

# Mineralogický systém

Prof. RNDr. Milan Novák, CSc.

## Olivíny a pyroxeny

**Osnova přednášky:**

- 1. Strukturní a chemický základ pro klasifikaci silikátů**
- 2. Olivíny a příbuzné minerály**
- 3. Pyroxeny a příbuzné minerály**
- 4. Shrnutí**

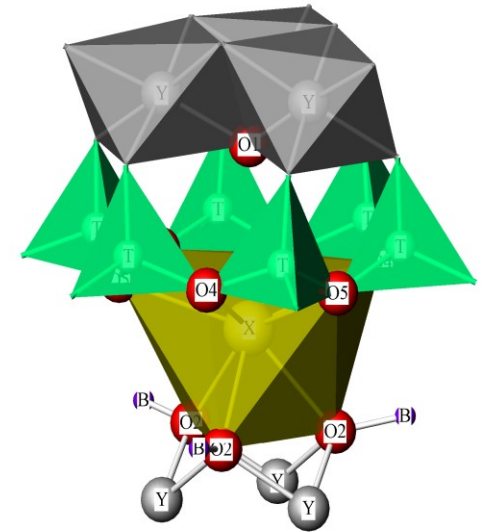
# 1. Silikáty - klasifikace

- Největší a nejdůležitější skupina minerálů v mineralogickém systému. Zahrnuje většinu horninotvorných minerálů. Podle uspořádání  $\text{SiO}_4$  tetraedrů, které jsou hlavním stavebním prvkem těchto minerálů, je dělíme do několika skupin.

Silikáty se skládají z:

- tetraedrů  $\text{SiO}_4^{4-}$
- kationtů kovů (např. Ca, Fe, Mg, Na, Al), které jsou ve středech různých polyedrů např.  $\text{BO}_3$ ,  $\text{AlO}_6$ ,  $\text{MgO}_6$ ,  $\text{NaO}_8$

tetraedry a jiné polyedry se spojují (mají společný kyslík) – tak se zmenšuje počet volných vazeb tak, aby byl minerál elektroneutrální  
 $\text{Si}^{4+}$  je v tetraedru často nahrazen  $\text{Al}^{3+}$   
vedle kyslíku se objevují i jiné anionty  $\text{OH}^-$ ,  $\text{F}^-$



