

Mineralogia e Petrografia per i Beni Culturali

Mineralogia per i Beni Culturali

Michele Secco



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

dbc
DIPARTIMENTO
DEI BENI CULTURALI
ARCHEOLOGIA, STORIA
DELL'ARTE, DEL CINEMA
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe

Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA CENTRO PER I
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA . RILIEVO . TECNOLOGIE

Silicati

- 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:**

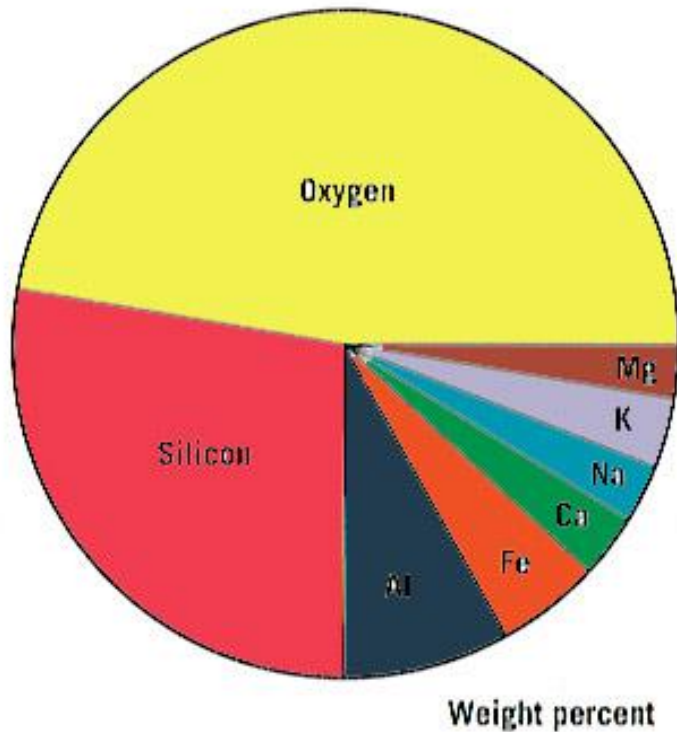
Magmatica: minerali delle rocce (stadio ortomagmatico: olivine, pirosseni, anfiboli, miche, feldspati, quarzo; stadio pegmatitico: berillo, tormalina, quarzo, feldspati e miche; stadio idrotermale: quarzo, argille).

Metamorfica: granati, cianite, sillimanite, andalusite.

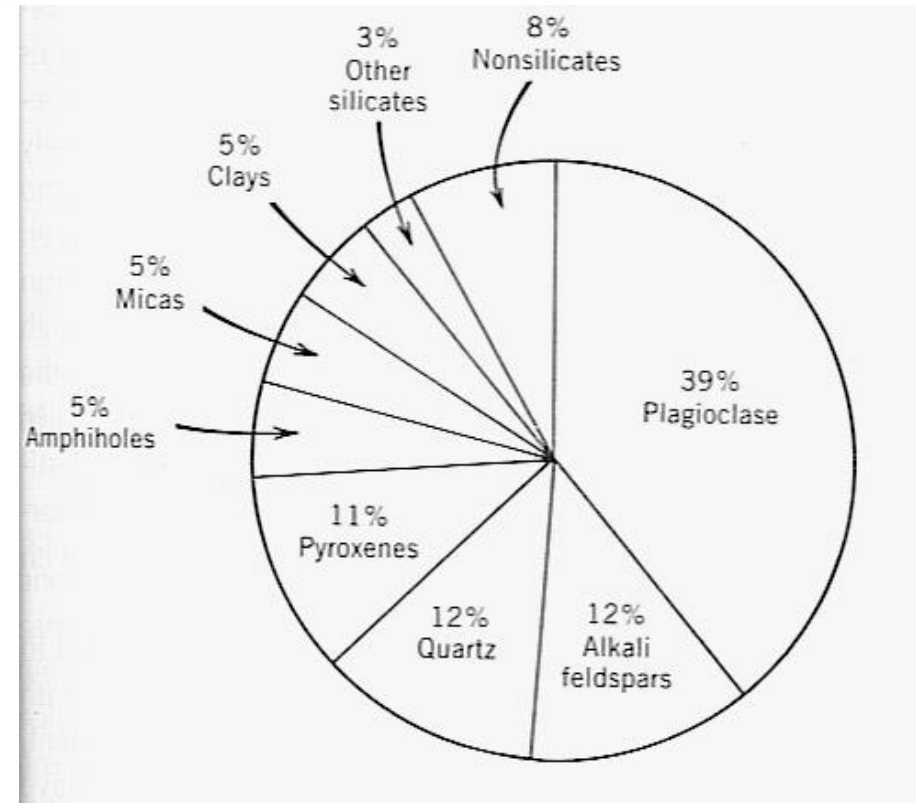
Sedimentaria: argille, zeoliti, quarzo.

Silicati

COMPOSIZIONE DELLA CROSTA TERRESTRE



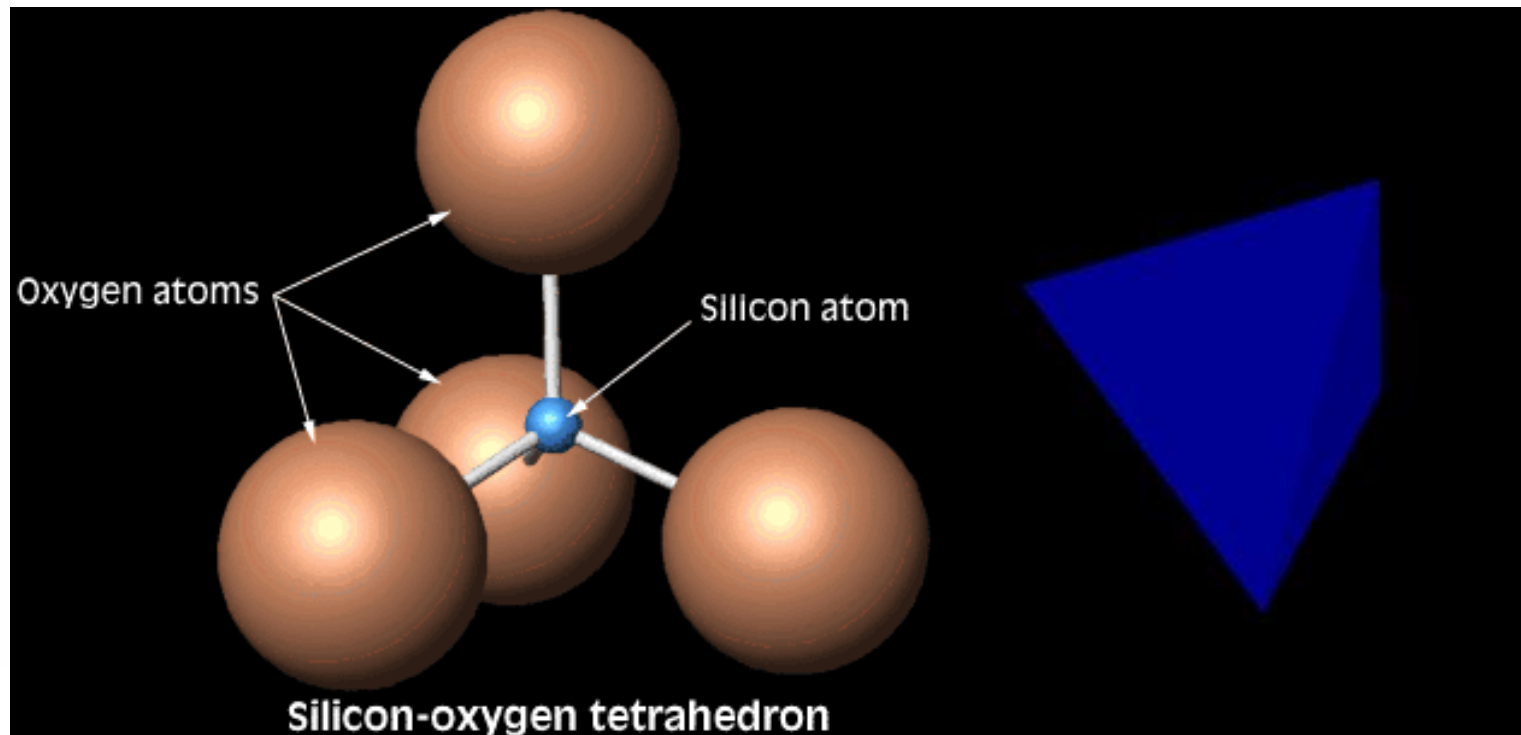
Atom percent
62.55
21.22
6.47
1.92
1.94
2.64
1.42
1.84
100.00



Silicati

I Silicati vengono classificati sulla base della polimerizzazione Si-O

Unità fondamentale: tetraedro $[\text{SiO}_4]^{4-}$, unità fondamentale di tutti i silicati



Silicati

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: $[\text{SiO}_3]^{2-}$ $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{6-}$

FILLOSILICATI: $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$

TECTOSILICATI: $[\text{SiO}_2]$

Su base chimica: entro ciascuna sottoclasse

Sostituzioni isomorfe

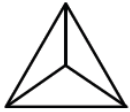
Posizioni reticolari: Z= Si^{4+} , Al^{3+} Tetraedrica IV

Y= Al^{3+} , Fe^{3+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} Ottaedrica VI

X= K^+ , Na^+ , Ca^{2+} varie: $\geq \text{VI}$



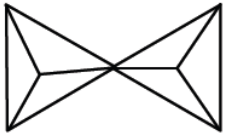
Silicati



nessuna polimerizzazione.

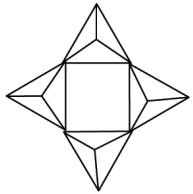
Tetraedri isolati $[\text{SiO}_4]^{4-}$

Nesosilicati

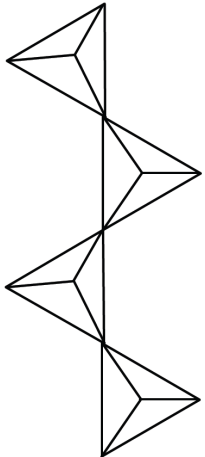


Doppio tetraedro $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$

Sorosilicati



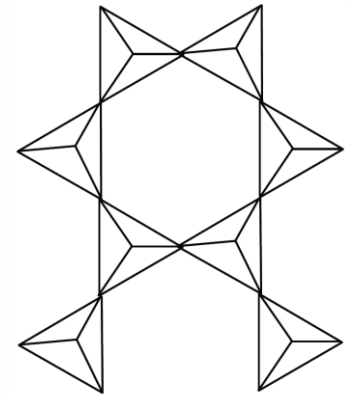
Tetraedri formano anelli $n[\text{SiO}_3]^{2-}$ $n = 3, 4, 6$
Ciclosilicati



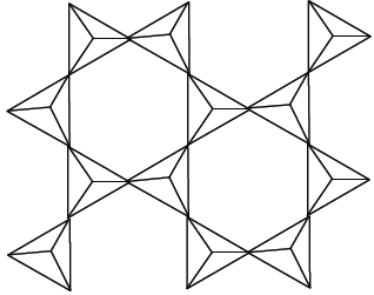
Tetraedri formano catene: Inosilicati

Catena-singola $[\text{SiO}_3]^{2-}$ Pirosseni

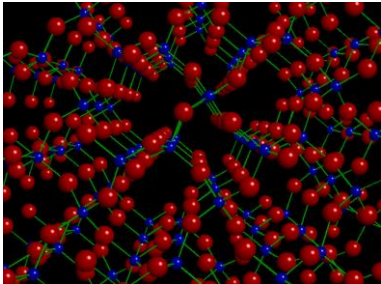
Catena-doppia $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]^{4-}$ Anfiboli



Silicati



[SiO₄] forma fogli di tetraedri [Si₂O₅]²⁻
fillosilicati



Tutti i [SiO₄]⁴⁻ sono collegati ai vertici [SiO₂]

Tectosilicati

Nesosilicati

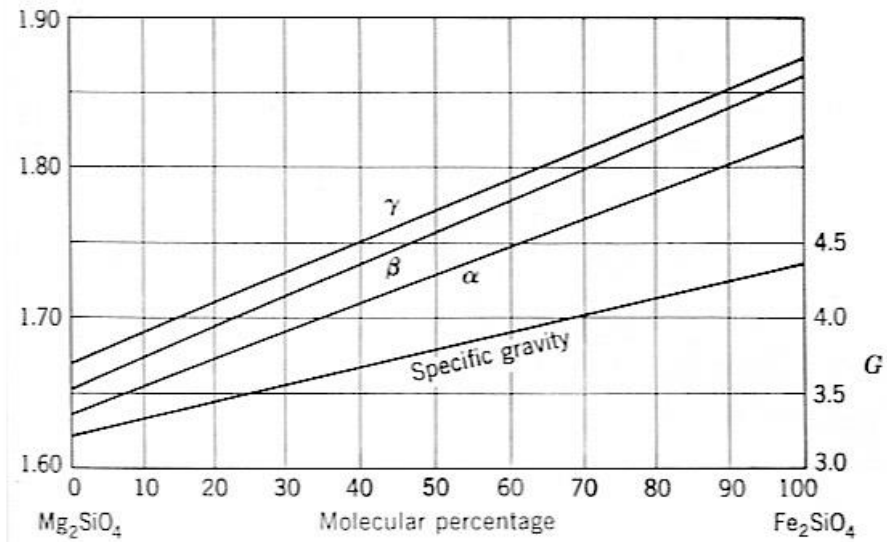
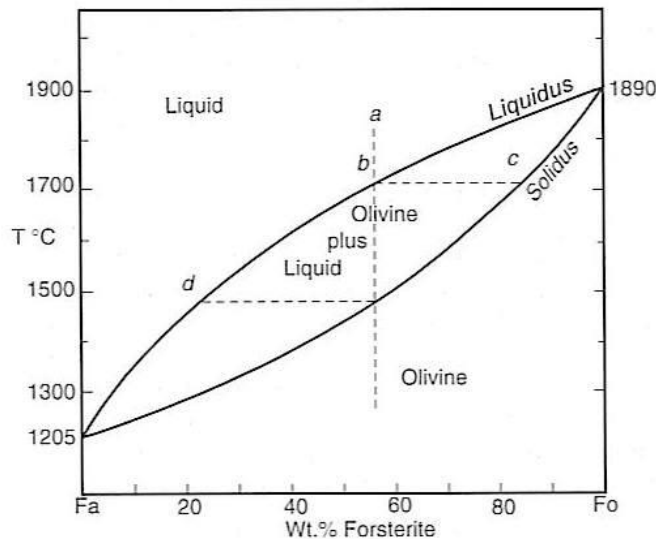
- Da **nesos** = isola.
- Tetraedri **[SiO₄]⁴⁻** isolati collegati da cationi.
- Tetraedri **[SiO₄]⁴⁻** non condividono alcun ossigeno.
- Normalmente i nesosilicati hanno strutture compatte con alto peso specifico e durezza, abito equidimensionale.
- Vi è un basso grado di sostituzione di Al con Si.



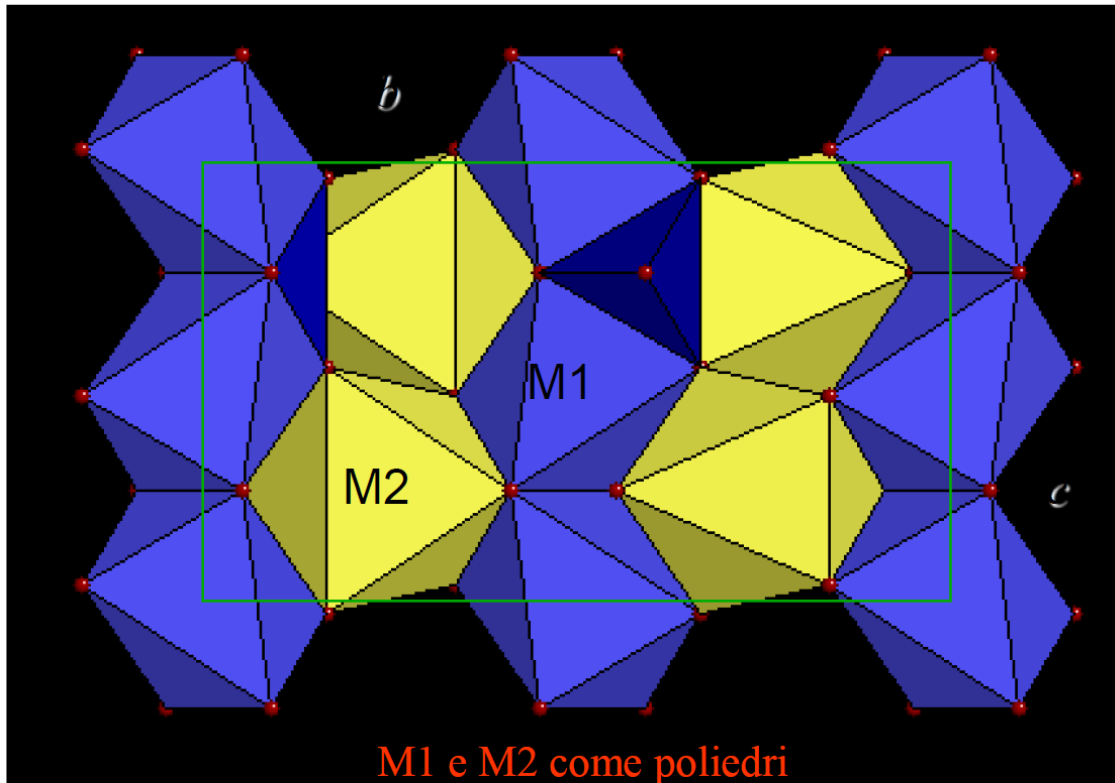
Nesosilicati

OLIVINA (Mg, Fe) $_2\text{SiO}_4$

- E' un minerale di rocce ignee di alta T, comune in rocce mafiche e ultramafiche.
- Si altera facilmente a serpentino.
- Lucentezza vitrea, colore da verde oliva (Mg) a nero (Fe).
- Rombica, abito da equidimensionale a prismatico (raro), frattura concoide.
- Forma soluzione solida completa fra forsterite (Mg) e fayalite (Fe).
- La varietà trasparente (peridoto) è usata come gemma.



