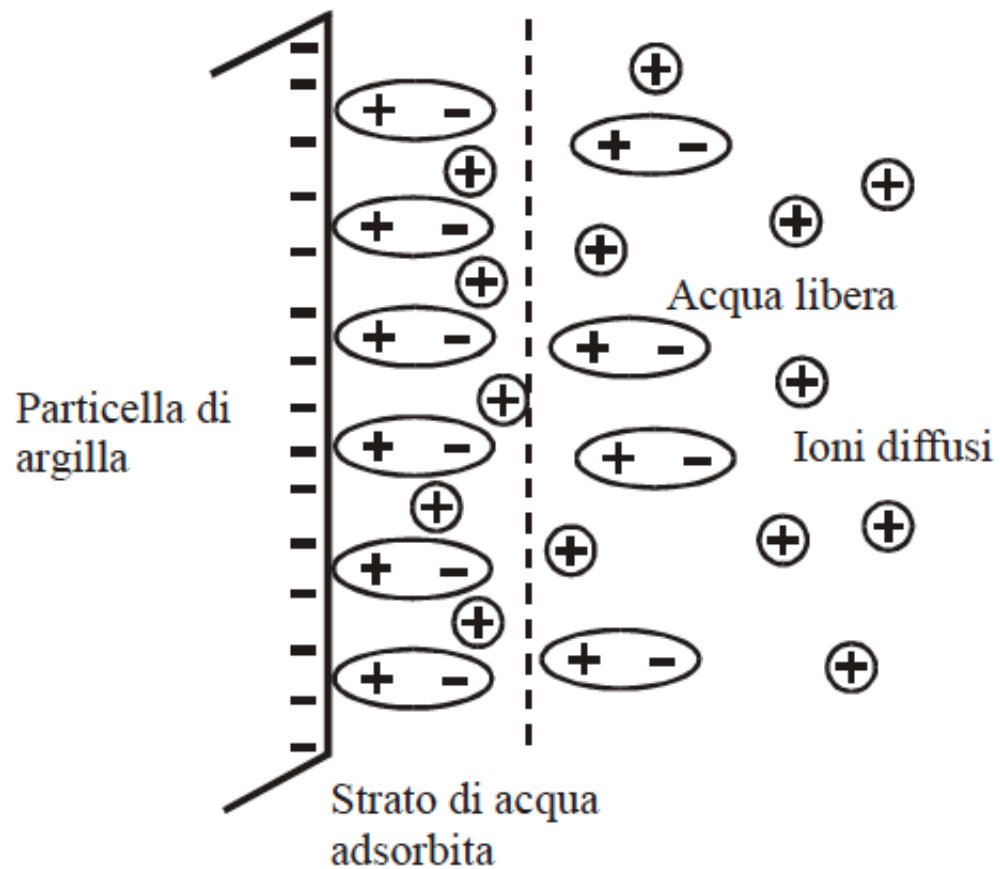
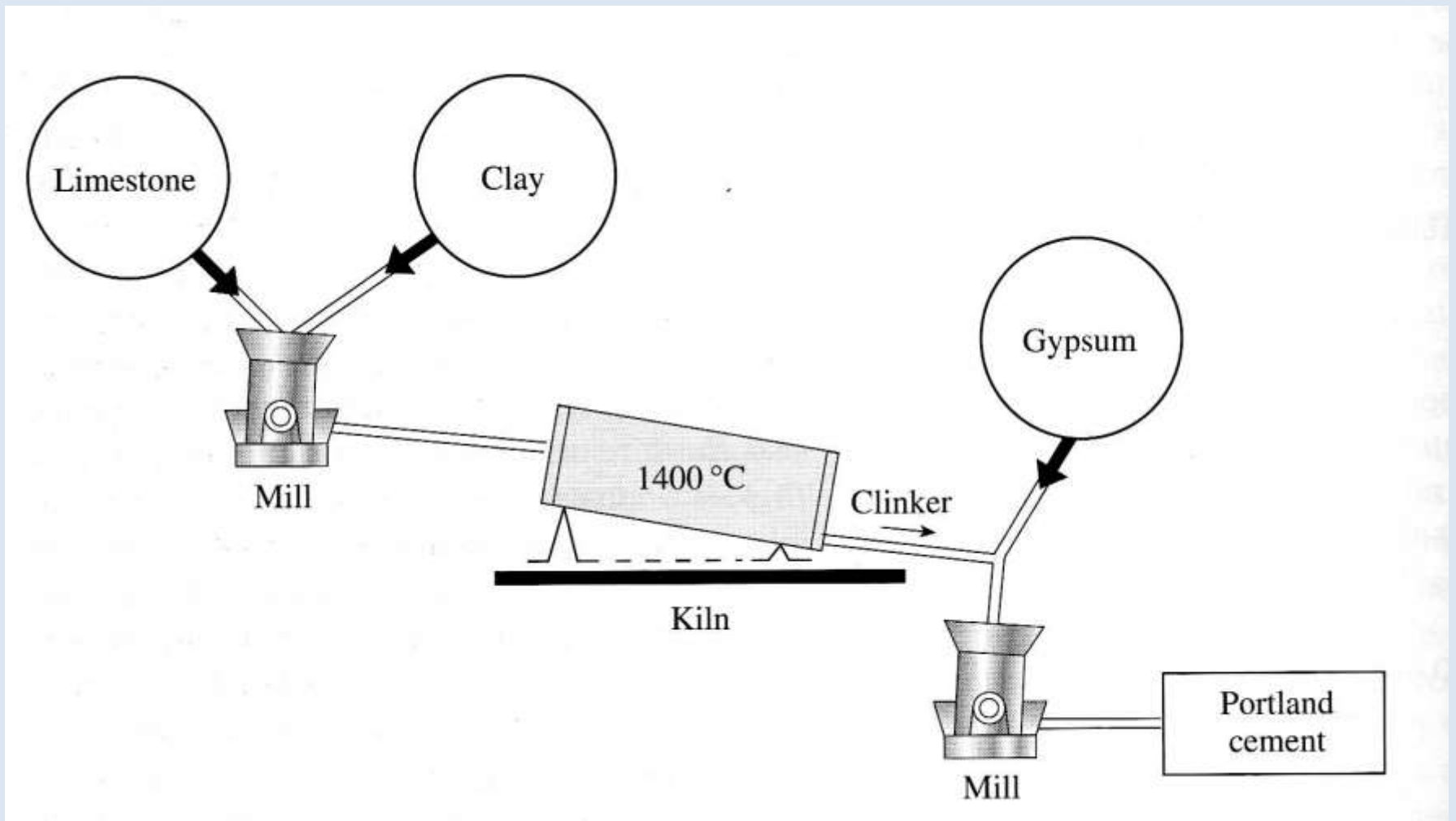