# 1. Silikáty - klasifikace

## Nesosilikáty

tetraedry izolované

- olivíny, granáty,  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$

## Sorosilikáty

2 spojené tetraedry

- epidot

## Cyklosilikáty

tetraedry spojené do cyklů

- cordierit, turmalín, beryl

## Inosilikáty

tetraedry spojené do řetězců

- jednoduché – pyroxeny

- dvojité - amfiboly

## Fylosilikáty

tetraedry propojené v ploše

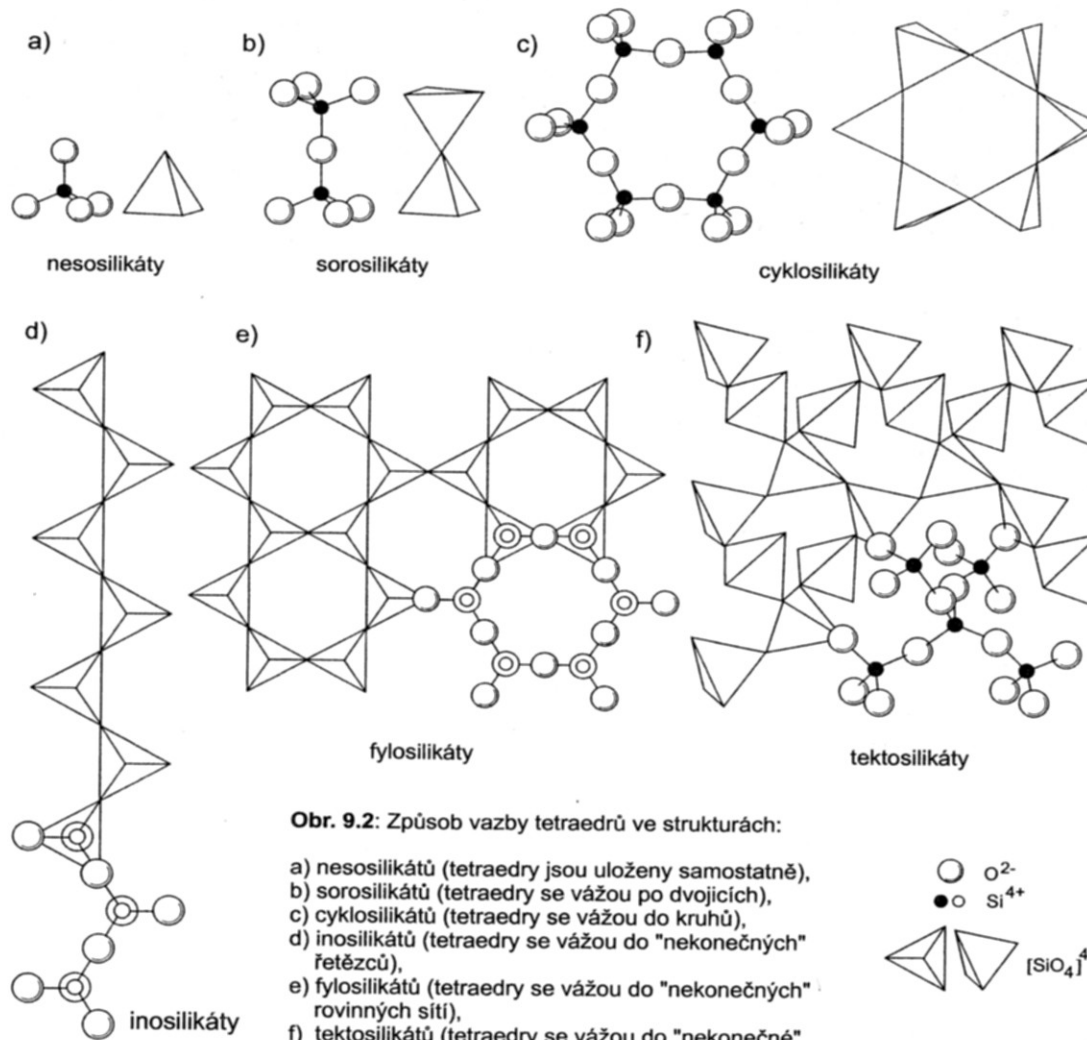
- slídy, jílové minerály

## Tektosilikáty

tetraedry tvořící prostorovou kostru

- živce, foidy, zeolity, také křemen

# 1. Silikáty - klasifikace



**Obr. 9.2:** Způsob vazby tetraedrů ve strukturách:

- a) nesilikátů (tetraedry jsou uloženy samostatně),
- b) sorosilikátů (tetraedry se vážou po dvojicích),
- c) cyklosilikátů (tetraedry se vážou do kruhů),
- d) inosilikátů (tetraedry se vážou do "nekonečných" řetězců),
- e) fylosilikátů (tetraedry se vážou do "nekonečných" rovinných sítí),
- f) tektosilikátů (tetraedry se vážou do "nekonečné" prostorové sítě).

## 2. Olivíny

Olivín – termín běžně užívaný v petrologii zahrnuje více minerálů.

Obecný vzorec  ${}^{\text{VI}}\text{M2}{}^{\text{VI}}\text{M1}{}^{\text{IV}}\text{SiO}_4$   
M2 a M1 = Mg, Fe<sup>2+</sup>, Mn, Ni, (Ca), Fe<sup>3+</sup>,  
M2 = Ca

Rombický

Vybrané minerály:

Forsterit	$\text{Mg}_2\text{SiO}_4$
Fayalit	$\text{Fe}_2\text{SiO}_4$
Tefroit	$\text{Mn}_2\text{SiO}_4$
Liebenbergite	$\text{Ni}_2\text{SiO}_4$

Monticellit	$\text{CaMgSiO}_4$
Kirchsteinit	$\text{CaFeSiO}_4$

Larnit	$\text{Ca}_2\text{SiO}_4$
Laihunit	$\text{Fe}^{2+}\text{vacance Fe}^{3+}_2(\text{SiO}_4)_2$

Dnes je známo asi 10 minerálů skupiny olivínu a příbuzných.

Typické substituce: Mg-Fe

Vlastnosti:

Barva: světle žlutozelená, nažloutlá (forsterit), černá (fayalit), lesk skelný, neštěpný, T = 6-7, h = 3,2-4,3, ve výbruse nejsou pleochroické.



Olivín



# 2. Olivíny

Obecný vzorec  $2M1MSiO_4$

M2 a M1 = Mg, Fe<sup>2+</sup>, Mn

M2 = Ca

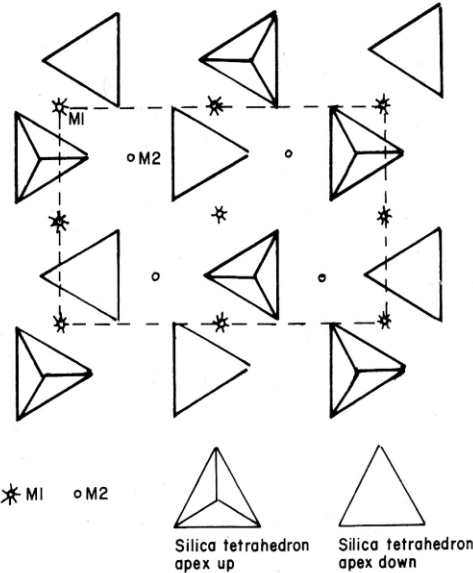


Fig. 3.16 The olivine structure showing the position of the octahedral M1 and M2 sites between the isolated SiO<sub>4</sub> tetrahedra.