STRUTTURA DELL'OLIVINA

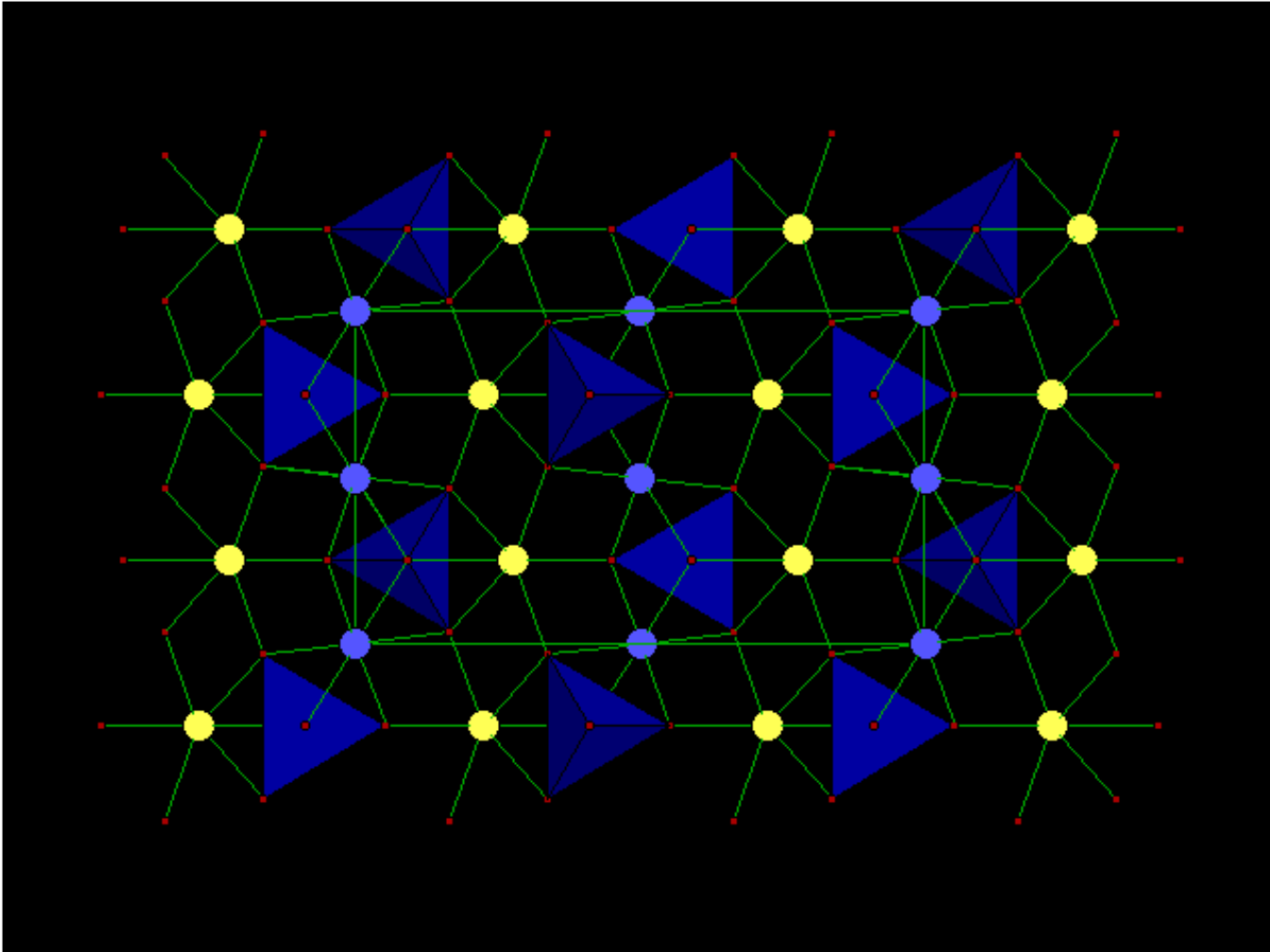


Olivina proiezione (100) blu = M1 giallo = M2

- I siti ottaedrici sono chiamati M1 e M2.
- L'ottaedro M1 è distorto e piccolo, mentre l'ottaedro M2 è più regolare e grande.
- Nelle olivine con Fe^{2+} e Mg^{2+} , entrambi gli ioni occupano i siti M2 e M1.
- Nelle olivine calciche (CaMgSiO_4) il grande catione Ca^{2+} occupa il sito M2.

Nesosilicati

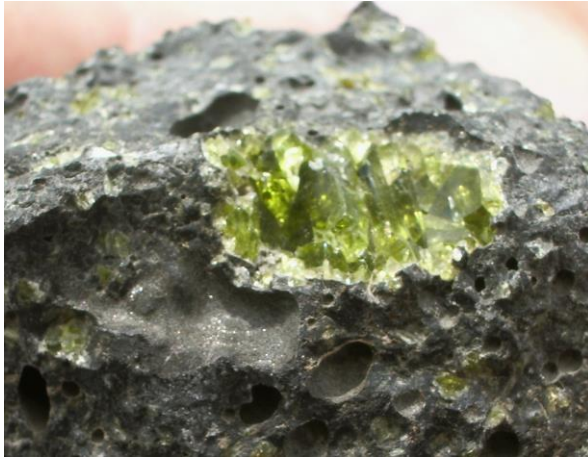
STRUTTURA DELL'OLIVINA



Olivina proiezione (100) blu = M1 giallo = M2

Nesosilicati

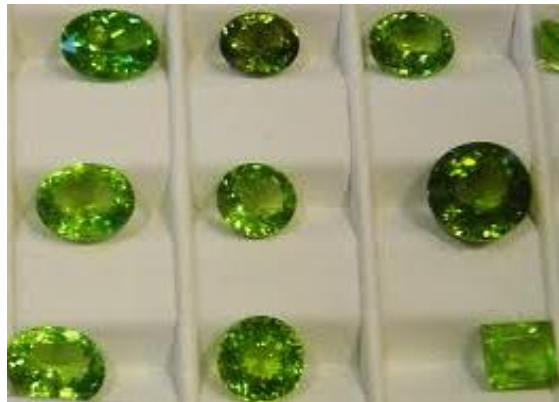
OLIVINA



OI in stampi per
fonderie



Copyright © 2002, L. Oliveri | BackyardMetalcasting.com



Gioielleria
moderna e antica
(greenstone)

Nesosilicati

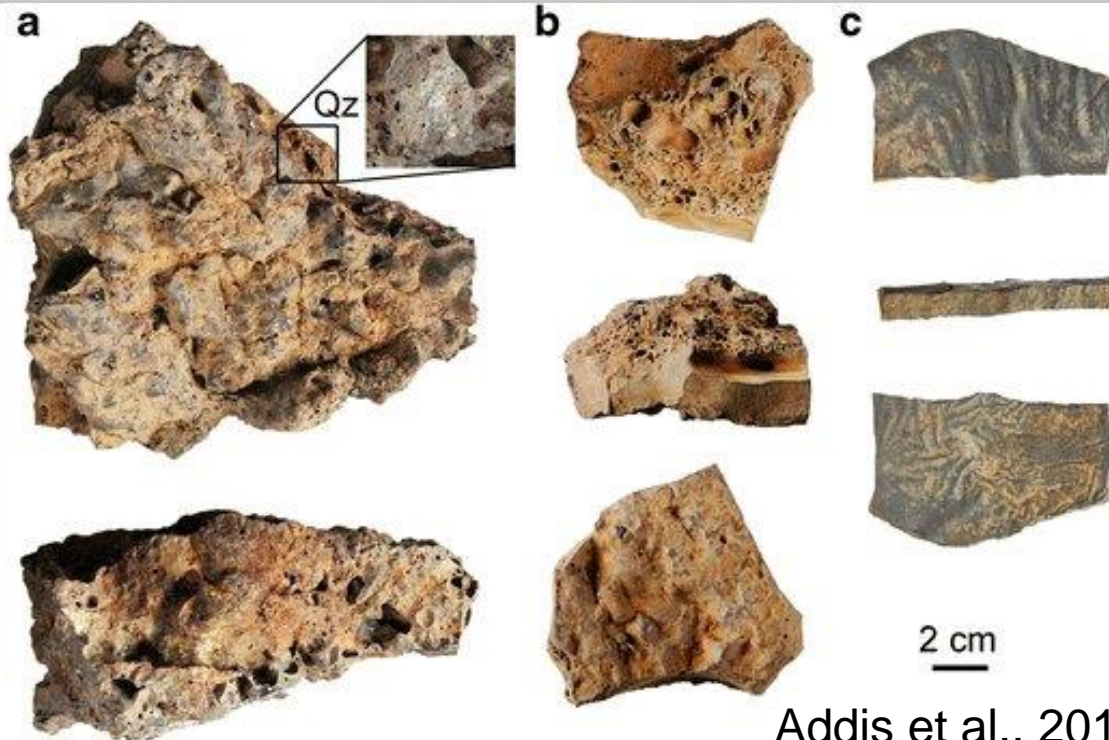
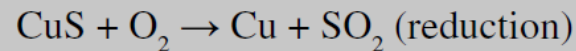
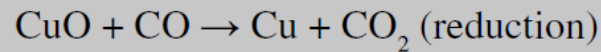
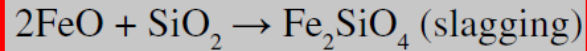
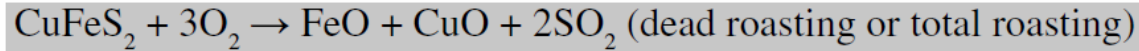
Olivina



Cristallo anedrale di forsterite

Nesosilicati

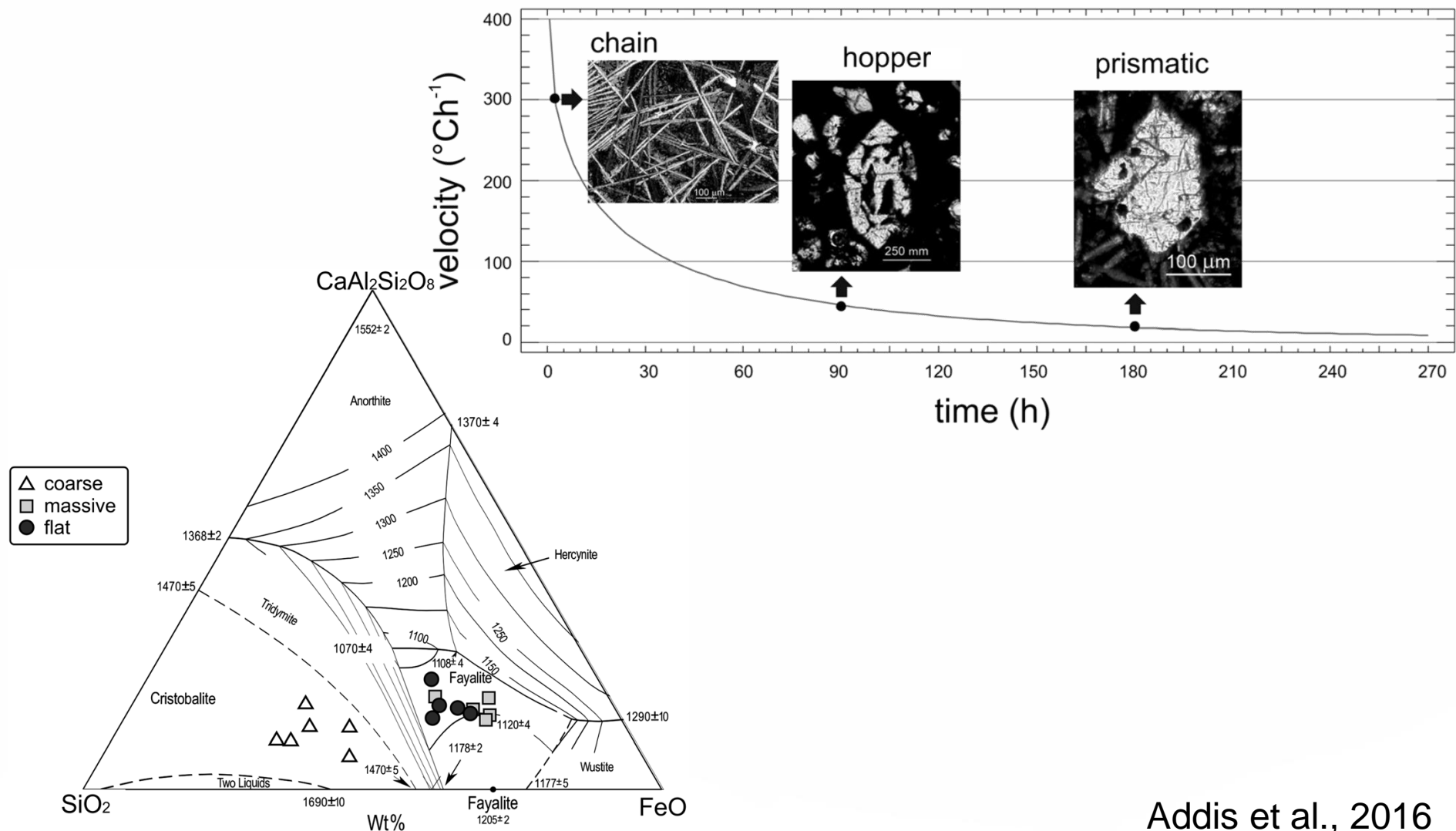
SMELTING RAME DA CALCOPIRITE



Addis et al., 2017

Nesosilicati

SMELTING RAME DA CALCOPIRITE



Addis et al., 2016

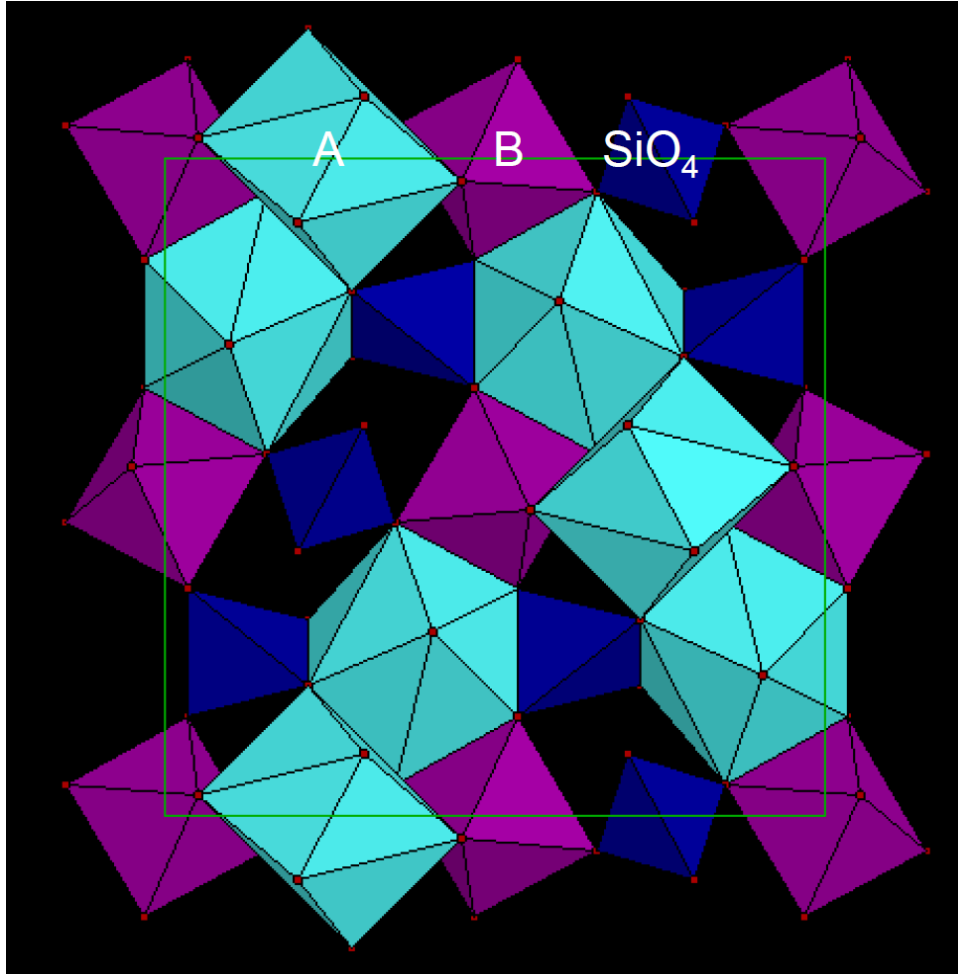
Nesosilicati

GRANATO $(\text{Mg, Fe, Mn, Ca})_3(\text{Fe}^{3+}, \text{Cr, Al})_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$

- Minerali molto comuni nelle rocce, specie in quelle ricche di Al ed in rocce ultramafiche di origine mantellica (eclogiti).
- Abito equigranulare, cristalli rombododecaedrici.
- Cubici, hanno elevata durezza (6.5-7.5).
- Diverse composizioni hanno colori caratteristici:
 - Piropo $\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ – da rosso scuro a nero;
 - Almandino $\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ – da rossiccio a nero;
 - Spessartina $\text{Mn}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ – da rosso scuro a nero;
 - Grossularia $\text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ – da giallo verde a marrone;
 - Andradite $\text{Ca}_3\text{Fe}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ – giallo, verde, marrone, nero;
 - Uvarovite $\text{Ca}_3\text{Cr}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}$ – verde smeraldo;
- End-member puri sono rari, generalmente prevalgono cristalli in soluzione solida isomorfa.