Fig. 1.3 – Schema di una particella di argilla con gli strati di acqua adsorbita e di ioni diffusi.

# Cemento



<b>CERAMICA</b>	<b>Colorata</b>	<b>Porosa</b>	<b>TERRACOTTA</b>
		<b>Compatta</b>	<b>GRES</b>
	<b>Bianca</b>	<b>Porosa</b>	<b>TERRAGLIA</b>
		<b>Compatta</b>	<b>PORCELLANA</b>

**TECTOSILICATI**

**QUARZO**



# TECTOSILICATI

# QUARZO

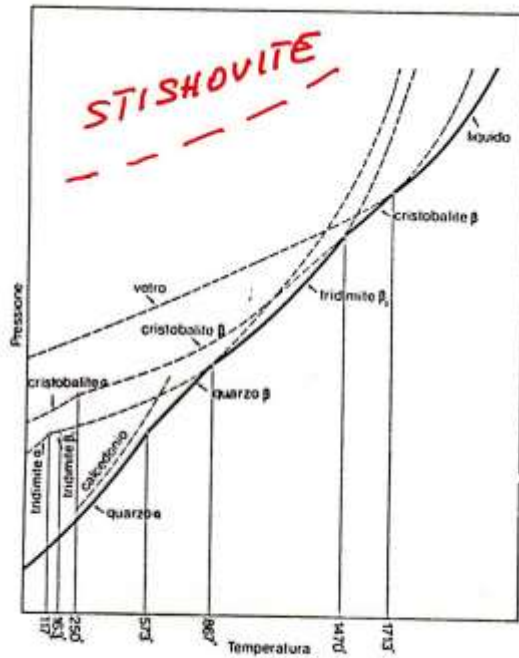
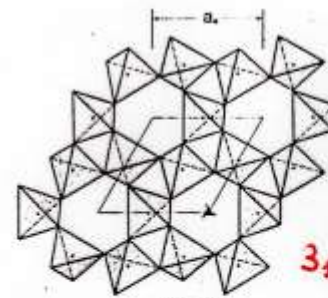
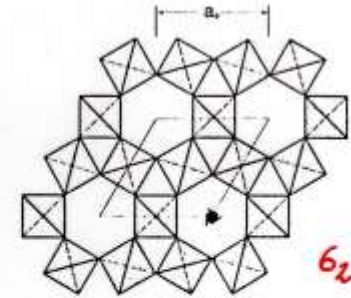


Fig. 197.1 Diagramma di fase della silice.