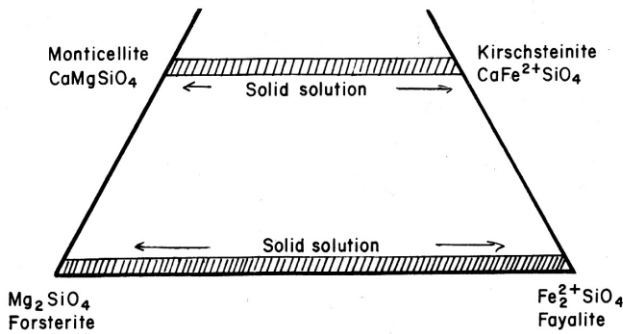
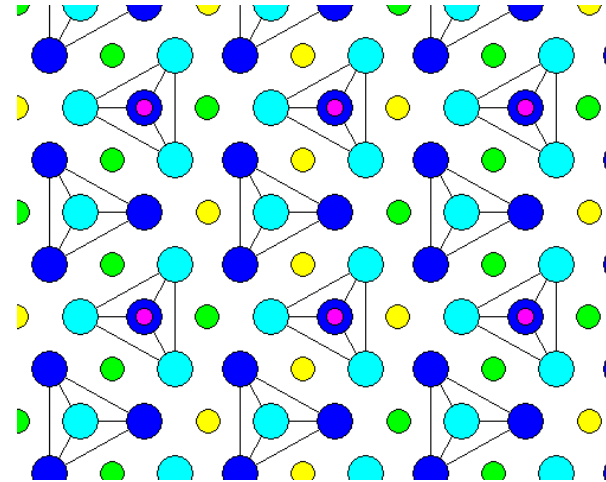
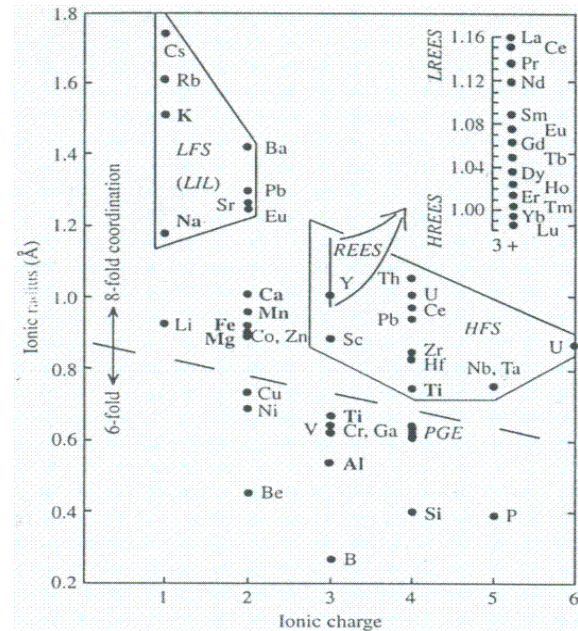


Fig. 3.17 The olivine Ca-Mg-Fe<sup>2+</sup> quadrilateral showing the two solid solution series.



## 2. Olivíny

### Výskyty:

#### Forsterit (olivín)

Horniny bohaté Mg a chudé Si

- hojný ve svrchním plášti
- ultrabazické magmatické (Smrčí, Kozákov) a metamorfované horniny např.
- dolomitické mramory (Studnice)

#### Fayalit

pegmatity (Strzegom) a alkalické granity

Fe-bohaté metamorfované horniny

#### Monticelit, kirchsteinit, larnit

minerály z kontaktních mramorů  
vznikající za vysoké T a nízkého P

Olivíny jsou celkově minerály vznikající za vysokých teplot a často i tlaků.

Olivíny lehce podléhají hydrotermálním alteracím a vznikají minerály skupiny serpentinu (Mg), laihunit, různé fylosilkáty Fe.



Olivín



## 2. Skupina humitu

Příbuzné olivínu, v jejich struktuře se opakují v různém poměru 2 hlavní strukturní moduly

olivín -  $A_2 SiO_4$

brucit -  $A(OH,F)_2$

kde  $A = Mg, Fe^{2+}, Mn$

V poměrech pro Mg-typy :

4:1 klinohumit - monoklinický

3:1 humit - rombický

2:1 chondroit - monoklinický

1:1 norbergit – rombický

F většinou převažuje nad OH, v klinohumitu je běžný Ti.

Vlastnosti:

Barva: světle žlutozelená, nažloutlá až tmavě červená (Ti-klinohumit), lesk skelný, neštěpný,  $T = 6-7$ ,  $h = 3,2-4,3$ , ve výbruse bývají někdy pleochroické.