Nesosilicati

STRUTTURA DEL GRANATO



Granato proiezione (001)

- Granato: $\text{VIII A}^{2+}_3 \text{VI B}^{3+}_2 [\text{SiO}_4]_3$
- Sito A occupato da ioni bivalenti grossi.
- Sito B occupato da ioni trivalenti piccoli.
- “Piralspiti”: **B = Al**
Piropo: $\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$
Almandino: $\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$
Spessartina: $\text{Mn}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$
- “Ugranditi”: **A = Ca**
Uvarovite: $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$
Grossularia: $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$
Andradite: $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$

Blu = tetraedro

Porpora = ottaedro

Turchese = cubo distorto

Nesosilicati

Granato

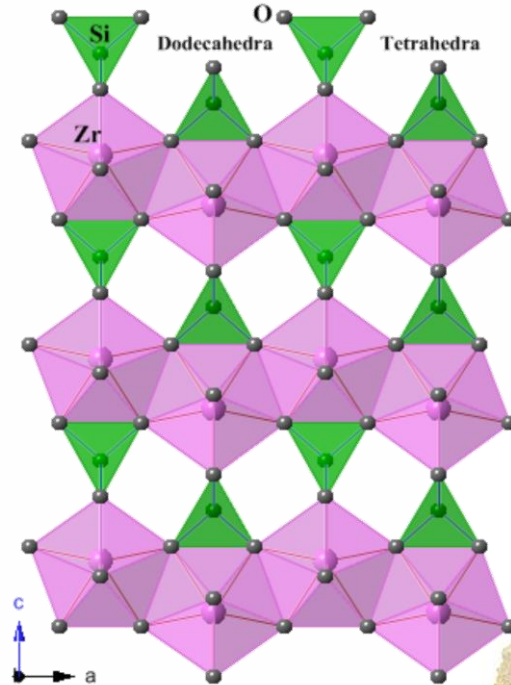


Cristallo di almandino, forma rombododecaedrica perfetta

Nesosilicati

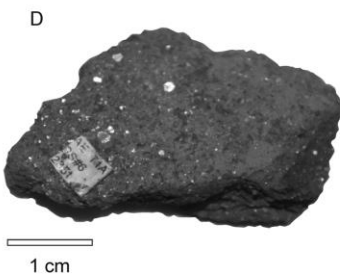
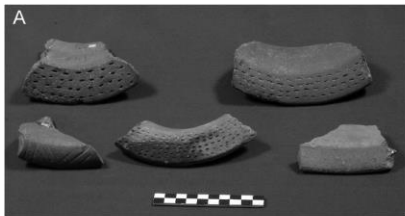
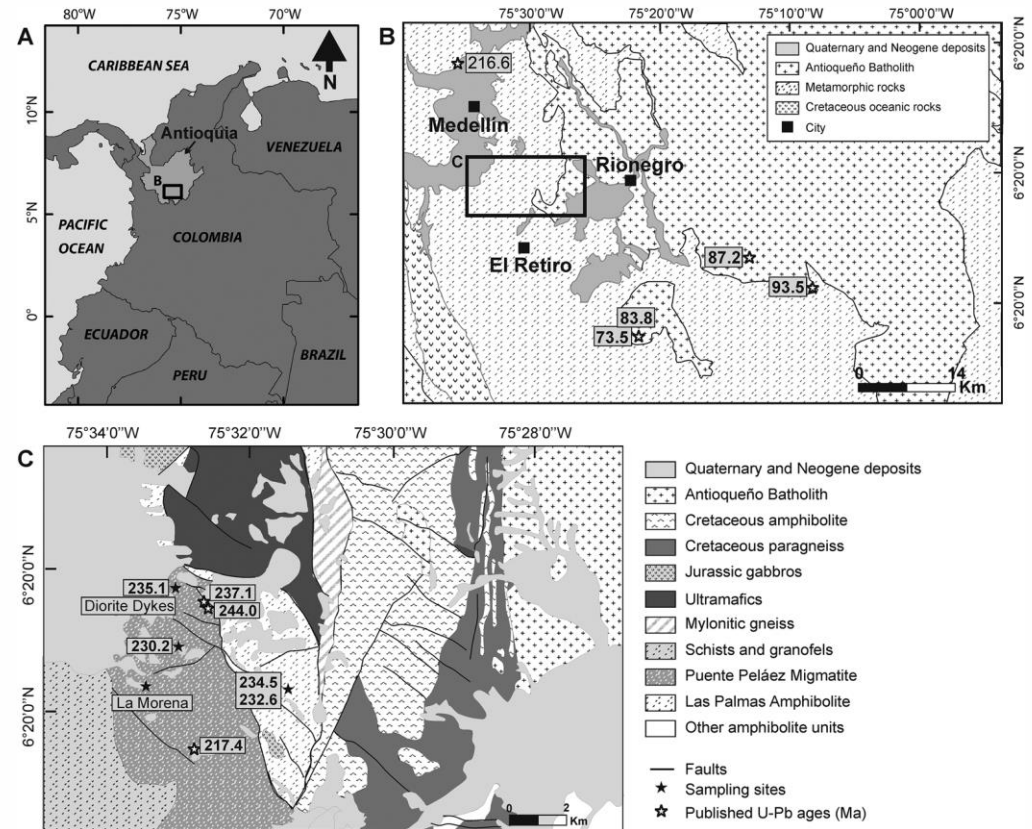
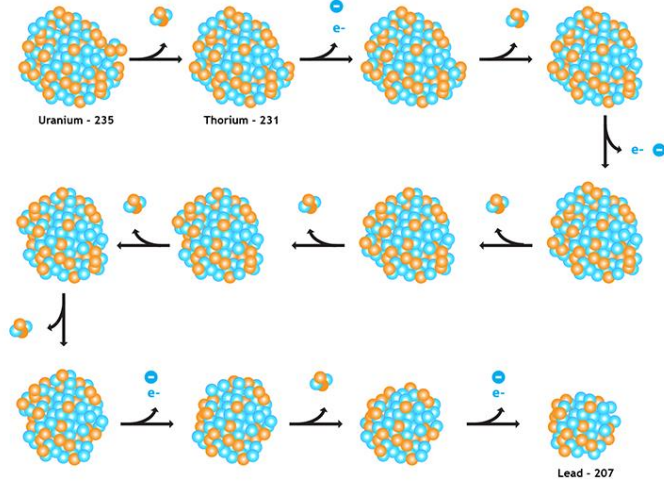
ZIRCONE $ZrSiO_4$

- La struttura è composta da tetraedri isolati uniti da dodecaedri 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.
- Tetragonale, i cristalli sono usualmente prismatici, con elevata durezza, 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

DATAZIONE U-Pb SU ZIRCONI PER STUDIO PROVENIENZA CERAMICHE PRE-ISPANICHE COLOMBIANE

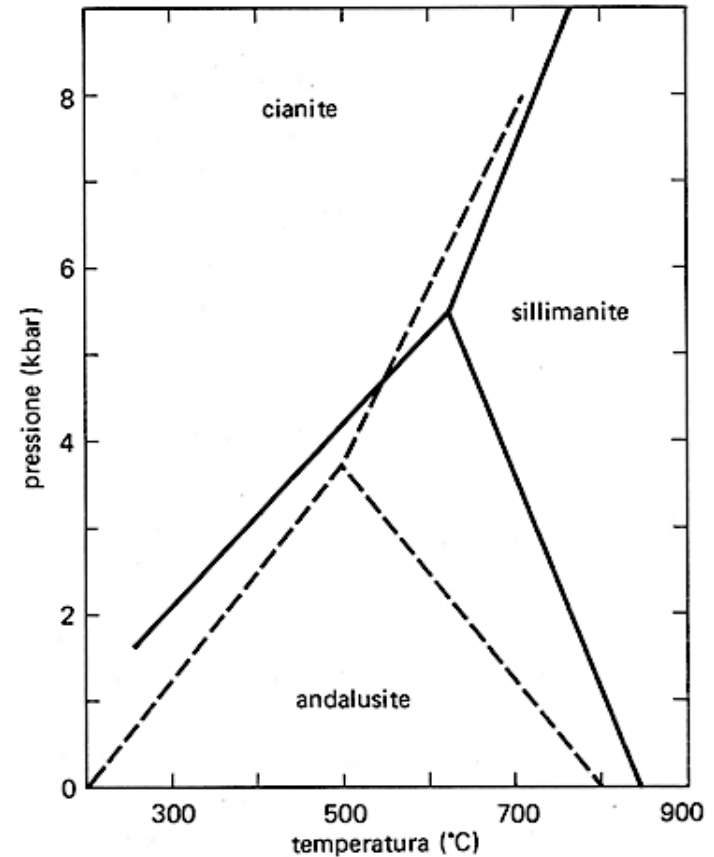


Weber et al., 2020

Nesosilicati

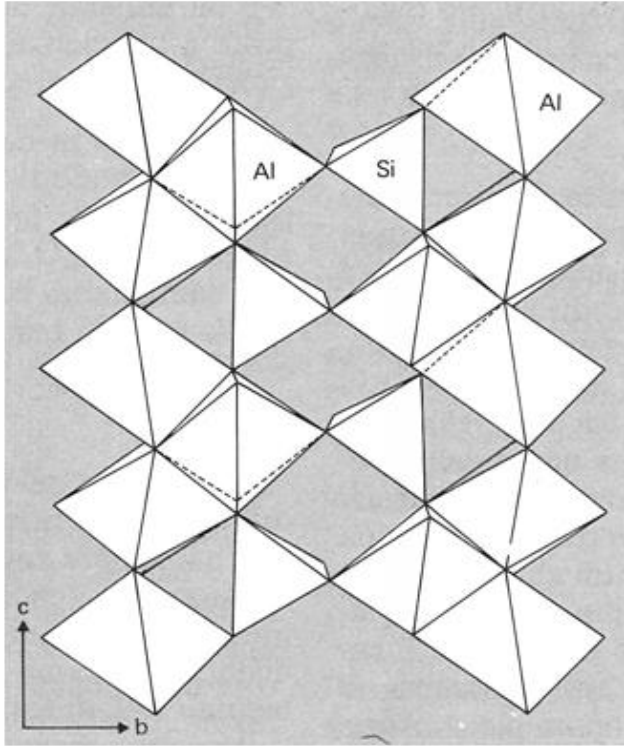
CIANITE, SILLIMANITE, ANDALUSITE Al_2SiO_5

- Sono comuni nelle rocce metamorfiche di medio ed alto grado.
- I tre polimorfi si differenziano per la coordinazione dell'Al.
- Cianite: triclina, lucentezza vitrea, cristalli appiattiti, prevalentemente blu, buona sfaldatura, H: 5-7.
- Sillimanite: rombica, lucentezza vitrea, colore bruno o verde chiaro, cristalli sottili e allungati.
- Andalusite: rombica, lucentezza vitrea e colore rosso o verde oliva, cristalli prismatici con facce quasi quadrate, H: 7.5.

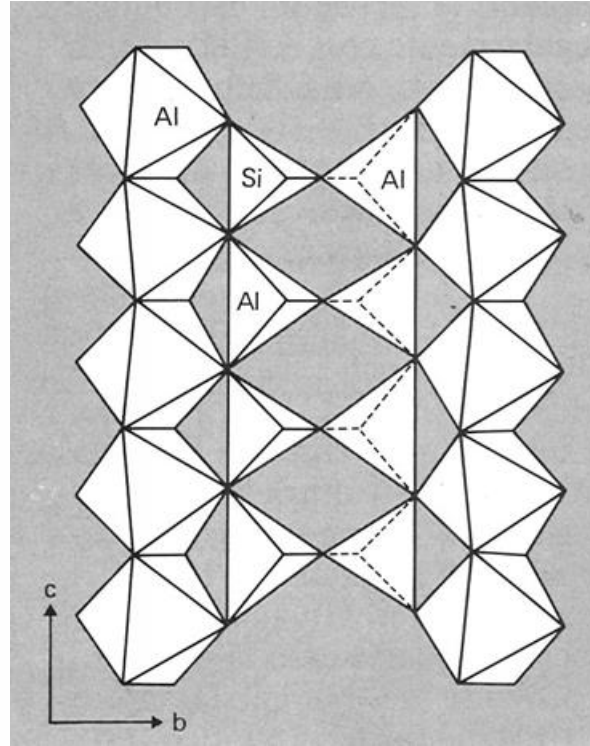


Nesosilicati

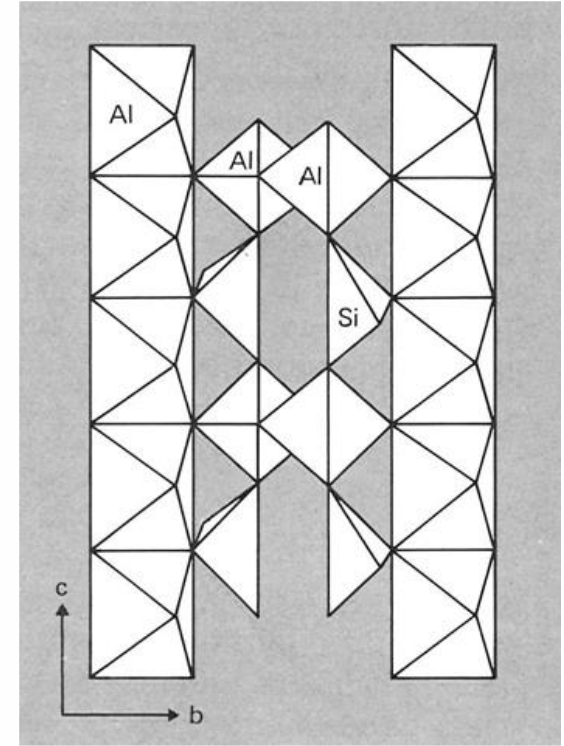
CIANITE, SILLIMANITE, ANDALUSITE Al_2SiO_5



Cianite



Sillimanite



Andalusite

Nesosilicati

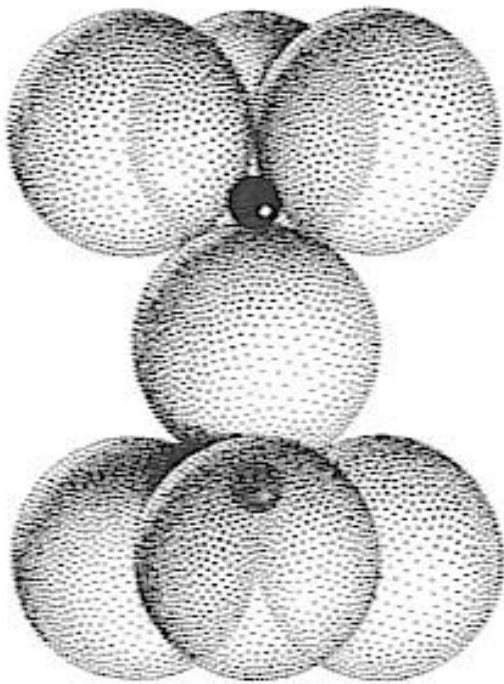
Cianite



Cristalli colonnari/lamellari

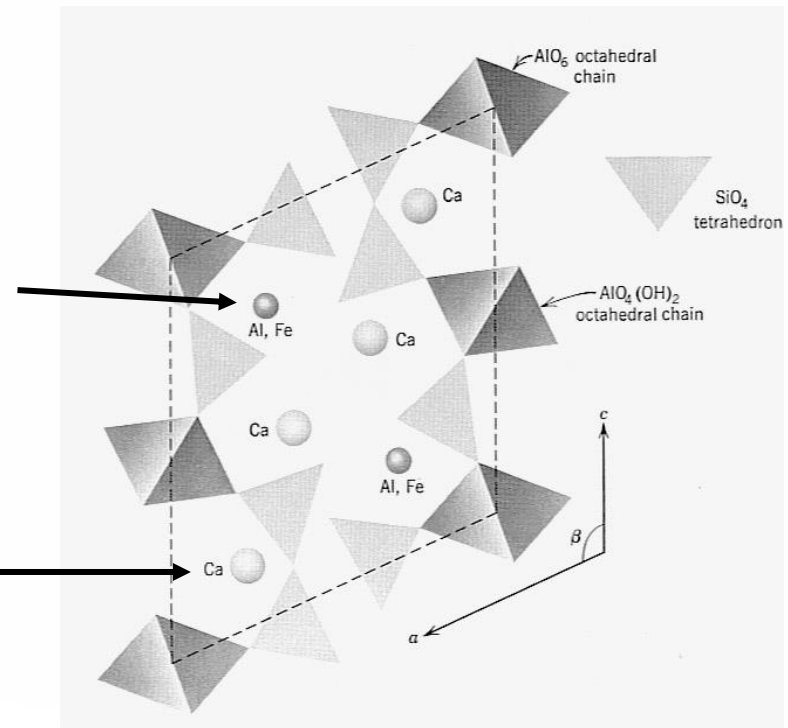
Sorosilicati

- Radicale (Si_2O_7).
- Caratterizzati da gruppi di 2 tetraedri uniti per il vertice.
- Possono anche contenere tetraedri isolati (SiO_4).
- Normalmente monoclini.
- Importante il gruppo dell'epidoto (epidoto/clinozoisite).



Al di fuori delle catene di ottaedri si trova un altro sito ottaedrico

Ca^{2+} CN = 8



GRUPPO DELL'EPIDOTO

- Zoisite/clinozoisite – $\text{CaAl}_3\text{O}(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})$
- Epidoto – $\text{Ca}(\text{Fe}, \text{Al})\text{Al}_2\text{O}(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})$
- Sono minerali accessori e di alterazione in rocce ignee e fasi molto comuni in rocce metamorfiche di vario grado.
- Zoisite: ortorombica; clinozoisite ed epidoto: monoclini.
- Lucentezza vitrea, cristalli prismatici, ma si rinvengono anche in forme granulari e fibrose.
- H: 6-7.
- Zoisite: grigia, marrone-verde.
- Clinozoisite: grigia, giallo pallido, verde pallido, incolore.
- Epidoto: verde pistacchio, giallo-verde.
- Nella clinozoisite tutte le posizioni ottaedriche sono occupate dall' Al^{3+} , nell'epidoto da Al^{3+} e Fe^{3+} .

Sorosilicati

Epidoto



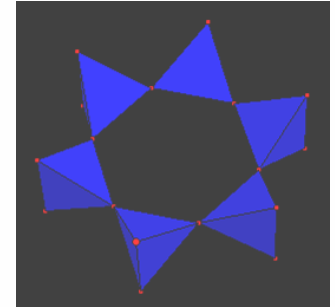
Cristalli prismatici

Ciclosilicati

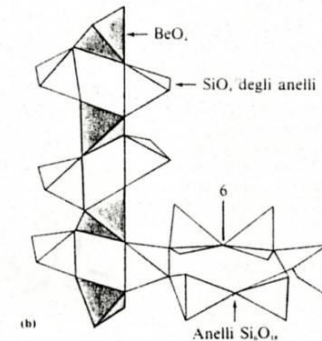
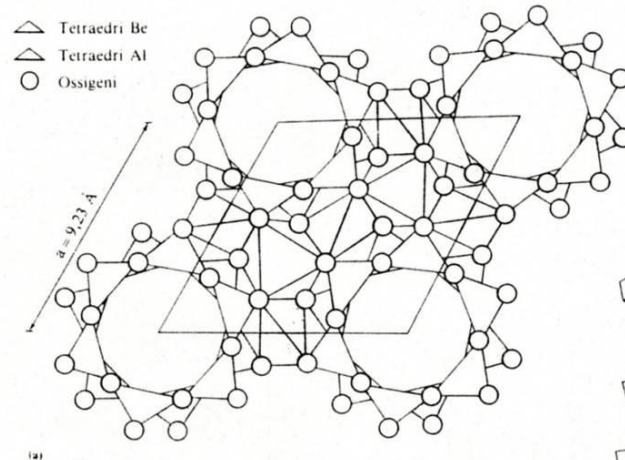
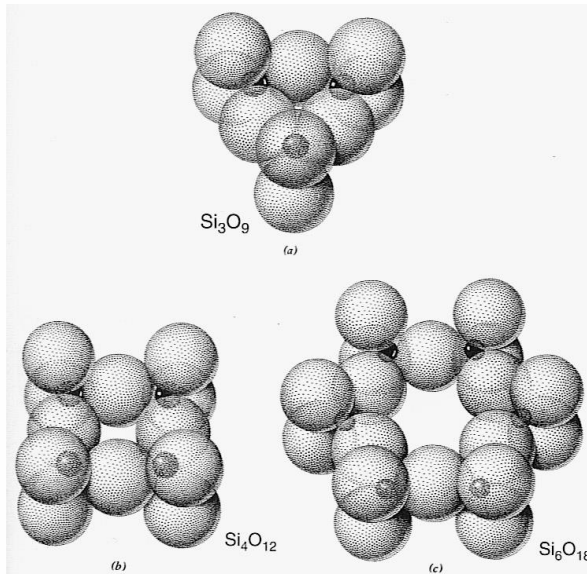


Sono costituiti da anelli di SiO_4 collegati.

Il rapporto Si:O è 1:3.



3 configurazioni possibili: Si_3O_9 , Si_4O_{12} , Si_6O_{18} .