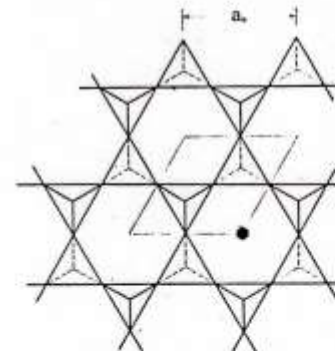
quarzo α  
Fig. 197.2

3<sub>1</sub>  
DESTRO  
3<sub>2</sub>  
SINIS.

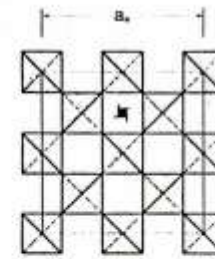


quarzo β  
Fig. 197.3

6<sub>2</sub>  
DESTRO  
6<sub>4</sub>  
SINISTRO



tridimite β  
Fig. 197.4



cristobalite β  
Fig. 197.5

Fig. 197.2 Struttura del quarzo α (proiezione basale).

Fig. 197.3 Struttura del quarzo β (proiezione basale).

Fig. 197.4 Struttura della tridimite β (proiezione basale).

Fig. 197.5 Struttura della cristobalite β (proiezione secondo [100]).

# TECTOSILICATI

# QUARZO

Varietà:

- **Cristalline:** ametista, citrino, rocca, rutilato, affumicato, rosa, occhio di tigre (inclusioni fibrose), avventurina (ematite).
- **Microcristalline (fibrose):** agata (strati alternati varicolore), calcedonio (bruno-grigia), corniola (rossa), crisoprasio (verde), onice (bianco-nero), legno fossile.
- **Microcristalline (granulari):** diaspro (rosso, ematite), selce, prasio (verde).
- **Amorfe:** opale.

# TECTOSILICATI

# QUARZO

**Applicazioni:** sfrutta le proprietà piezoelettriche.

**Problematiche ambientali:** polveri minerali – SILICOSI dovuta all'inalazioni di consistenti quantità di polveri di quarzo.

Su tutti i prodotti contenenti silice libera, devono essere esposte etichette che avvertono che la polvere se inalata può causare problemi respiratori o altri problemi sanitari.

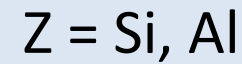
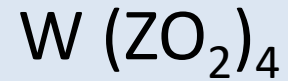
**TECTOSILICATI**