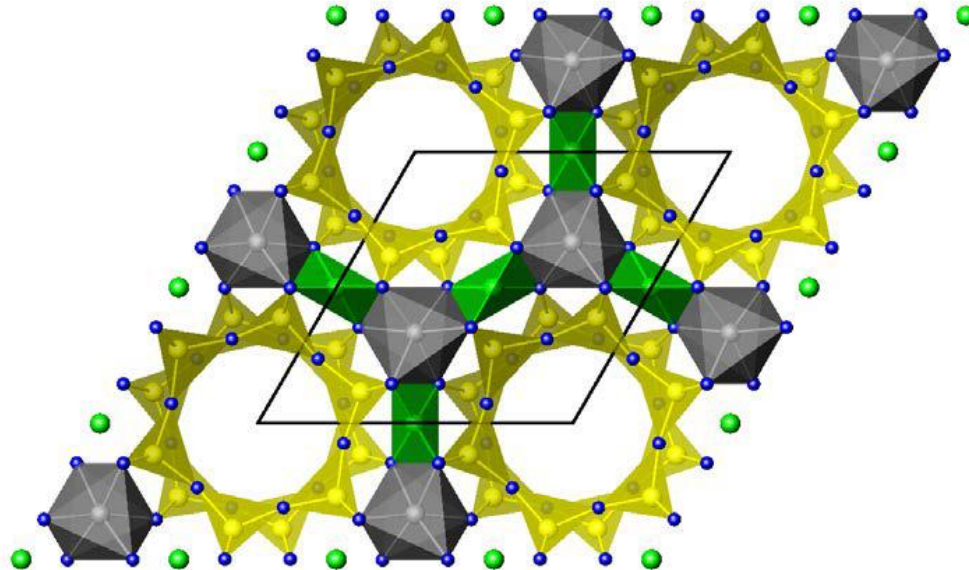
Es:

berillo (aquamarina, smeraldo) ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$)

tormalina ($\text{Na, Ca}(\text{Mg, Fe}^{2+,3+}, \text{Ti}^{4+}, \text{Cr, Al, Li})_3\text{Al}_6(\text{BO}_3)_3[\text{Si}_6\text{O}_{18}](\text{OH})_4$)

BERILLO

- Struttura: anelli a 6 tetraedri uniti da tetraedri di berillio e ottaedri di alluminio.
- Morfologia: sistema esagonale, habitus prismatico/colonnare.
- Genesi: pegmatitica.
- Varietà: smeraldo (verde), acquamarina (azzurra), morganite (rosa), eliodoro (giallo-verde).



Ciclosilicati

BERILLO

Smeraldo (cromo in tracce)



Acquamarina (titanio/ferro in tracce)



Ciclosilicati

Berillo

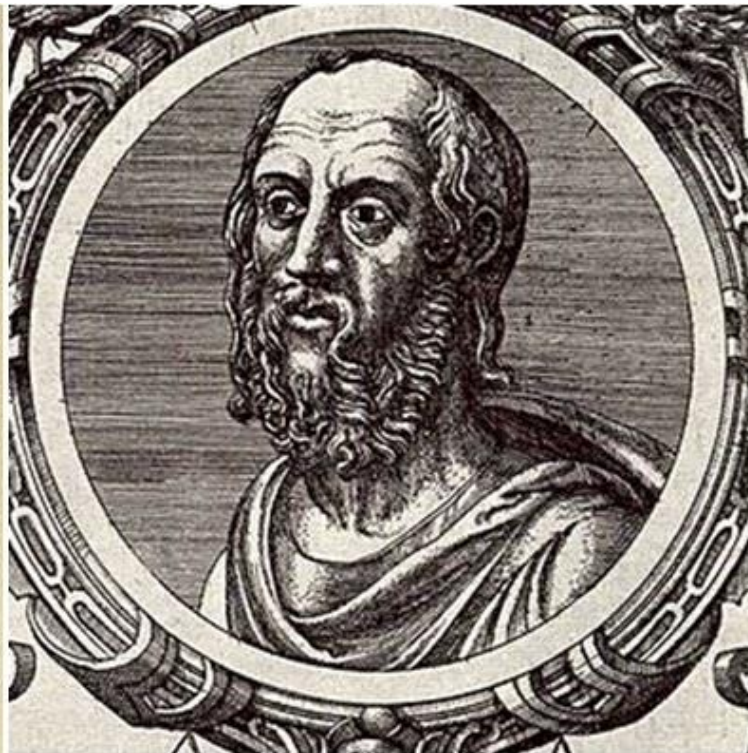
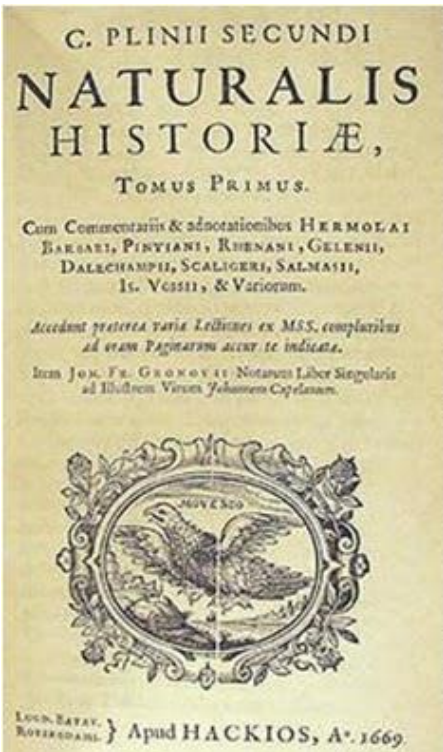


Berillo varietà smeraldo, abito prismatico/colonnare

Berillo varietà smeraldo ($\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}:\text{Cr}$)

Libro 37, Capitolo 16

"Il terzo posto, per molte ragioni, è stato dato allo smeraldo. In effetti non c'è pietra il cui colore sia più piacevole per l'occhio; perché mentre la vista si fissa con avidità sull'erba verde e sul fogliame degli alberi, si prova tanto più piacere nel guardare lo smeraldo, non esistendo un verde di colore più intenso di questo. "



Ciclosilicati

MINIERE DI SMERALDO DI EPOCA ROMANA IN EGITTO



Figure 23—Entrance shaft of the mine [SKP-US2] (source: authors).



Figure 26—Gallery inside the mine [SKP-US15] (source: authors).



Figure 24—Shoring works inside the mine [SKP-US2] (source: authors).



Figure 27—Remains of straw baskets inside the mine [SKP-US15] (source: authors).



Figure 25—Main access of the mine [SKP-US15] (source: authors).



Figure 28—Latin inscription inside the mine [SKP-US15] (source: authors).

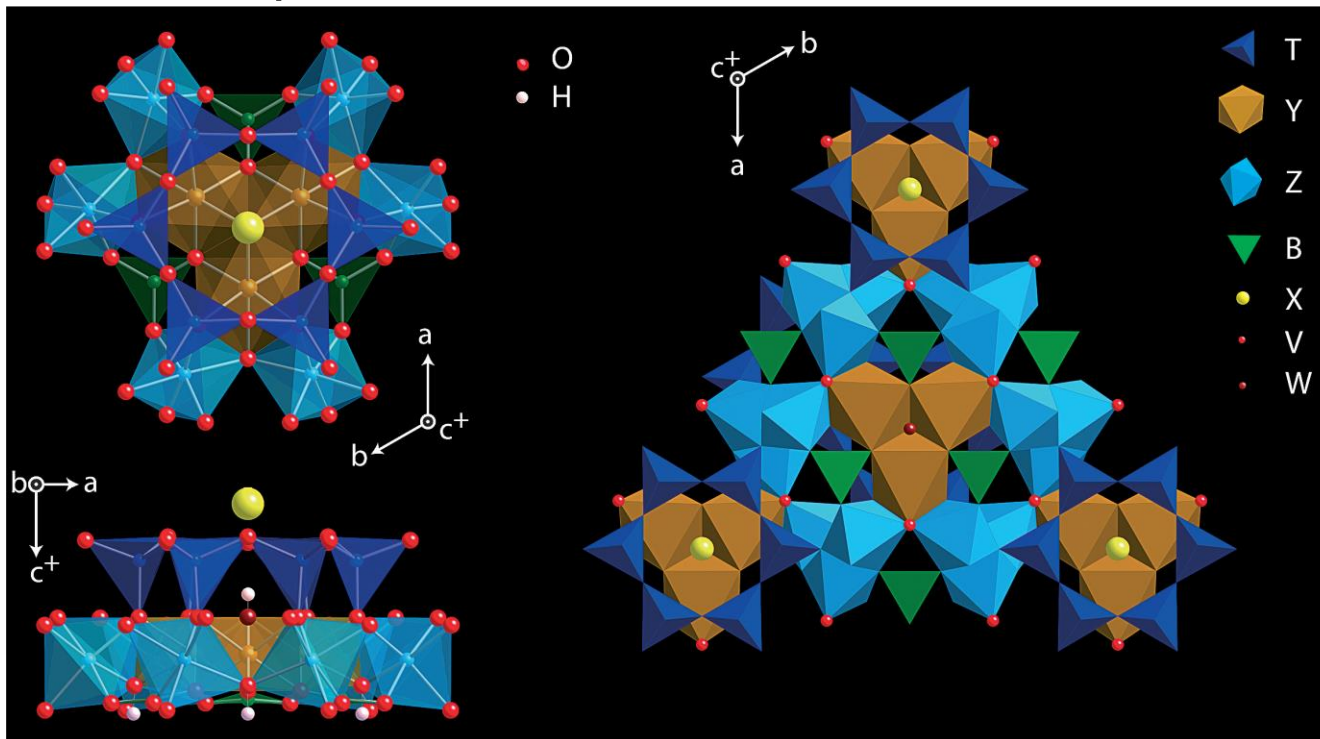


Guzman et al., 2021

Ciclosilicati

TORMALINA

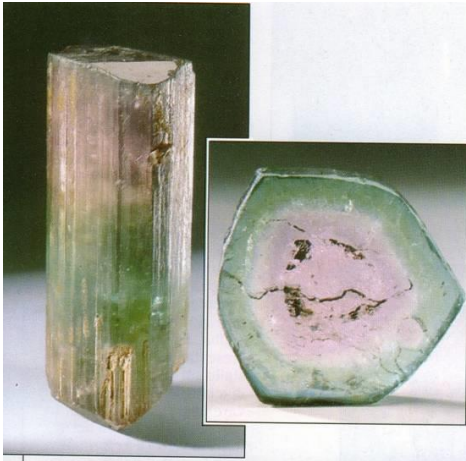
- Sistema cristallino trigonale.
- Cristalli ad habitus prismatico con diversa terminazione.
- Genesi: pegmatitica.
- Varietà: shorl (nera), elbaite (rosa), dravite (giallo-nera), spesso cristalli policromi.



Struttura cristallina della tormalina, consistente in un anello di sei tetraedri sopra un piano di ottaedri contenente tre poliedri Y circondati da sei poliedri Z. Il grande poliedro X si annida nel centro dell'anello tetraedrico. Sono anche mostrate le posizioni dei poliedri trigonali BO_3 e dei siti V e W.

Ciclosilicati

TORMALINA



Ciclosilicati

Tormalina



Cristalli prismatici/colonnari in associazione regolare parallela



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

DBC
DIPARTIMENTO
DEI BENI CULTURALI
ARCHEOLOGIA, STORIA
DELL'ARTE, DEL CINEMA
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe
Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA CENTRO PER I
BENI CULTURALI
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

Mineralogia e Petrografia per i Beni Culturali

Ciclosilicati

Tormalina



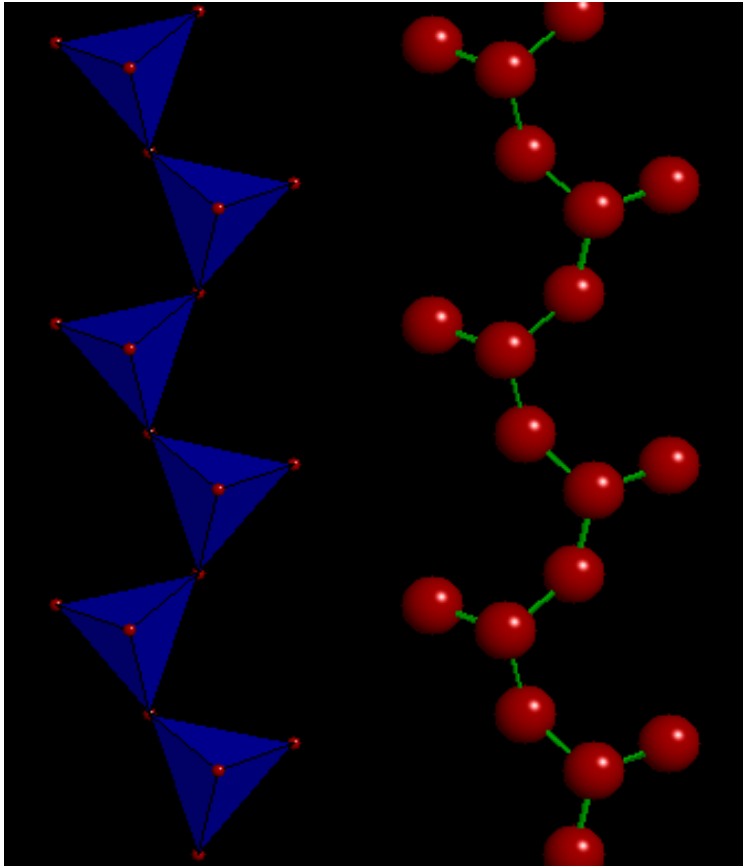
Cristallo prismatico biterminato con geminazione

Inosilicati

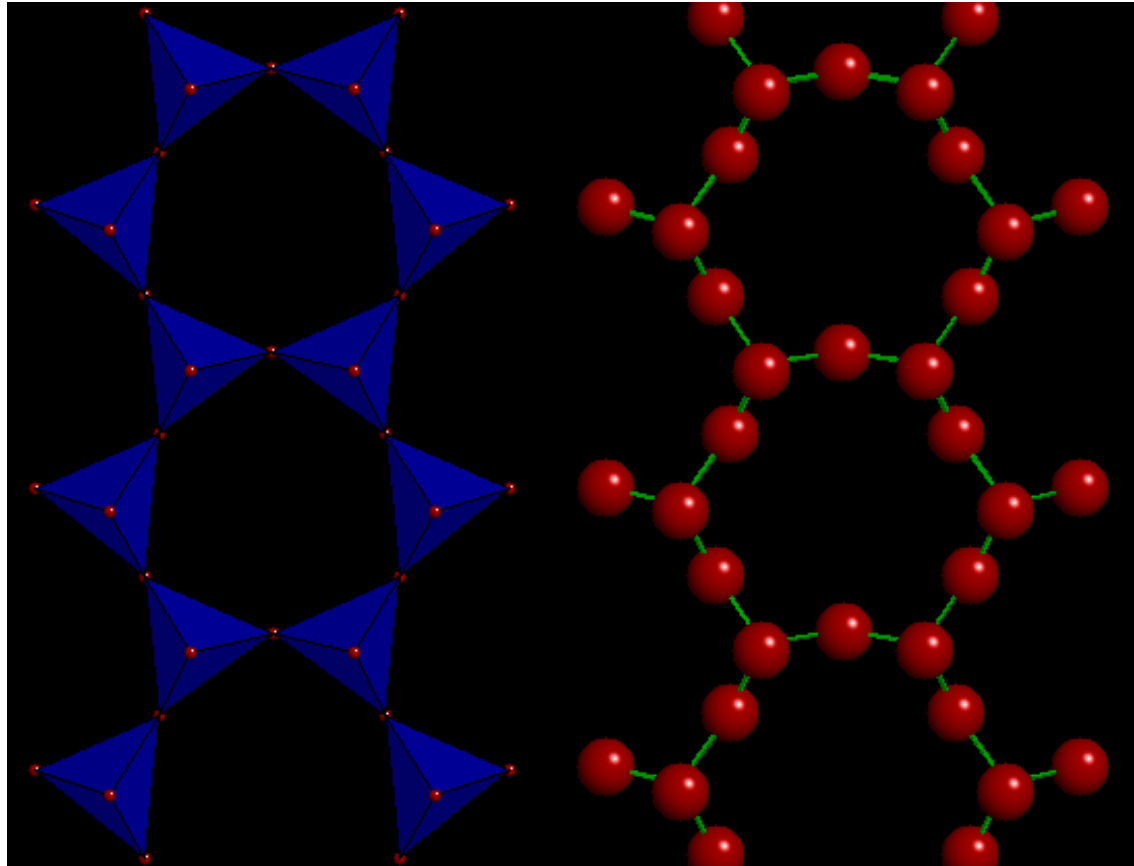
- **Silicati a catena.**
- Radicale (**SiO₃**) o (**Si₄O₁₁**).
- Simmetria monoclina e ortorombica.
- I tetraedri si legano in catene semplici o doppie.
- **Inosilicati a catena singola: pirosseni.** Le catene singole di tetraedri si sviluppano parallele all'asse z, e sono connesse a cationi con coordinazione 6, 8. Hanno piani di sfaldatura a ~90°.
- **Inosilicati a catena doppia: Anfiboli.** Le catene doppie si sviluppano parallele all'asse z, e sono connesse a cationi con coordinazione 6, 8. Hanno piani di sfaldatura a 120°.



Inosilicati



Pirosseni



Anfiboli

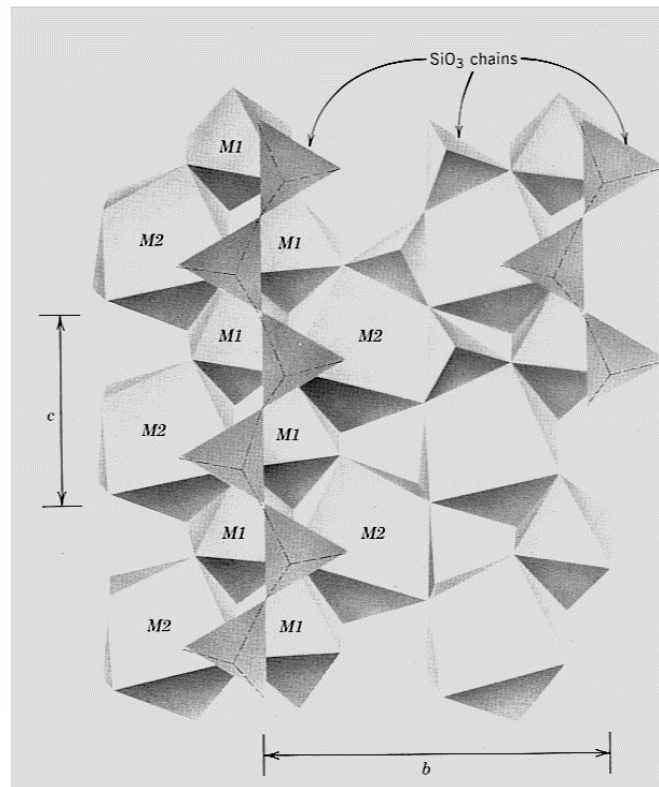
Inosilicati

PIROSSENI ($[^{VI-III}X^{VI}Y^{IV}Z_2O_6]$)

X (M_2 , poliedro irregolare): Na^+ , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Li^+

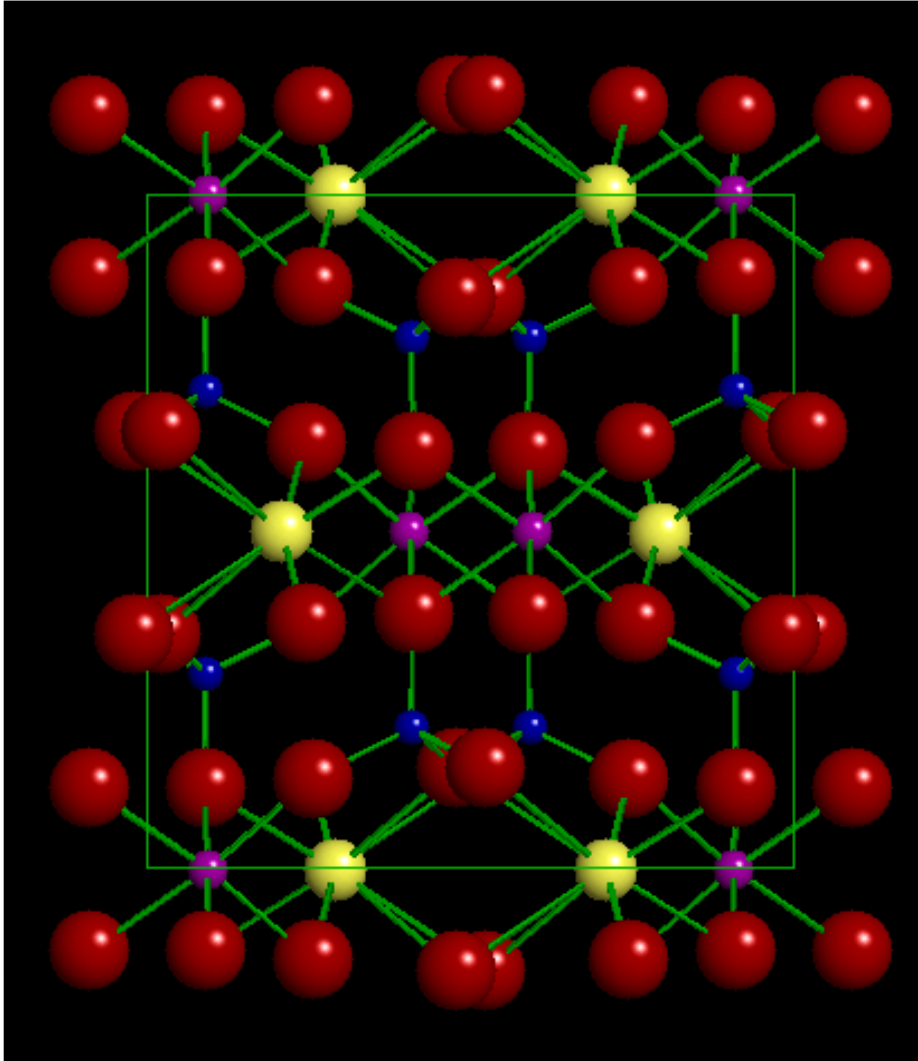
Y (M_1 , ottaedro): Mn^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} , Ti^{4+}

Z (tetraedro): Al^{3+} , Si^{4+}



Inosilicati

STRUTTURE DEI PIROSSENI



Diopside $\text{CaMg}(\text{Si}_2\text{O}_6)$

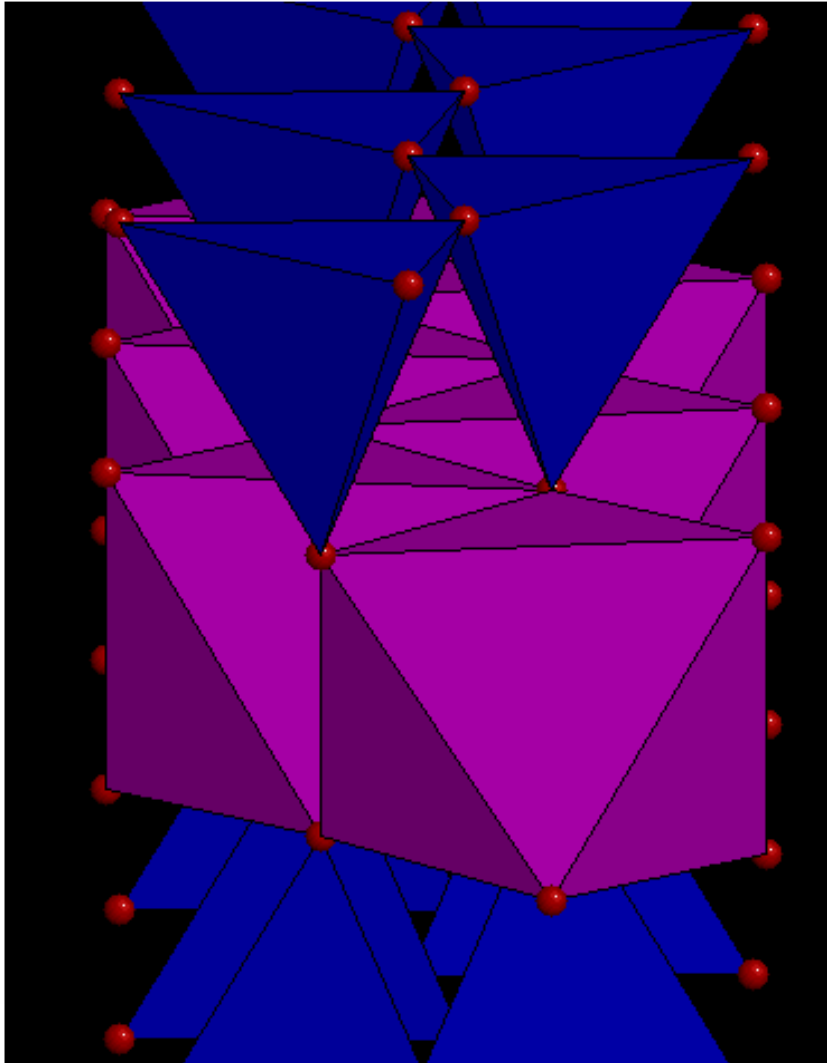
Proiezione (001)

Blu = Si

Porpora = M_1 (Mg)

Giallo = M_2 (Ca)

STRUTTURE DEI PIROSSENI

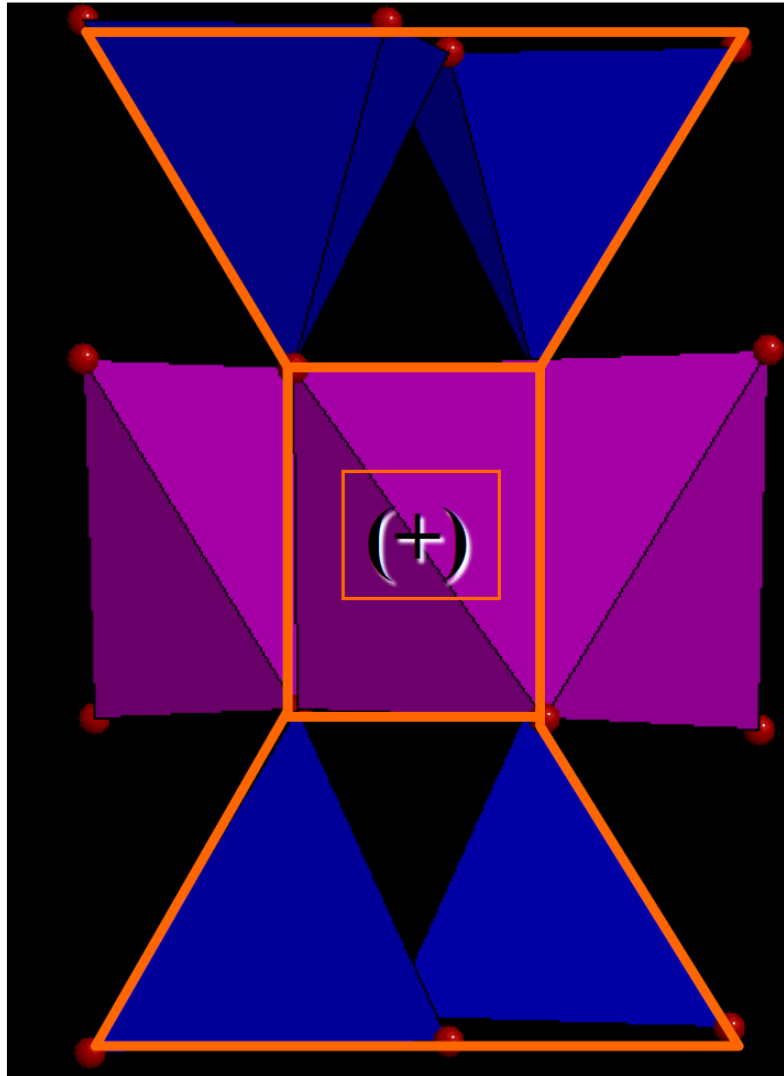


I tetraedri e gli
ottaedri M_1
condividono
ossigeni apicali

Inosilicati

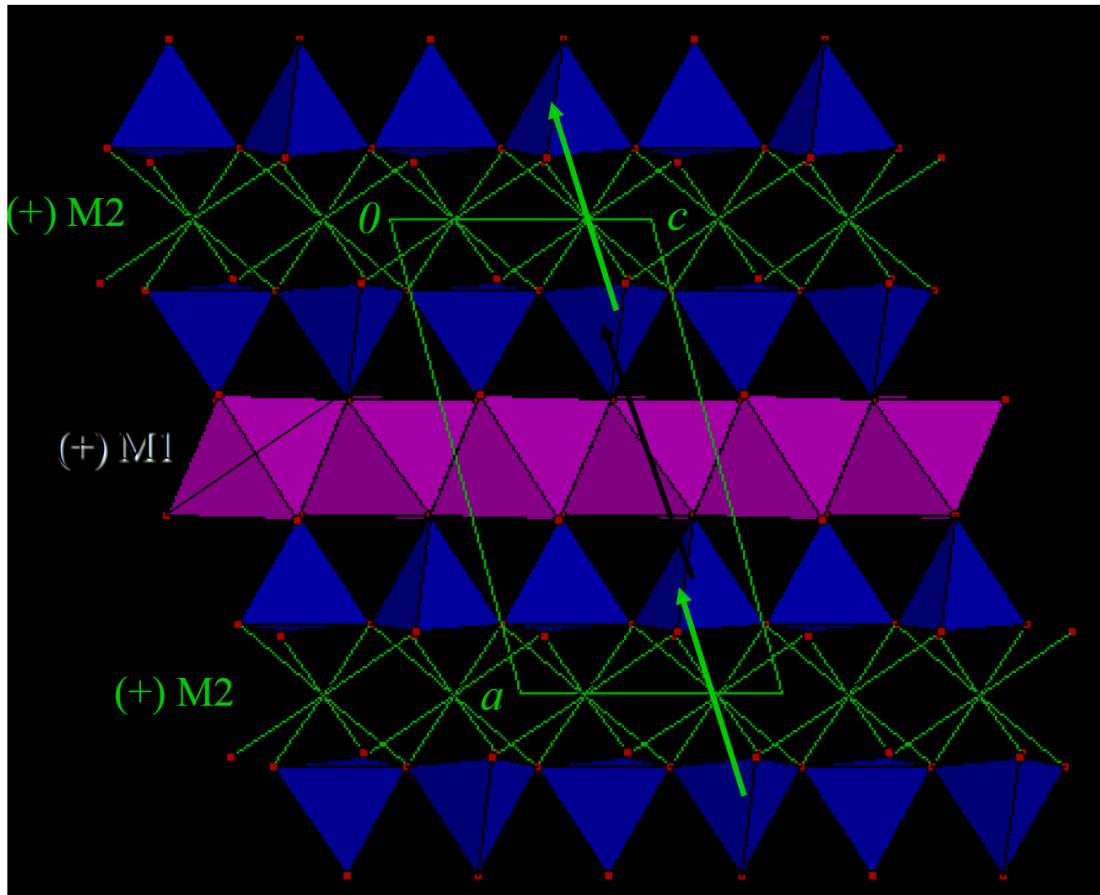
STRUTTURE DEI PIROSSENI

T
M₁
T



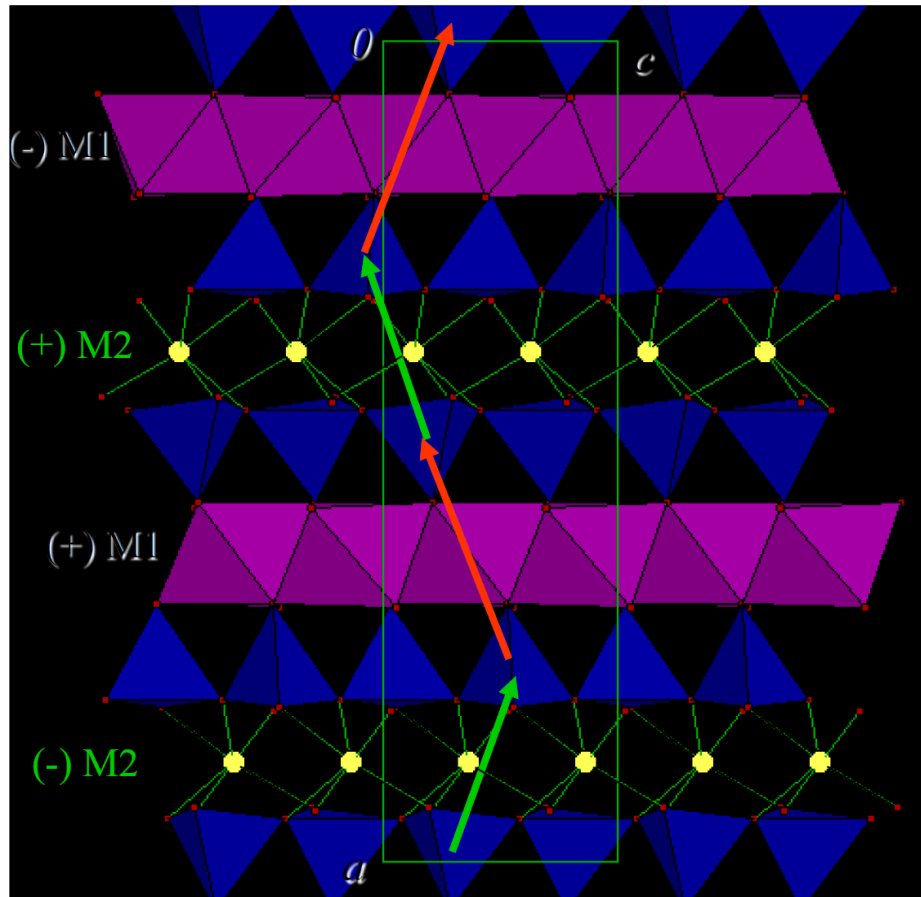
Si determina una struttura chiamata Trave a I

STRUTTURE DEI PIROSSENI



- I **clinopirosseni** hanno le travi a I tutte nella stessa orientazione.
- C'è uno spostamento laterale dei tetraedri al di sopra e al di sotto di M_1 .
- Una cosa simile avviene per lo strato contenente M_2 .
- Il risultato è una cella monoclina.

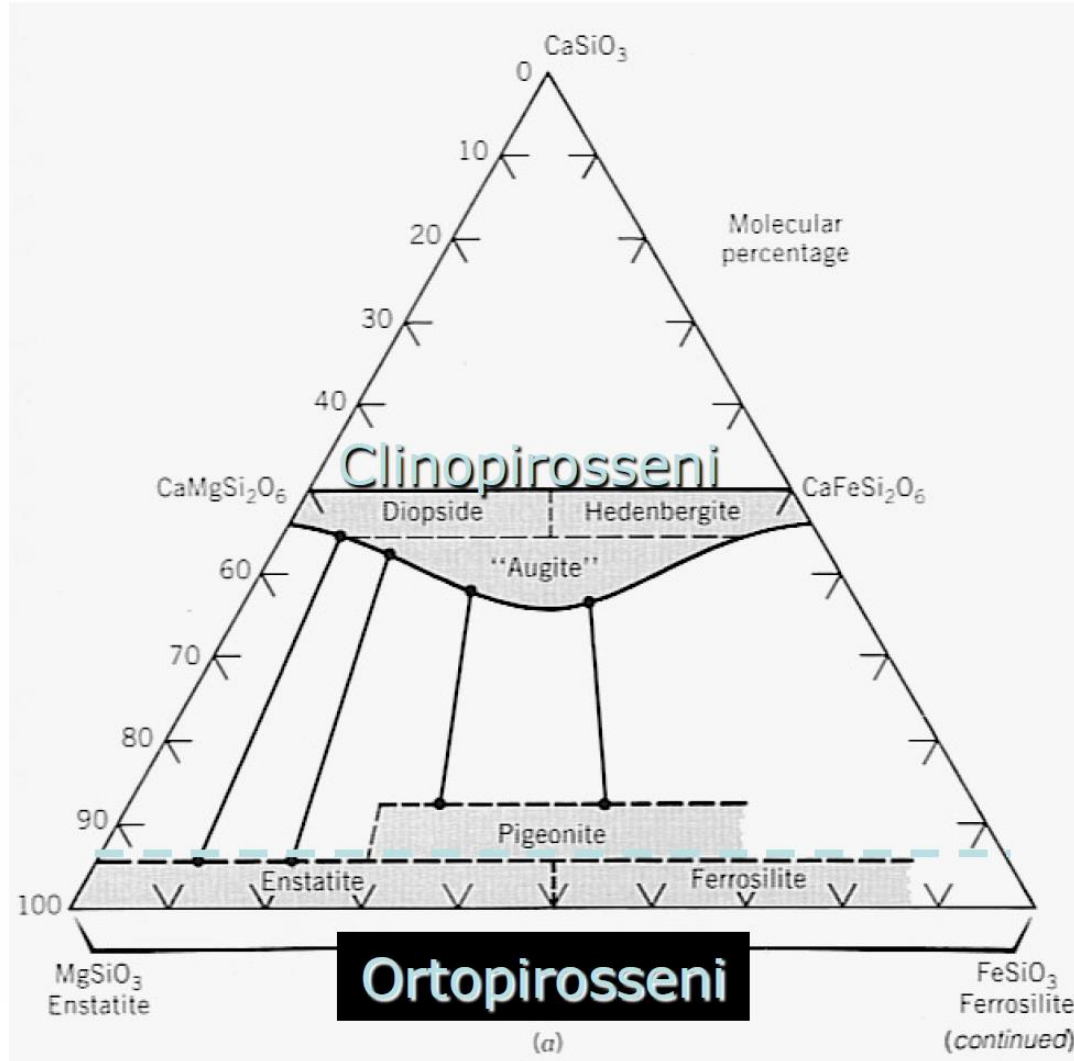
STRUTTURE DEI PIROSSENI



- Gli **ortopirosseni** hanno travi a I alternate (+) e (-).
- Lo spostamento laterale si compensa e si forma una cella ortorombica.

Inosilicati

COMPOSIZIONE DEI PIROSSENI



COMPOSIZIONE DEI PIROSSENI

Pirosseni ortorombici

Sono una soluzione solida enstatite (MgSiO_3) - ferrosilite (FeSiO_3). Di solito sono massivi, fibrosi e lamellari. Lucentezza da vitrea a perlacea. I termini magnesiaci sono poco colorati, quando il Fe aumenta il colore passa da verde chiaro, a verde oliva fino a rossastro o nero. Sono minerali comuni di molte rocce, principalmente gabbri, peridotiti e basalti.