**FELDSPATI**



# TECTOSILICATI

# FELDSPATI



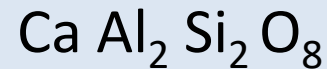
Feldspato Potassico



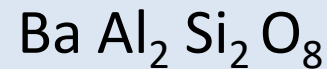
Albite



Anortite

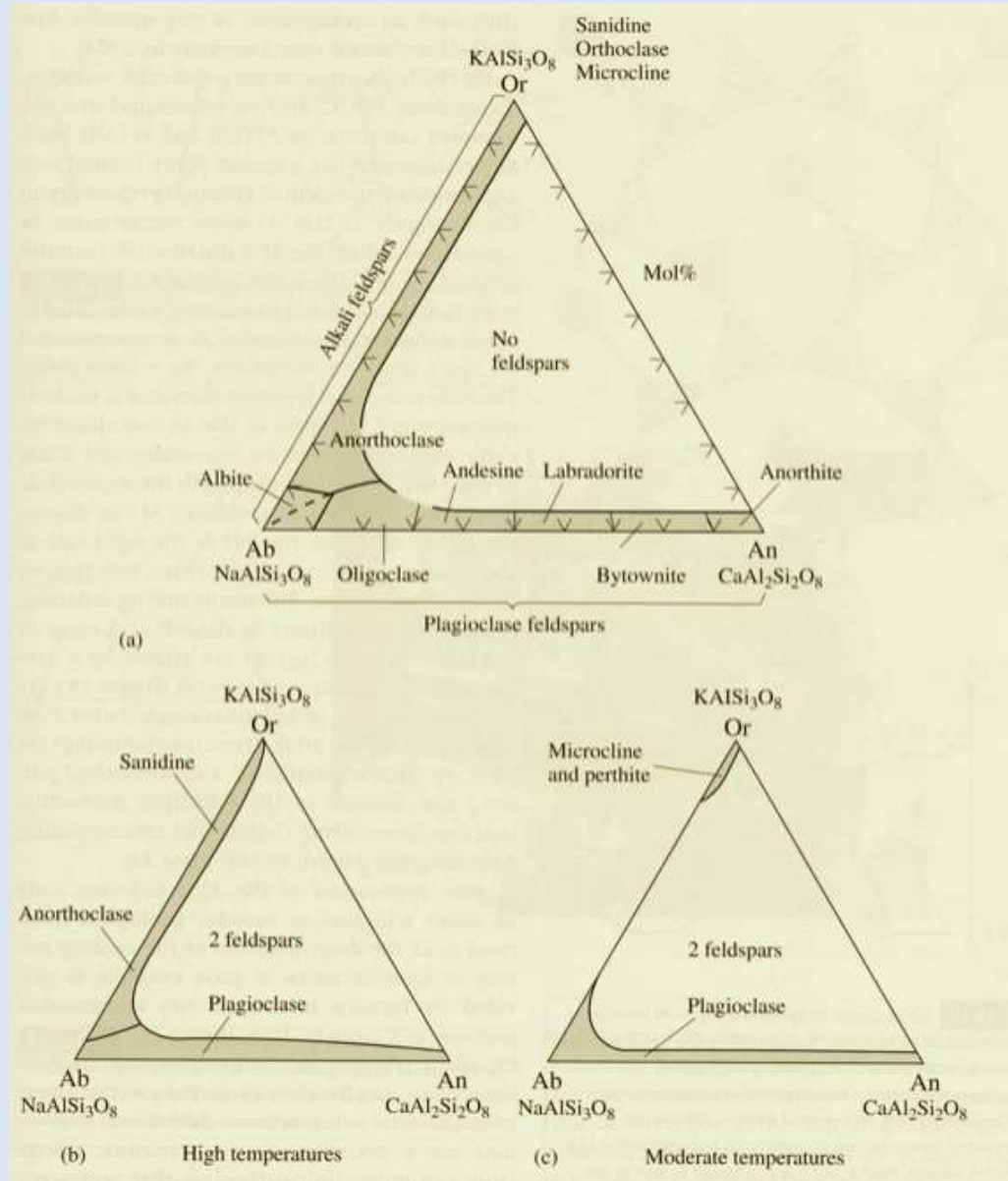


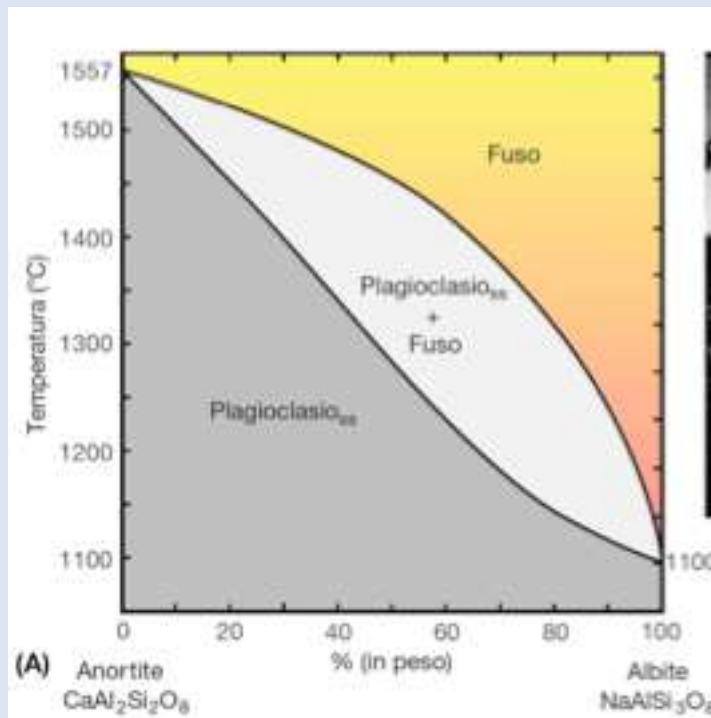
Celsiana



# TECTOSILICATI

# FELDSPATI





**TECTOSILICATI**

**FELDSPATOIDI**



# TECTOSILICATI

# FELDSPATHOIDI

LEUCITE	$\text{KAlSi}_2\text{O}_6$	Tetragonale e cubica sopra i 625°C
ANALCIME	$\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$	Cubico