Pirosseni monoclini

I principali sono diopside ($\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$) e hedenbergite ($\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$), che formano una soluzione solida completa, e augite $(\text{Ca, Na})(\text{Mg, Fe, Al})(\text{Si, Al})_2\text{O}_6$. Anche qui il colore si intensifica con l'aumentare del Fe. L'augite è nera. I cristalli sono prismatici, frequentemente geminati. Hedenbergite e diopside sono comuni in rocce metamorfiche.

Inosilicati

PIROSSENI ORTOROMBICI



Enstatite



Ferrosilite

Inosilicati

PIROSSENI MONOCLINI



Diopside



Hedenbergite

Inosilicati

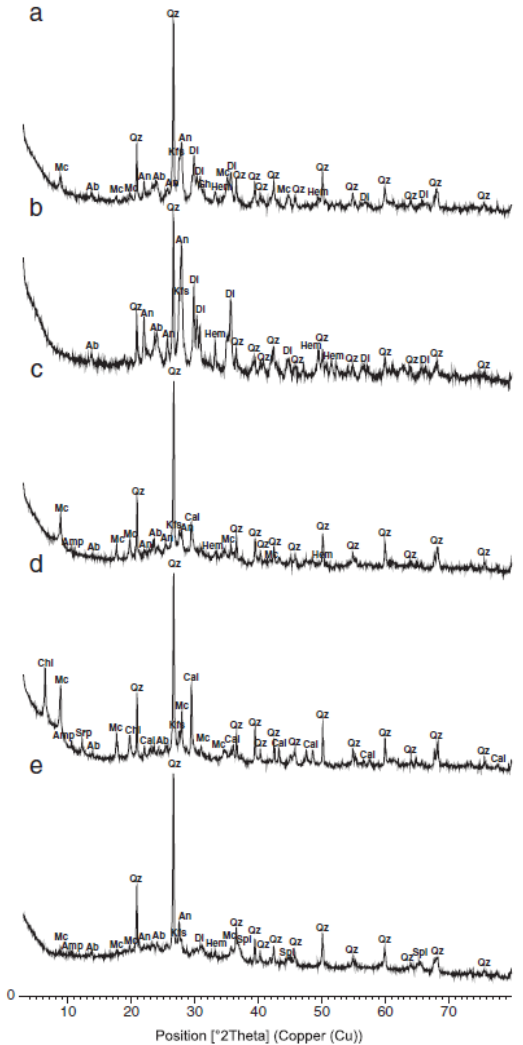
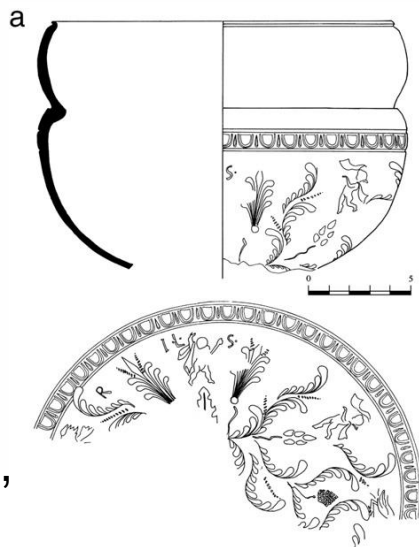
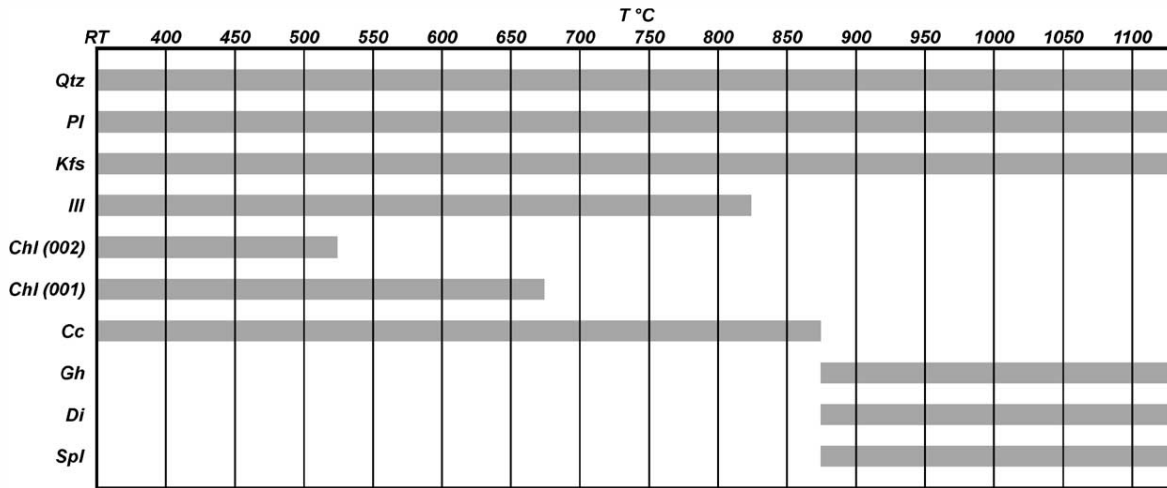
Diopside



Associazioni di cristalli prismatici/colonnari

Inosilicati

RILEVAMENTO XRPD DI DIOPSIDE: DETERMINAZIONE DELLE TEMPERATURE DI COTTURA DI CERAMICHE ARCHEOLOGICHE



Maritan et al.,
2006/2013



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCENZE

CIRCe
Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA CENTRO PER I
BENI CULTURALI
DIAGNOSTICA - RILIEVO - TECNOLOGIE

Mineralogia e Petrografia per i Beni Culturali

AUGITI

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

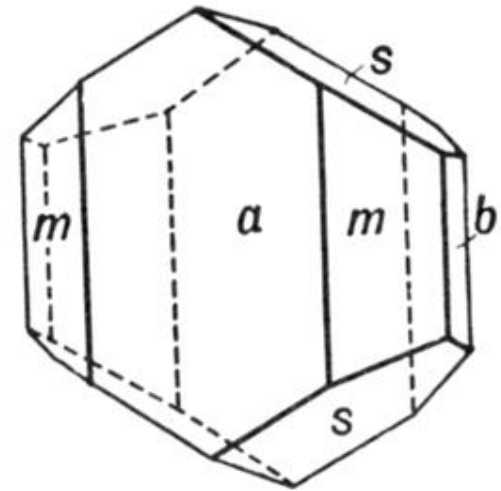
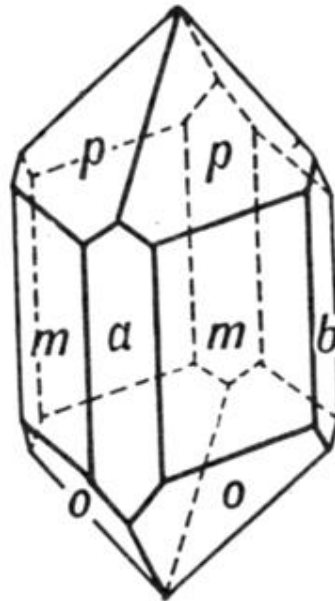
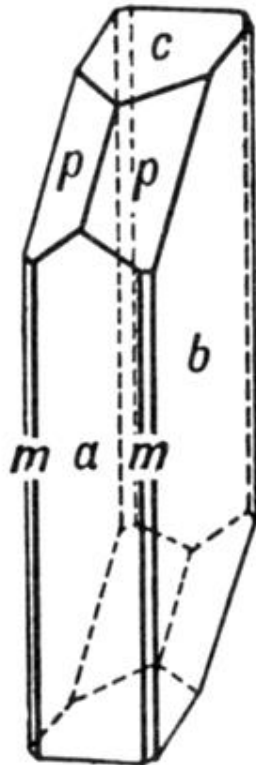
Sono molto frequenti, e sono i costituenti essenziali di rocce ignee basiche, ma anche ultrabasiche e in rocce metamorfiche di alto grado. Durezza 6, densità 3, colore dal verde scuro al nero.



Inosilicati

AUGITI

Morfologia augiti: combinazione pinacoidi e prismi



Inosilicati

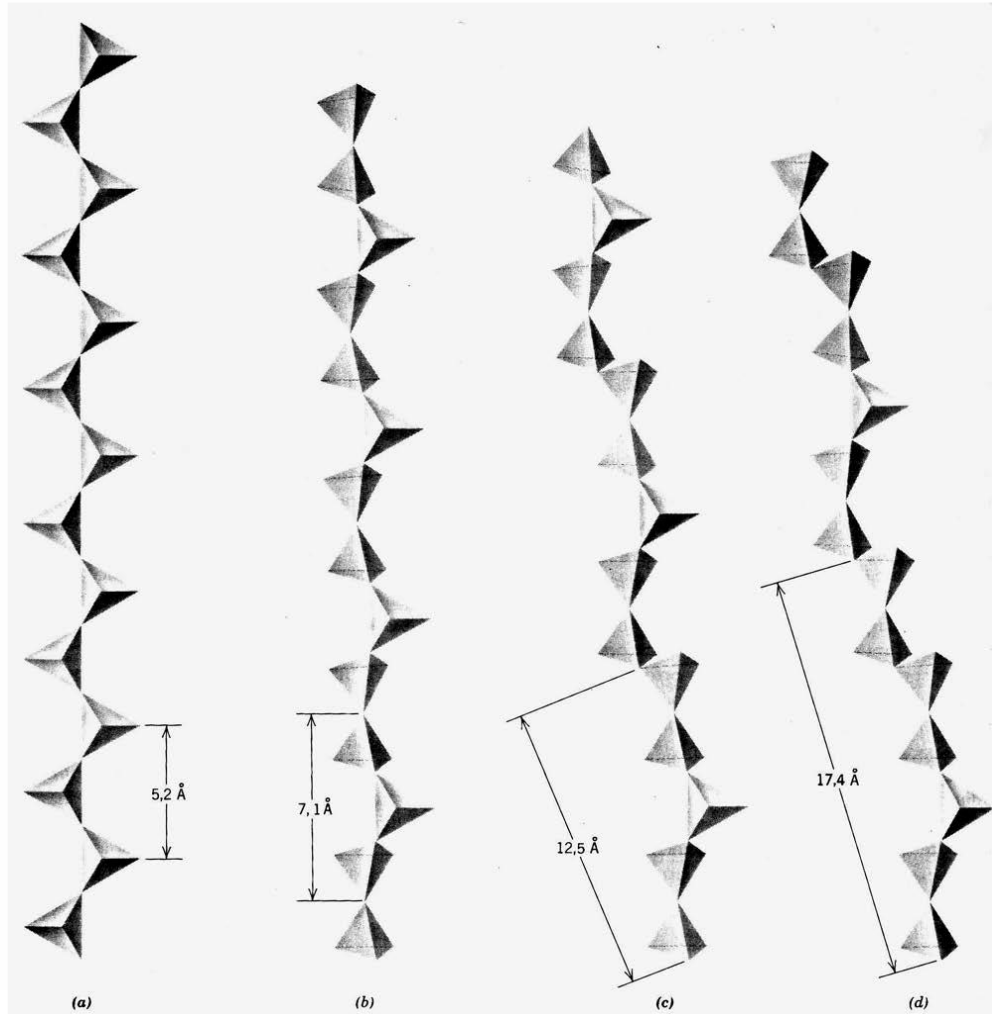
Augite



Cristallo prismatico perfetto

Inosilicati

PIROSSENOIDI



Pirosseno Wollastonite

Rodonite Piroxmanigite

- I pirossenoidi sono inosilicati triclini, affini ai pirosseni ma con struttura diversa dovuta a distorsioni delle catene tetraedriche.
- La struttura a catena nei pirossenoidi si manifesta con le loro sfaldature generalmente scheggiose e talvolta con un abito fibroso.

Inosilicati

Wollastonite (CaSiO_3)



Cristalli aciculari/fibrosi

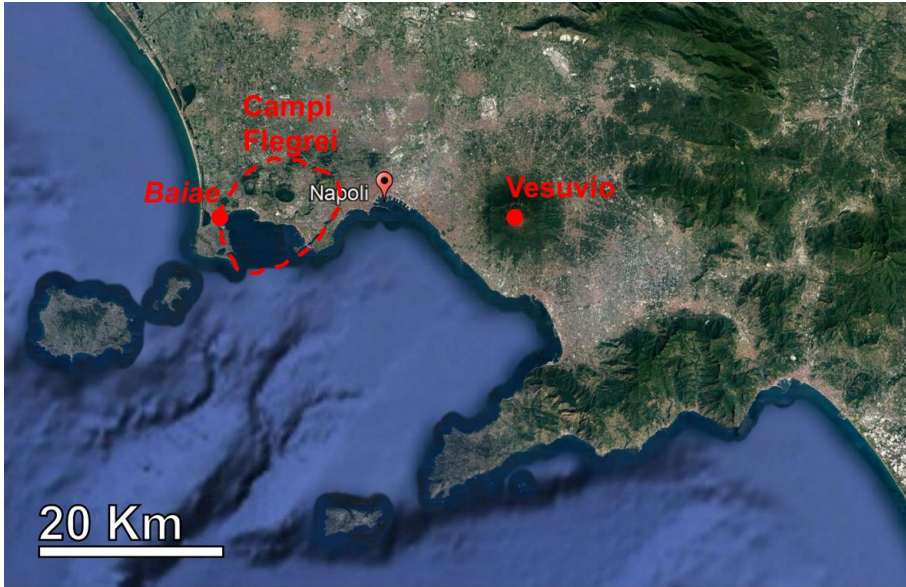
CAPITOLO VI.

Della Pozzolana.

E vvi una specie di polvere (1), che fa effetti naturali meravigliosi. Si trova ne' contorni di Baja, e ne' territorj de' municipj, che sono intorno al Vesuvio (2); mescolata in somma di calcina e pietre, fa gagliarda non solo ogni specie di fabbriche, ma particolarmente quelle, che si fanno in mare sotto acqua (3). Par che questo venga, perchè sotto quei monti,

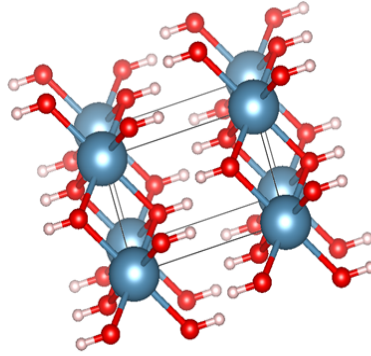


Inosilicati

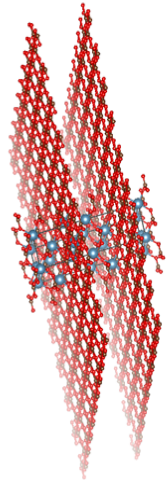


Inosilicati

CALCE



CALCITE



CO₂

H₂O

pH > 12

REAZIONE AEREA

REAZIONE POZZOLANICA

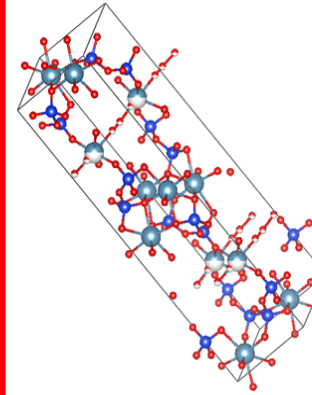
CO₂

H₂O

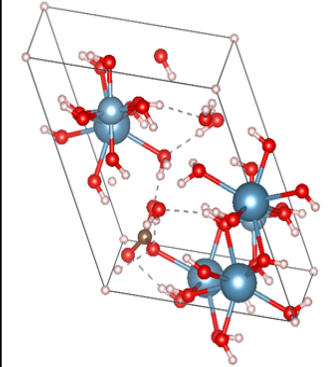
pH > 12

SiO₂
Fe₂O₃
Al₂O₃

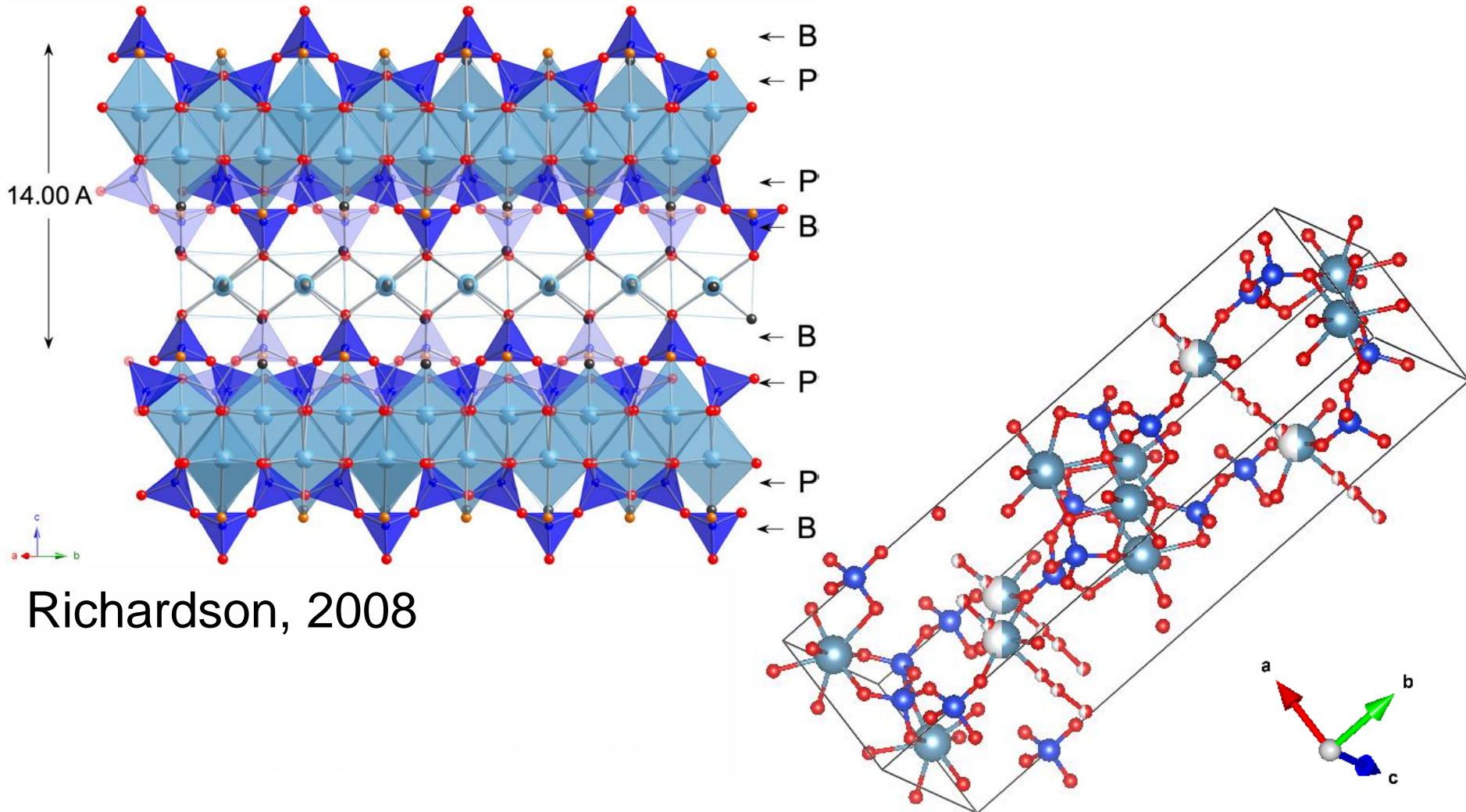
SILICATO DI
CALCIO
IDRATO (C-S-H)



ALLUMINATO
DI CALCIO
IDRATO (AFm)

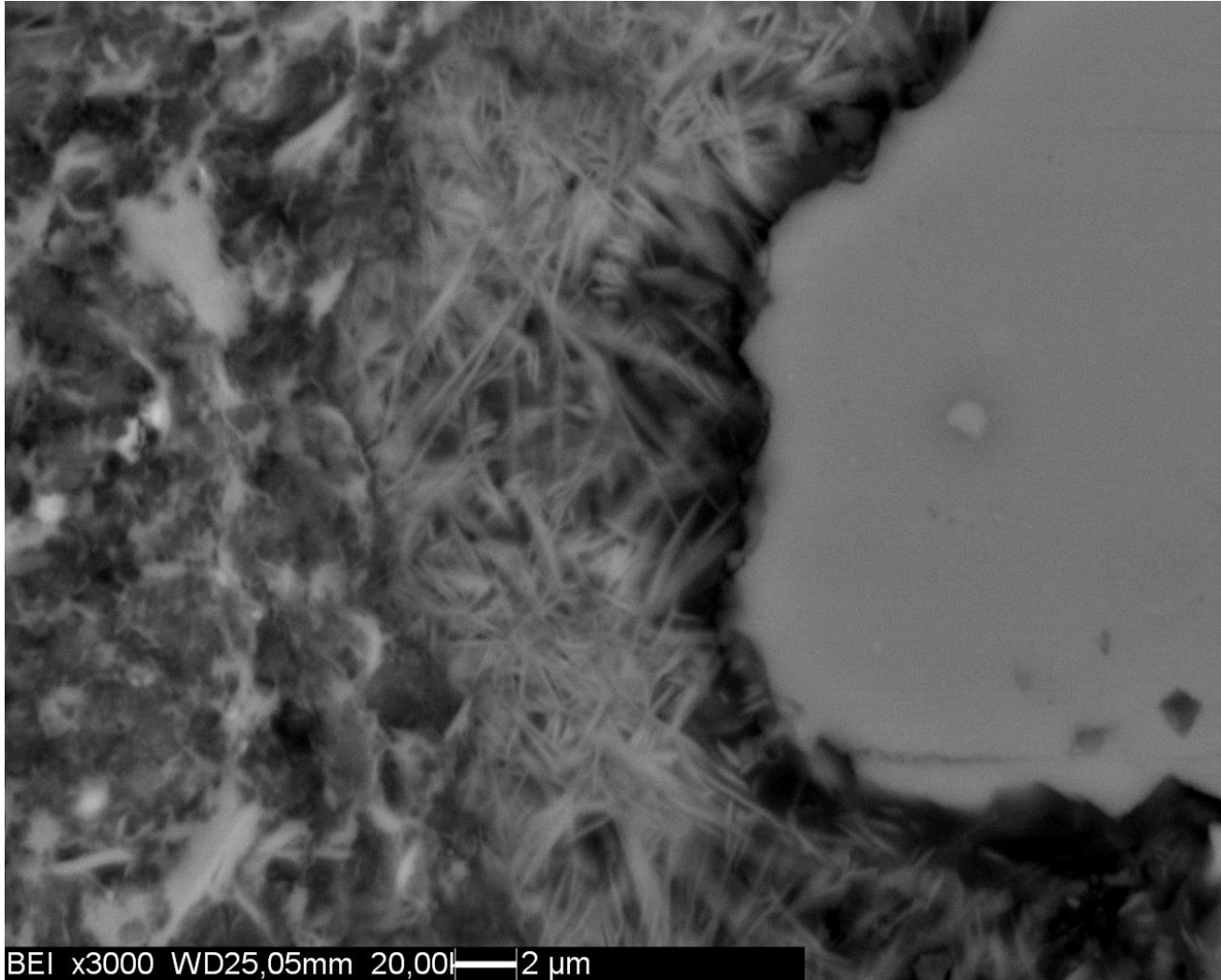


Struttura cristallina del C-S-H



Richardson, 2008

Morfologia del C-S-H



Inosilicati

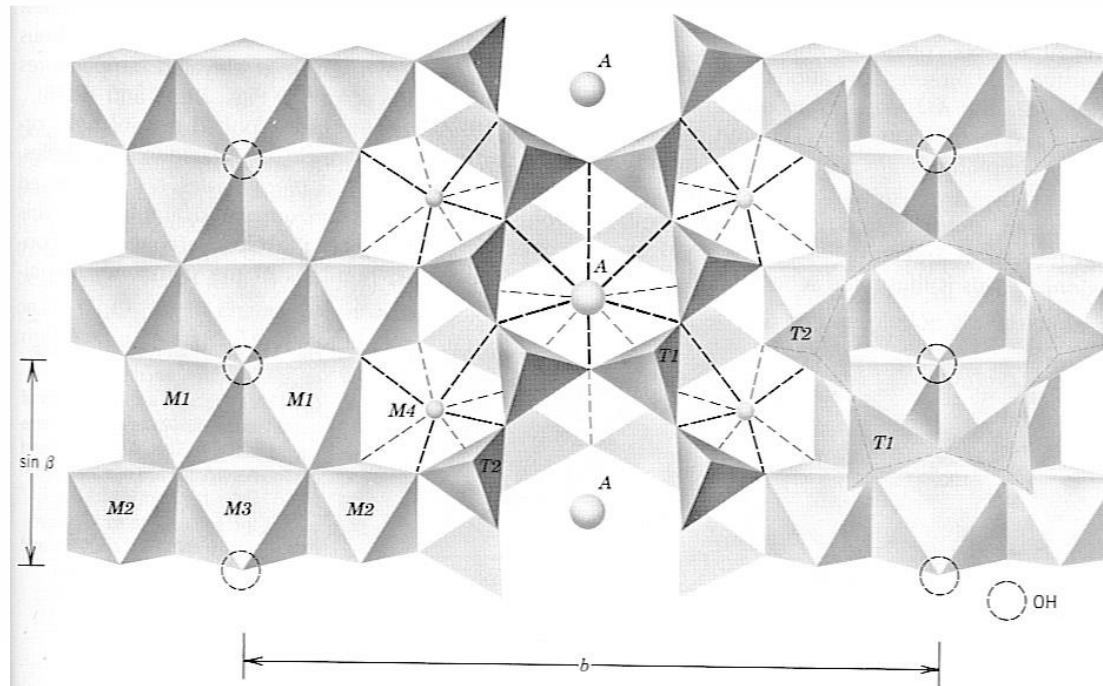
ANFIBOLI ($A_{0-1}X_2Y_5Z_8O_{22} (OH,F)$)

A: Na^+ , K^+

X (M_4): Na^+ , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Li^+

Y (M_{1-3}): Mn^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} , Ti^{4+}

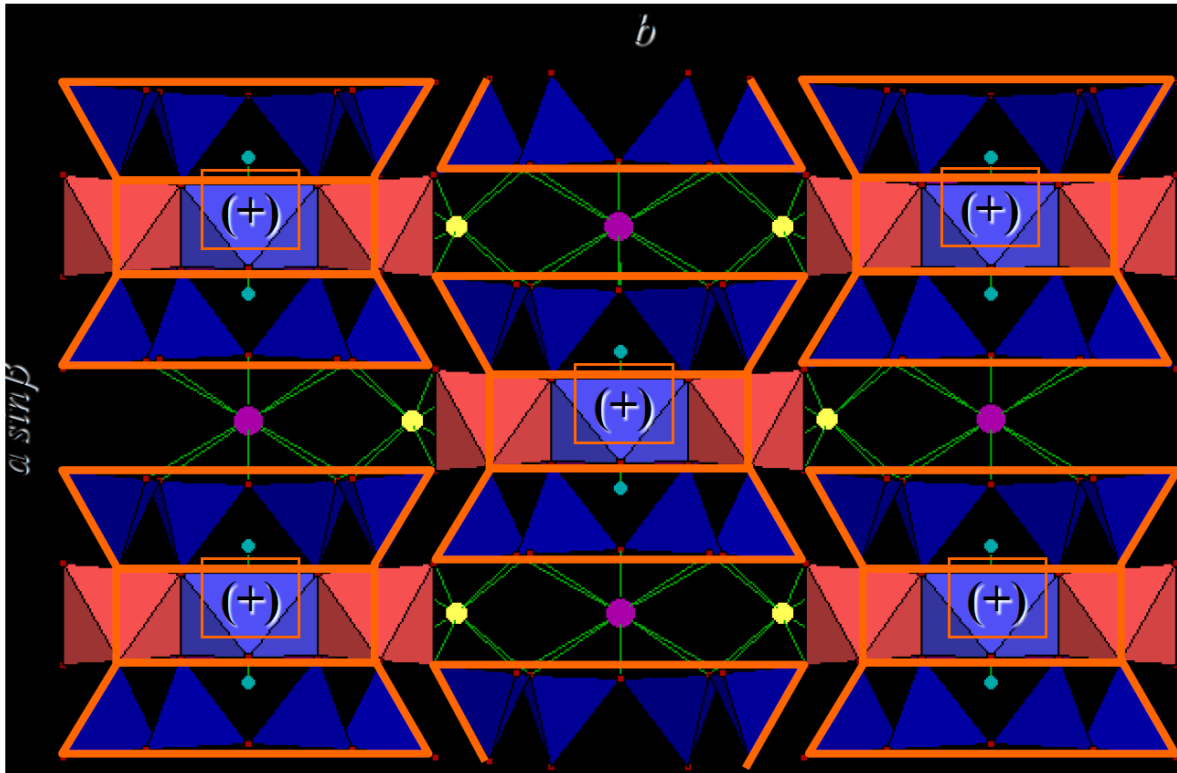
Z (tetraedro): Al^{3+} , Si^{4+}



Inosilicati

STRUTTURE DEGLI ANFIBOLI

Orneblenda: $(\text{Ca}, \text{Na})_{2-3} (\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_5 [(\text{Si}, \text{Al})_8 \text{O}_{22}] (\text{OH})_2$



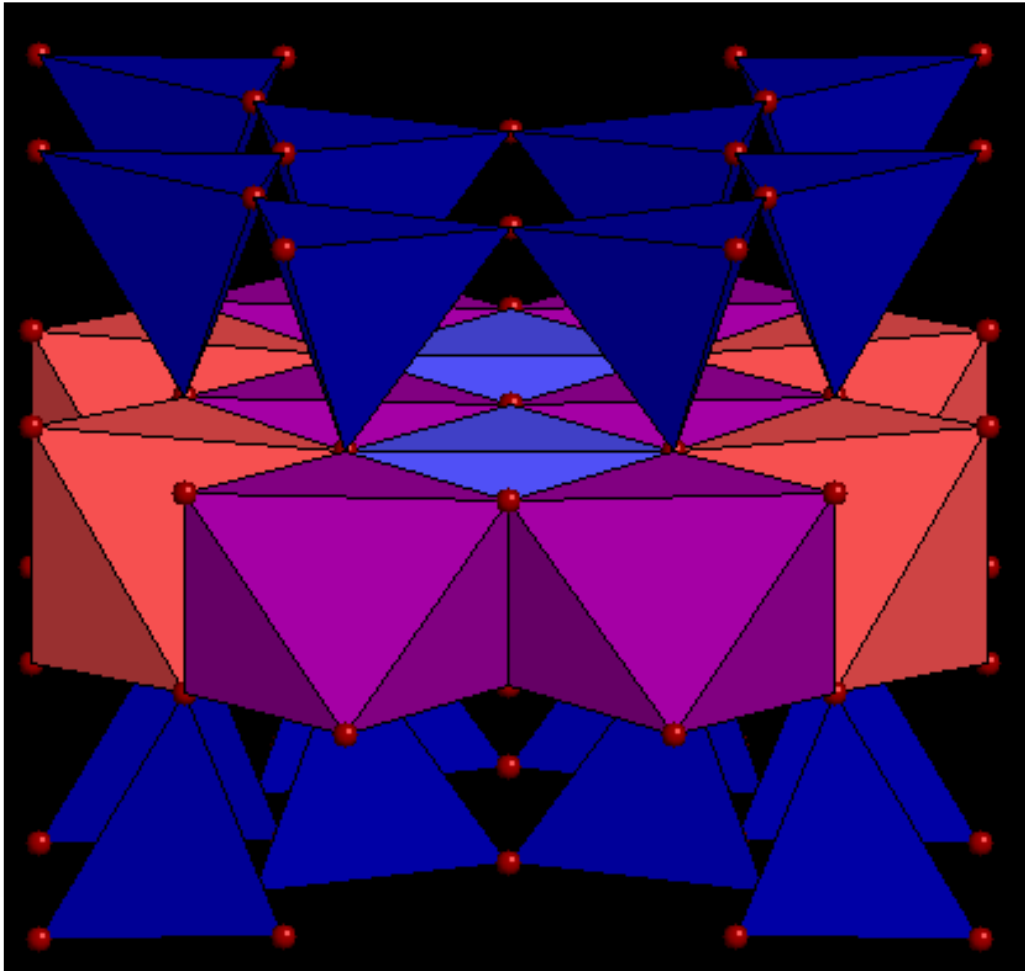
Stessa architettura con travi a I, con dimensione doppia (doppia catena)
Sono tutte nella stessa direzione nei clinofanfiboli e alternate negli ortofanfiboli

Proiezione (001): blu scuro = Si, Al; arancione = M_2 ; blu chiaro = M_3 (Mg, Fe); pallina gialla = M_4 (Ca); pallina porpora = A (Na); pallina turchese piccola = OH

Inosilicati

STRUTTURE DEGLI ANFIBOLI

Orneblenda: $(\text{Ca}, \text{Na})_{2-3} (\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_5 [(\text{Si}, \text{Al})_8 \text{O}_{22}] (\text{OH})_2$



Proiezione (001)

Blu scuro = Si, Al

Porpora = M_1

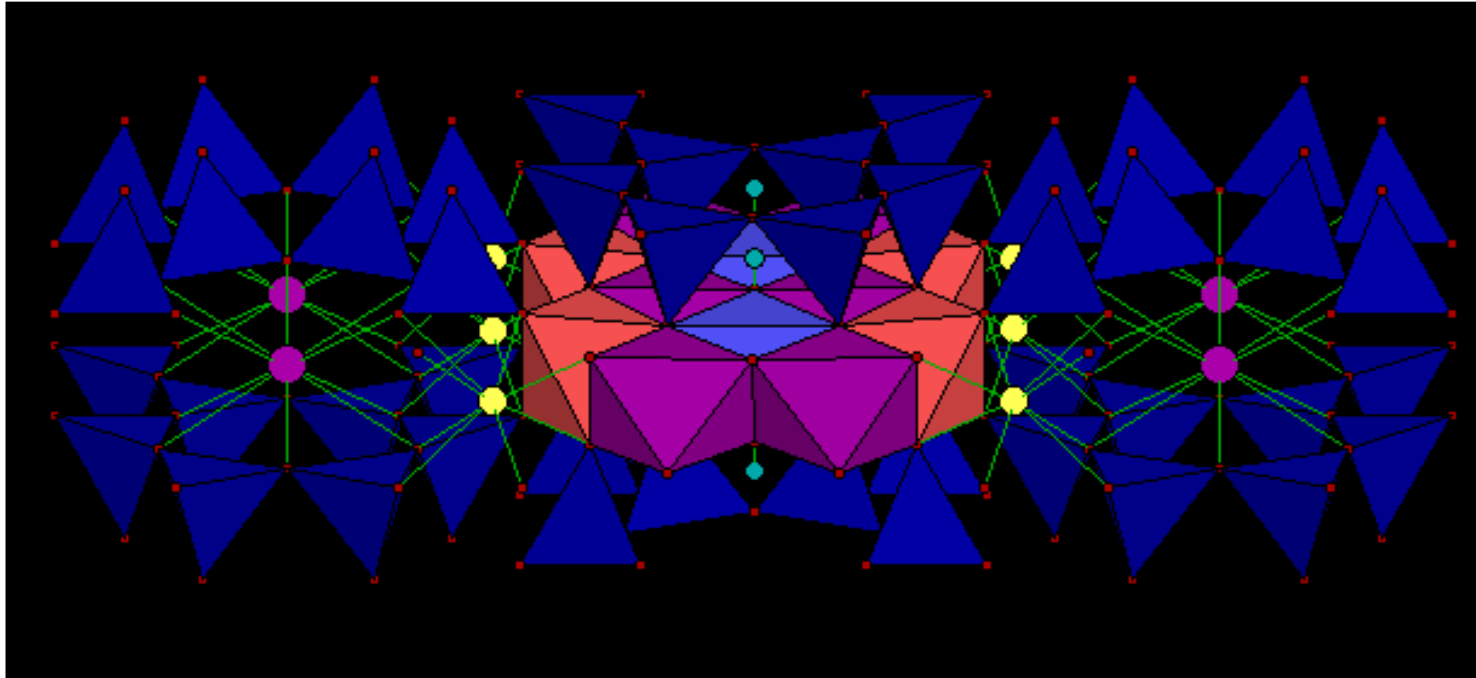
Arancione = M_2

Blu chiaro = M_3 (Mg, Fe)