Gruppo della NEFELINA: esagonali

NEFELINA	$\text{NaAlSiO}_4$
KALSITE	$\text{KAlSiO}_4$

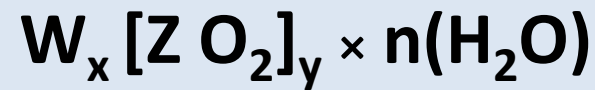
**TECTOSILICATI**

**ZEOLITI**



# TECTOSILICATI

## ZEOLITI



264 *Mineralogia speciale*

Tabella 77.V

minerale	formula	gr. spaz.
<b>Zeoliti fibrose</b>		
Natrolite	$\text{Na}_2 (\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	<i>Fdd2</i>
Mesolite	$\text{Na}_2\text{Ca}_2 (\text{Al}_6\text{Si}_9\text{O}_{30}) \cdot 8\text{H}_2\text{O}$	<i>Fdd2</i>
Scolecite	$\text{Ca} (\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	<i>Cc</i>
Thomsonite	$\text{NaCa}_2 (\text{Al}_5\text{Si}_5\text{O}_{20}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	<i>Pnna</i>
Mordenite	$\text{Na} (\text{AlSi}_5\text{O}_{12}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	<i>Cmca</i>
Laumontite	$\text{Ca} (\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	<i>Am</i>
<b>Zeoliti tabulari</b>		
Heulandite	$\text{Ca} (\text{Al}_2\text{Si}_7\text{O}_{18}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	<i>C2/m</i>
Clinoptilolite	$\text{Na} (\text{AlSi}_5\text{O}_{12}) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	<i>C2/m</i>
Stilbite	$\text{NaCa}_2 (\text{Al}_5\text{Si}_{13}\text{O}_{36}) \cdot 17\text{H}_2\text{O}$	<i>C2/m</i>
<b>Zeoliti equidimensionali</b>		
Phillipsite	$(\text{Ca}^{\frac{1}{2}}, \text{Na}, \text{K})_3 (\text{Al}_3\text{Si}_5\text{O}_{16}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	<i>P2<sub>1</sub>/m</i>
Harmotomo	$\text{Ba} (\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{16}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	<i>P2<sub>1</sub>/m</i>
Chabasite	$\text{Ca} (\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}) \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	<i>R3m</i>
Faujasite	$\text{NaCaMg} (\text{Al}_5\text{Si}_{11}\text{O}_{32}) \cdot 20\text{H}_2\text{O}$	<i>Fd3m</i>

## Proprietà delle Zeoliti

In natura sono state identificate 46 specie di zeoliti, mentre ne sono state sintetizzate oltre 100.

- Elevato grado di idratazione
- Bassa densità e grande volume dei vuoti quando disidratate
- Stabilità della struttura anche quando disidratate
- Proprietà di scambio cationico
- Canali regolari con dimensioni molecolari quando disidratate
- Capacità di assorbire gas e vapori

## **Applicazioni:**

- Rimozione dello ione ammonio negli scarichi fognari, lettiere per animali domestici e acquacoltura.
- Controllo degli odori.
- Rimozione metalli pesanti da scarichi industriali, minerali e scorie radioattive.
- Applicazioni in agricoltura come correttori di suoli e additivi per mangimi.

**Criticità:** erionite è una zeolite fibrosa riconosciuta come responsabile di mesotelioma (Karain, Turchia).

**GENESI MAGMATICA:**

**Stadio PEGMATITICO**

# CICLOSILICATI

**BERILLO:**       $\text{Al}_2\text{Be}_3\text{Si}_6\text{O}_{18}$       DIESAGONALE BIPIRAMIDALE

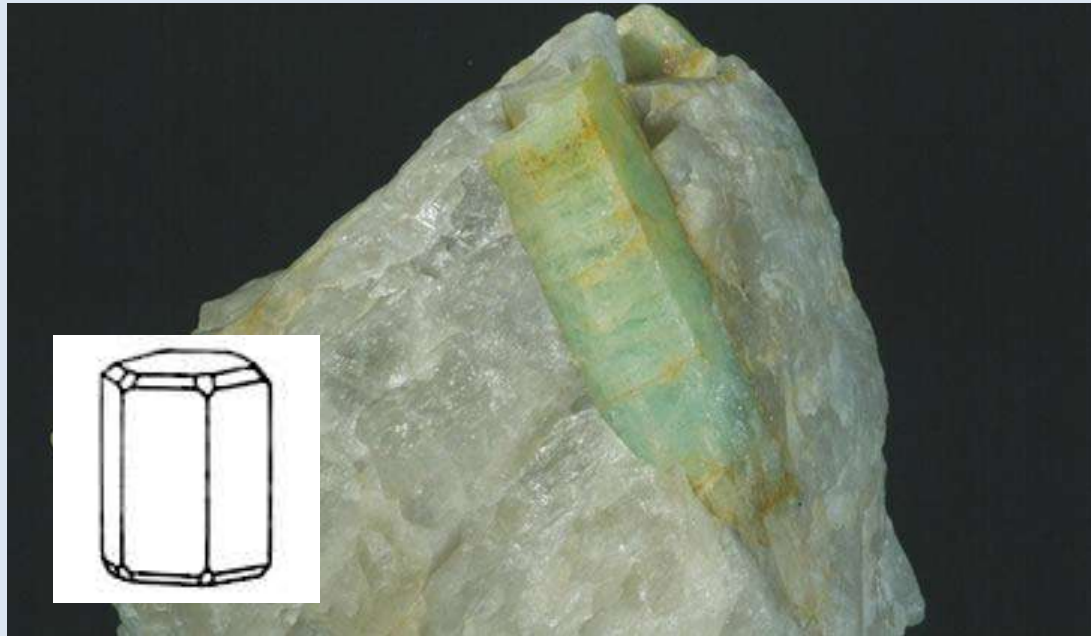
Struttura: anelli a 6 tetraedri uniti da tetraedri di Berillio e ottaedri di Alluminio