Inosilicati

STRUTTURE DEGLI ANFIBOLI

Orneblenda: $(Ca, Na)_{2-3} (Mg, Fe, Al)_5 [(Si,Al)_8O_{22}] (OH)_2$



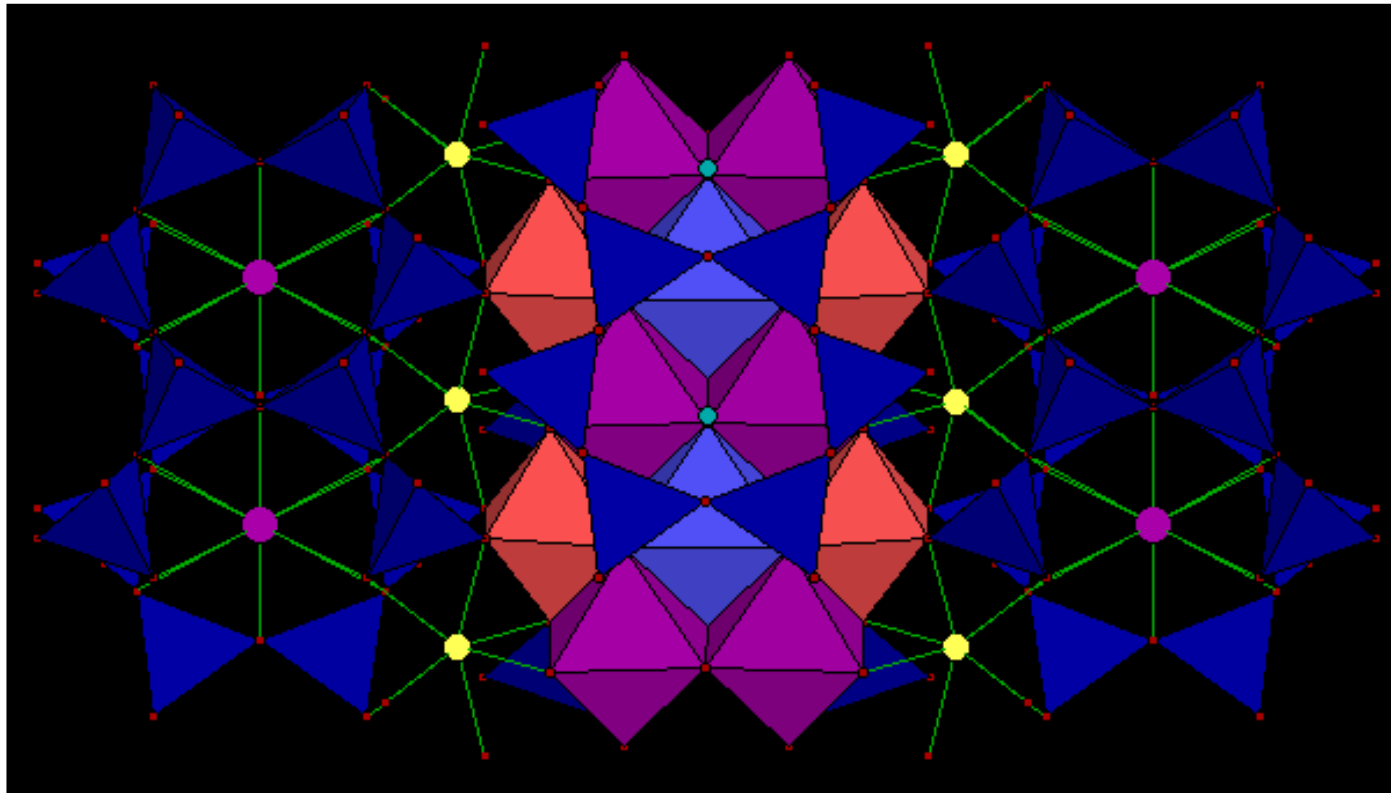
Proiezione (001): blu scuro = Si, Al; porpora = M_1 ; arancione = M_2 ; blu chiaro = M_3 (Mg, Fe); pallina gialla = M_4 (Ca); pallina porpora = A (Na); pallina turchese piccola = OH

M_1 - M_3 hanno CN = 6; M_4 ha CN = 6-8 (Ca); Il sito A ha CN = 10-12

Inosilicati

STRUTTURE DEGLI ANFIBOLI

Orneblenda: $(\text{Ca}, \text{Na})_{2-3} (\text{Mg}, \text{Fe}, \text{Al})_5 [(\text{Si}, \text{Al})_8 \text{O}_{22}] (\text{OH})_2$



(OH) è al centro di anelli tetraedrici i cui ossigeni apicali fanno parte dei siti M_2 e M_3

Proiezione (010): blu scuro = Si, Al; porpora = M_1 ; arancione = M_2 ; blu chiaro = M_3 (Mg, Fe); pallina gialla = M_4 (Ca); pallina porpora = A (Na); pallina turchese piccola = OH

Inosilicati

ORNEBLENDE

- Le orneblende sono anfiboli comuni presenti in tutte le rocce intrusive, dai graniti alle dioriti, ai gabbri, alle peridotiti.
- Sono presenti anche nelle rocce effusive, soprattutto nelle andesiti.
- Si rinvengono anche nelle rocce metamorfiche e sono tipiche delle anfiboliti.
- Quando si presentano colorate di un intenso colore bruno sono dette orneblende basaltiche.
- Sistema cristallino monoclinico.
- Presentano un habitus da prismatico a fibroso.

Inosilicati

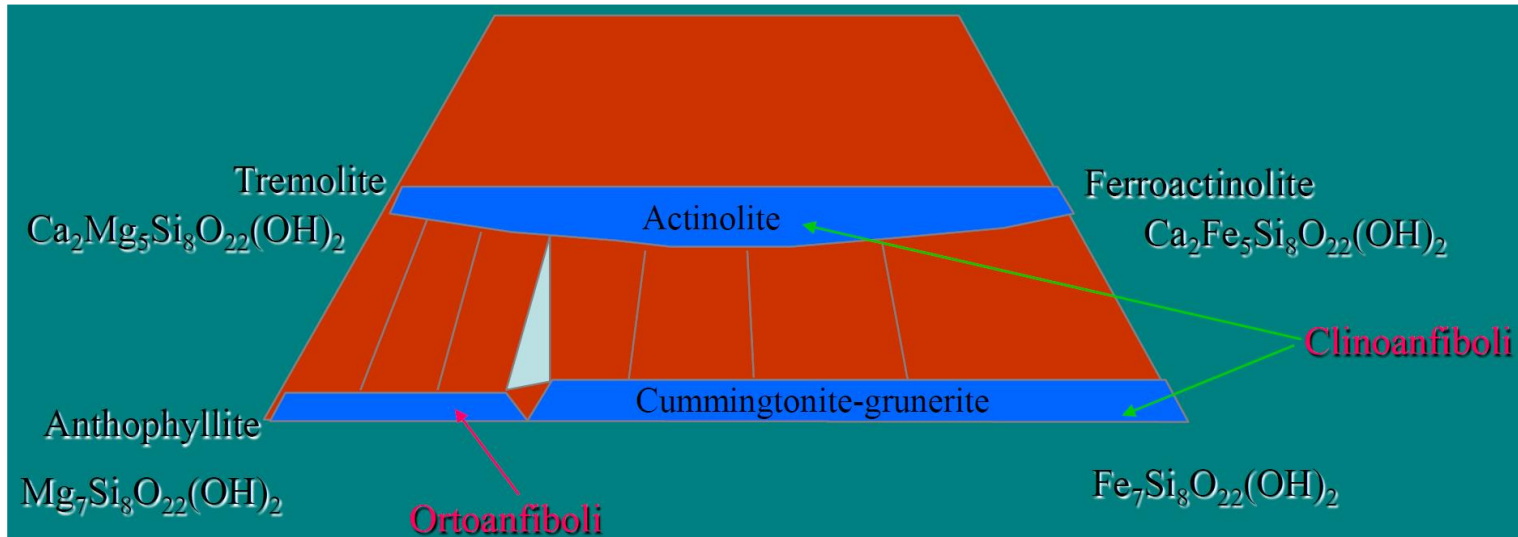
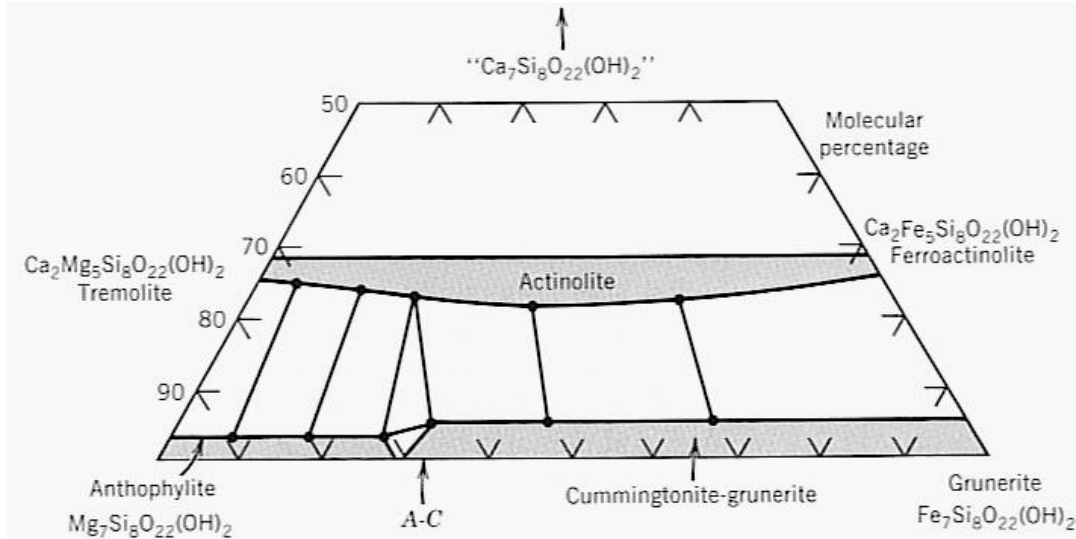
ORNEBLENDA



Cristallo prismatico

Inosilicati

ANFIBOLI DI Ca-Mg-Fe



ANFIBOLI DI Ca-Mg-Fe

Anfiboli rombici

- Sono molto rari.
- Il termine principale è l'antofillite $(\text{Mg,Fe})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$, che si trova raramente in cristalli, mentre è comune in forma fibrosa.
- È un minerale di rocce metamorfiche.

Anfiboli monoclini

- Serie cummingtonite $(\text{Mg,Fe})_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ – grunerite
 $\text{Fe}_7\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ tipica di rocce metamorfiche.
- Serie tremolite $\text{Ca}_2\text{Mg}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ – actinolite
 $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ analoga alla serie diopside-hedenbergite nei pirosseni. L'orneblenda fa parte di questa serie.

Inosilicati

ANFIBOLI DI Ca-Mg-Fe



Antofillite



Grunerite



Tremolite



Actinolite

Inosilicati

Actinolite



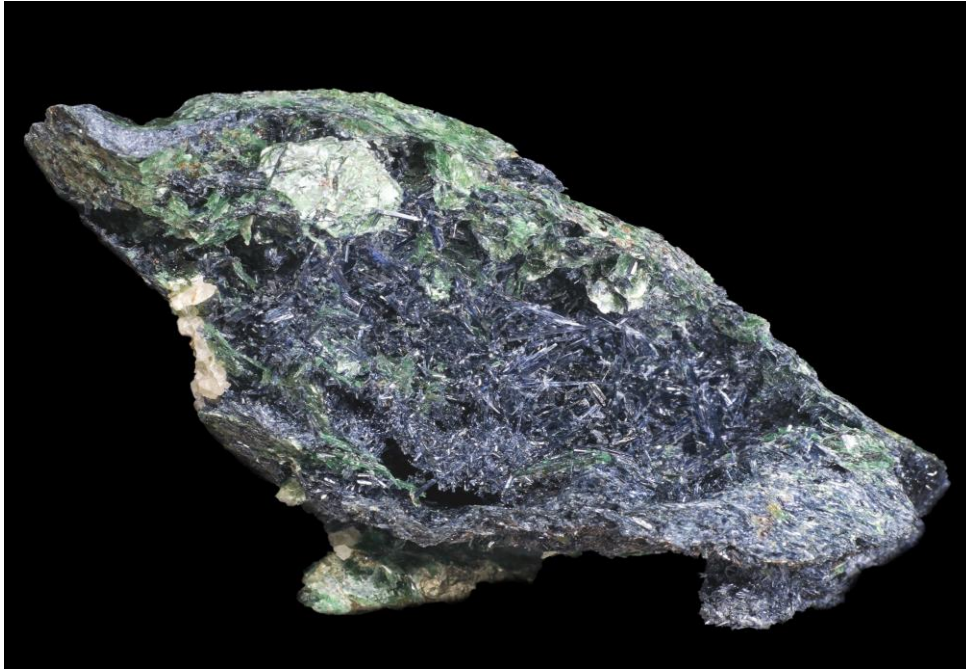
Cristalli colonnari/fibrosi

ANFIBOLI SODICI

- 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).

Inosilicati

ANFIBOLI SODICI

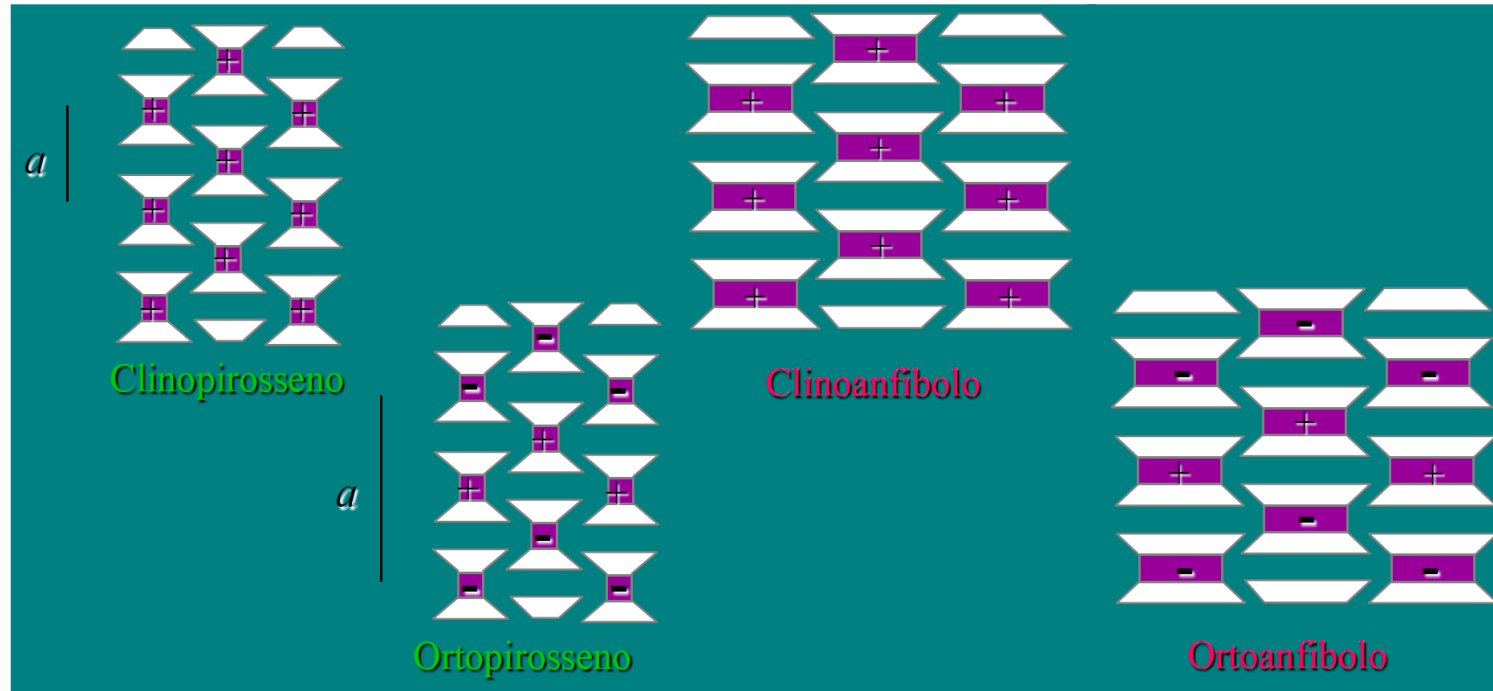


Glaucofane



Crocidolite

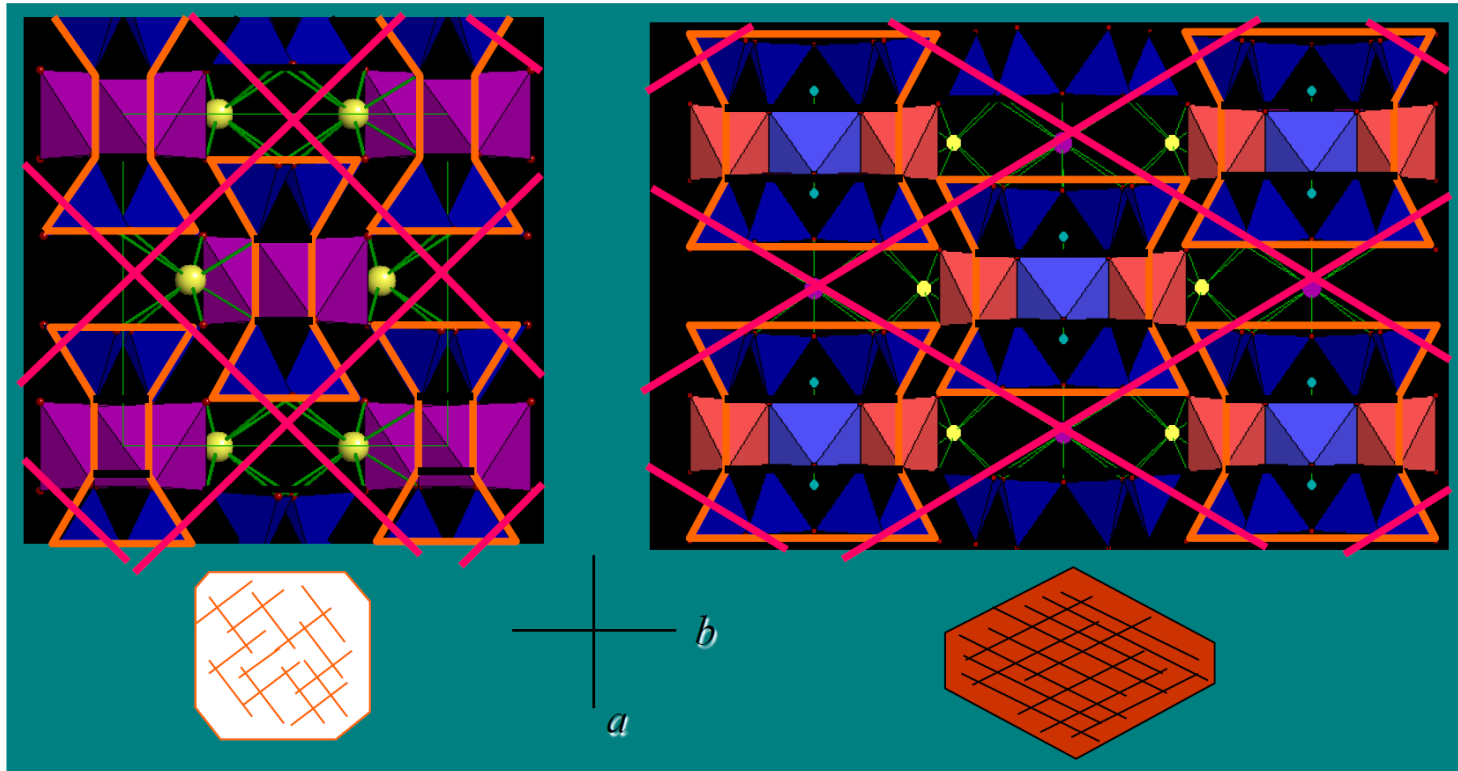
Inosilicati



Pirosseni e anfiboli sono molto simili:

- Entrambi hanno catene di SiO₄.
- Catene e ottaedri formano le travi a I.
- Le forme monocline hanno un offset T-O-T nella stessa direzione.
- Le forme ortorombiche hanno offset alterni.

Inosilicati



- Gli angoli di sfaldatura possono essere interpretati in termini di legami deboli nei siti M_2 (ai bordi delle travi a I).
- Dalle travi a I di catene singole \rightarrow sfaldature di 90° nei pirosseni; nelle travi a I doppie \rightarrow sfaldature di $60-120^\circ$ degli anfiboli.

Mineralogia e Petrografia per i Beni Culturali

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

dbc
DIPARTIMENTO
DEI BENI CULTURALI
ARCHEOLOGIA, STORIA
DELL'ARTE, DEL CINEMA
E DELLA MUSICA



DIPARTIMENTO
DI GEOSCIENZE

CIRCe

Centro Interdipartimentale di Ricerca
per lo Studio dei Materiali Cementizi
e dei Leganti Idraulici

CIBA CENTRO PER I
BENI CULTURALI

DIAGNOSTICA . RILIEVO . TECNOLOGIE