Morfologia: habitus prismatico

Genesi: pegmatitica.

Varietà: smeraldo (verde), acquamarina (azzurra), morganite (rosa), eliodoro (giallo-verde)

# CICLOSILICATI



# CICLOSILICATI

**TORMALINA:**  $\text{NaR}_3\text{Al}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_3(\text{F}, \text{O}, \text{OH})$

Ditrigonale piramidale

Cristalli ad abitus prismatico con diversa terminazione (asse 3 polare).

Genesi: pegmatitica.

Varietà: shorl (nera), elbaite (rosa), dravite (giallo-nera), spesso cristalli policromi.



# GENESI METAMORFICA

# NESOSILICATI GRANATI

Cubici esacisottrici       $Ia\bar{3}d$        $Z=4$        $X_3Y_2(ZO_4)_3$

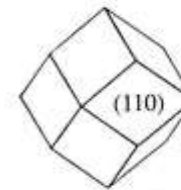
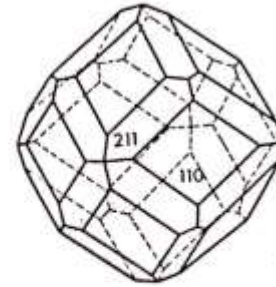
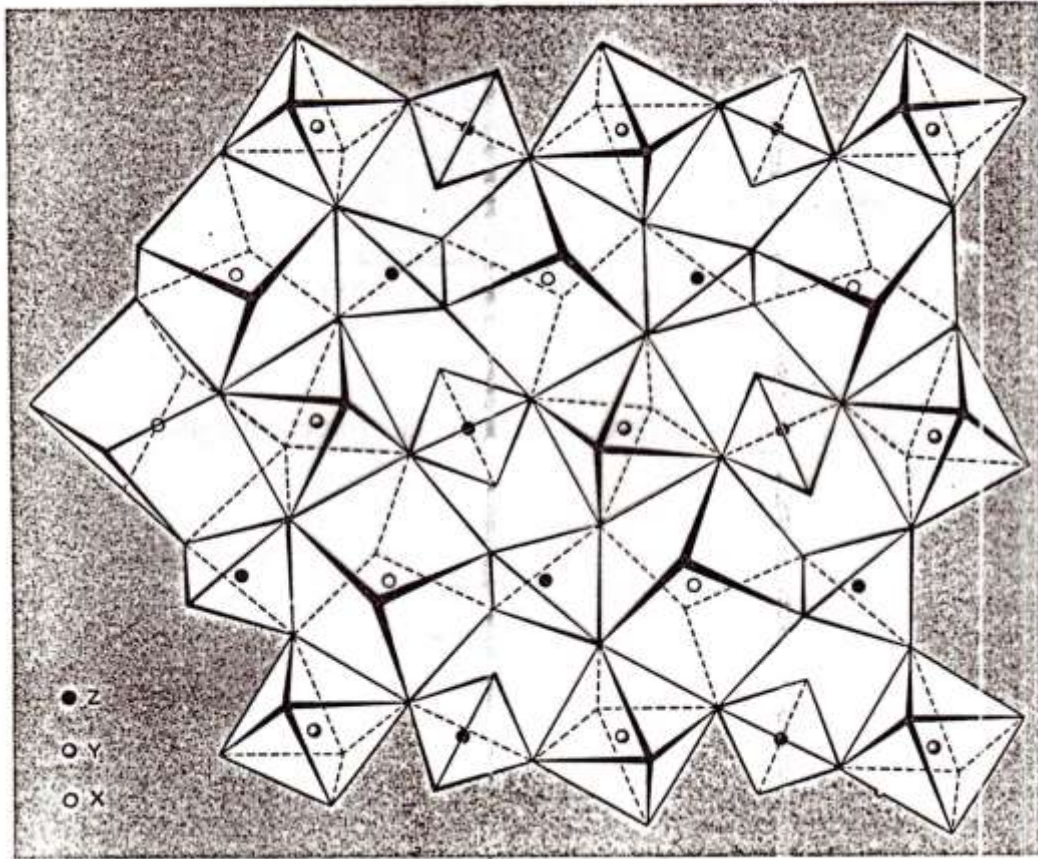
## Serie pirospitica:

		$a_0$	Colore
PIROPO	$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$	11.46 Å	ROSSO
ALMANDINO	$Fe_3Al_2(SiO_4)_3$	11.53 Å	ROSSO BRUNO
SPESSARTINA	$Mn_3Al_2(SiO_4)_3$	11.62 Å	ARANCIO

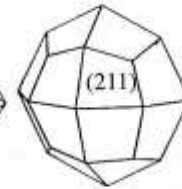
## Serie ugranditica:

GROSSULARIA	$Ca_3Al_2(SiO_4)_3$	11.84 Å	GIALLO-ARANCIO
ANDRADITE	$Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$	11.99 Å	NERO
UVAROVITE	$Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$	12.06 Å	VERDE

# NESOSILICATI



(a)



(b)



(c)



# NESOSILICATI

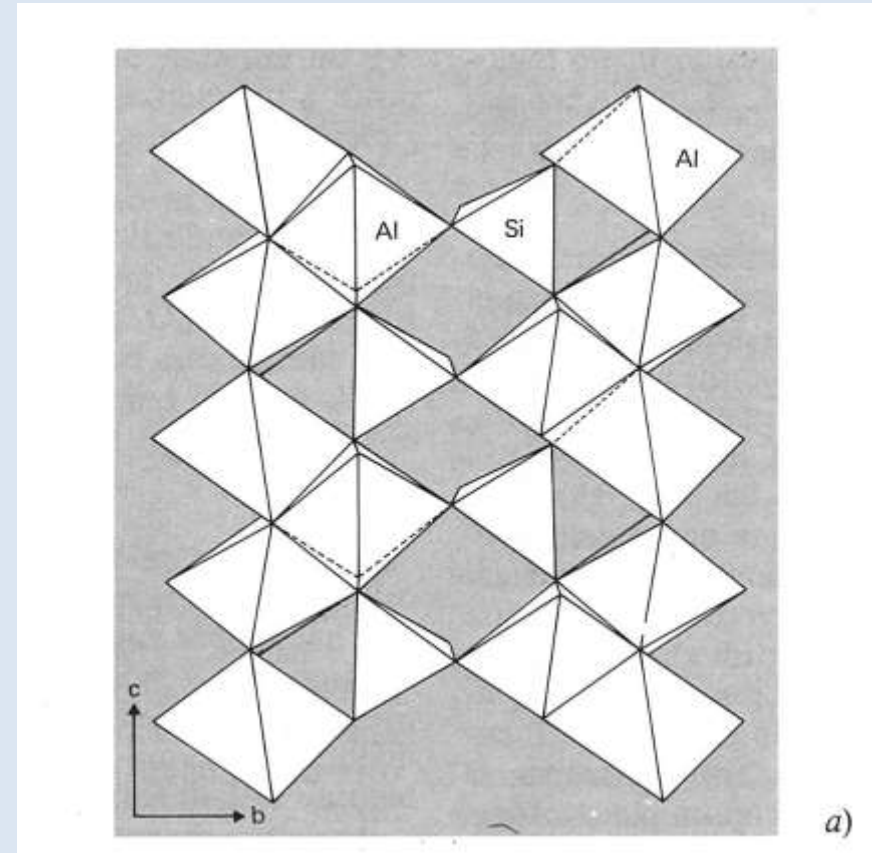
Silicati anidri di Al:  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$

## *CIANITE*

Triclina Pinacoidale con ottima sfaldatura, durezza variabile (5.5-7).

Di colore azzurro con pleocroismo in sezione sottile dall'incolore al blu.

Metamorfismo regionale di medie temperature e alte pressioni su rocce pelitiche.



# NESOSILICATI

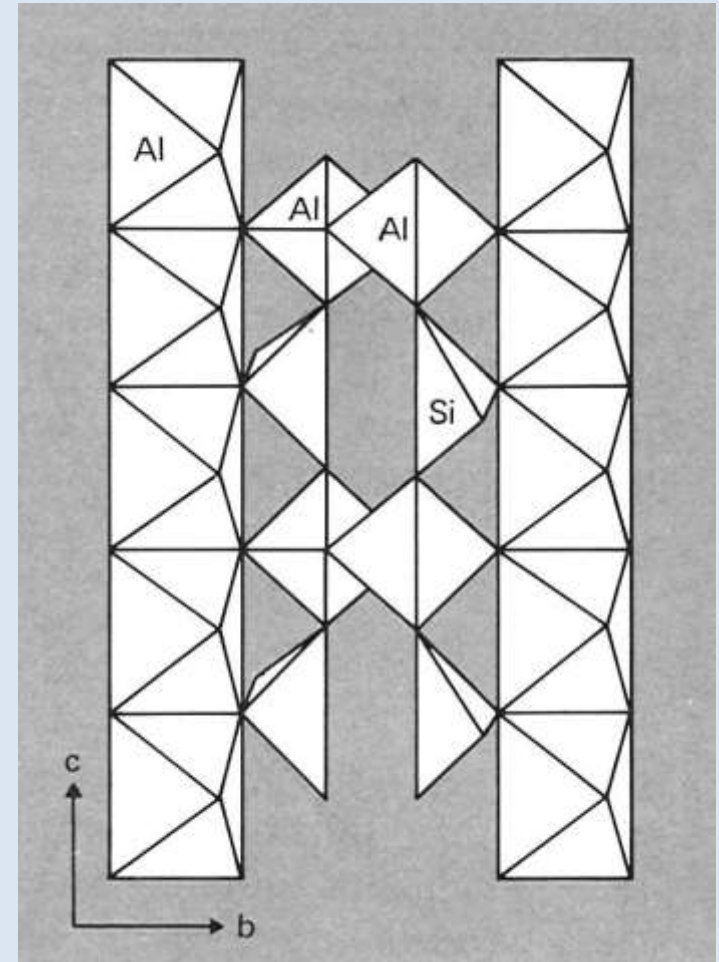
Silicati anidri di Al:  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$

## *ANDALUSITE*

Rombica bipiramidale con buona sfaldatura e durezza costante ( $\approx 7$ ).

Colore dal bianco al rosato con pleocroismo in sezione sottile. Varietà con inclusioni carboniose: chiastolite.

Metamorfismo spesso di contatto su rocce pelitiche-argillose.



# NESOSILICATI

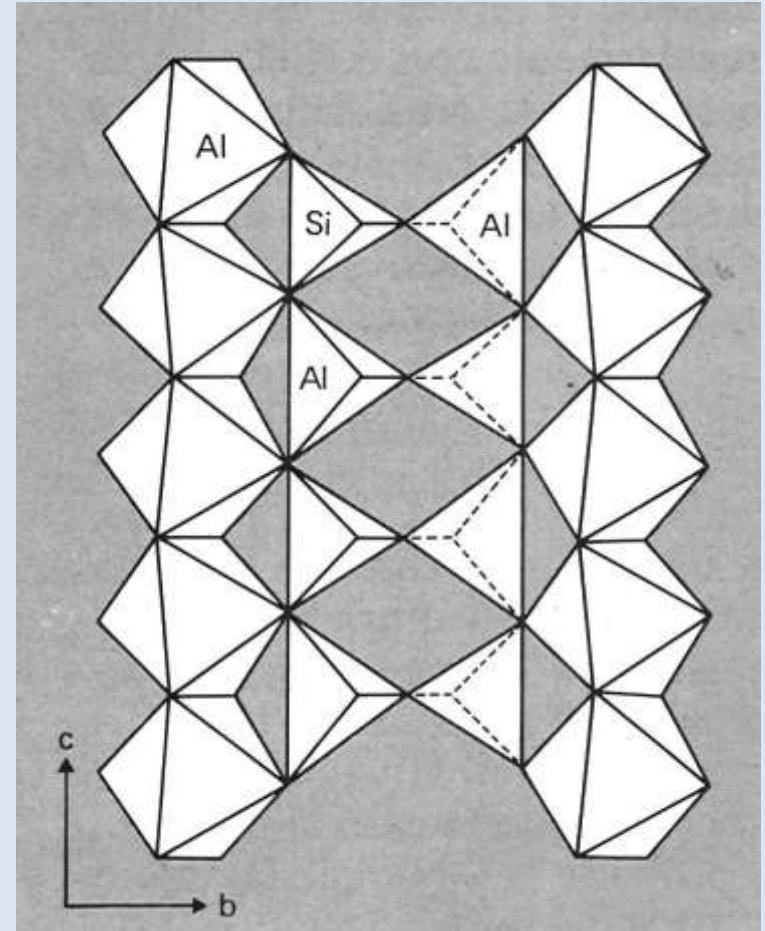
Silicati anidri di Al:  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$

## *SILLIMANITE*

Rombica bipiramidale, buona sfaldatura, durezza elevata ( $\approx 7$ ).

Colore dal bianco all'incolore al giallo. Può essere considerata un inosilicato.

Metamorfismo termico e regionale di alto grado su rocce pelitiche.



# NESOSILICATI

## Silicati anidri di Al: $\text{Al}_2\text{SiO}_5$