Výskyty:

Horniny bohaté Mg a chudé Si a s vyšší aktivitou F nebo  $H_2O$

- vzácný ve svrchním plášti (Ti-klinohumit)

- metamorfované horniny např. - dolomitické mramory (Studnice), často spolu s forsteritem

Ve srovnání s olivínem jsou více odolné hydrotermálním alteracím.



# 3. Pyroxeny

Obecný vzorec  $M_2M_1T_2O_6$

$^{VIII}M_2 = Ca, Na,$

$^{VI}M_2 = Mg, Fe^{2+}, Li$

$^{VI}M_1 = Mg, Fe^{2+}, Mn, Al, Fe^{3+}, Ti$

$^{IV}T = Si, Al$

Vybrané minerály:

rombické

enstatit  $Mg_2Si_2O_6$

ferrosilit  $Fe^{2+}_2Si_2O_6$

monoklinické

diopsid  $CaMgSi_2O_6$

hedenbergit  $CaFeSi_2O_6$

augit  $(Ca,Na)(Mg,Fe^{2+},Al,Ti)(Si,Al)_2O_6$

pigeonit  $(Mg,Fe^{2+},Ca)Si_2O_6$

jadeit  $NaAlSi_2O_6$

egirín  $NaFe^{3+}Si_2O_6$

omfacit  $(Na,Ca)(Mg,Fe,Al)Si_2O_6$

spodumen  $LiAlSi_2O_6$

Dnes je známo asi 20 pyroxenů.

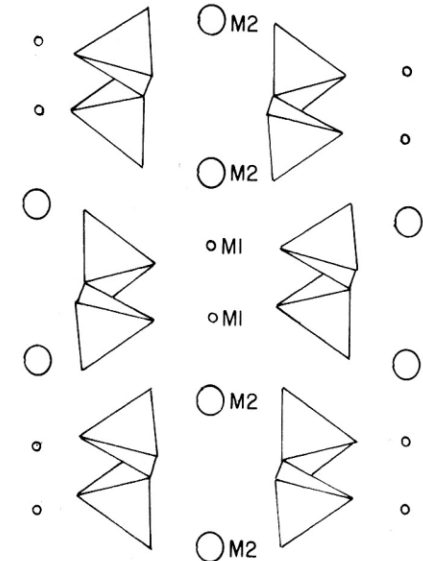
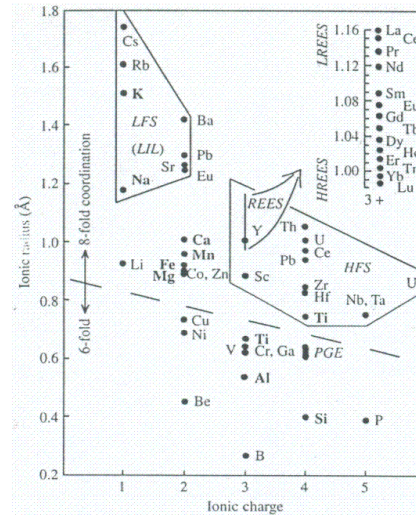
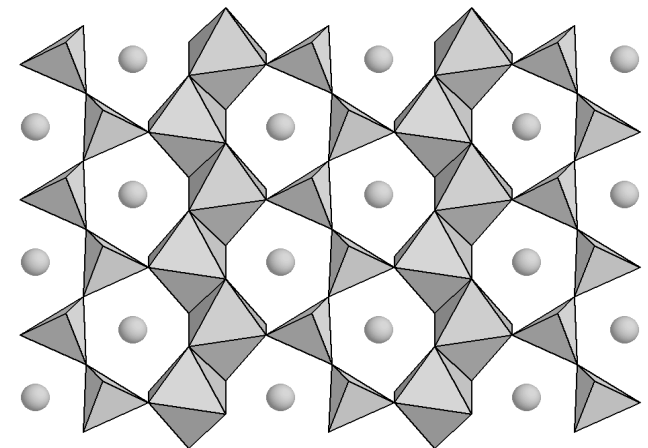


Fig. 3.20 The pyroxene structure with the single silicate chains viewed from the end. The approximate positions of the M1 and M2 sites are shown.



# 3. Pyroxeny

Mísitelnost mezi jednotlivými pyroxeny je různá, neomezená v případě, že je velikost zastupovaných kationtů blízká, menší, je-li rozdíl větší. Závisí i na PT podmínkách.

Typické substituce

Mg-Fe, Al-Fe<sup>3+</sup>, NaAl - CaMg

MgSi – AlAl

Obsah H<sub>2</sub>O je nominálně nulový, ve skutečnosti obsahují až několik set ppm H<sub>2</sub>O, hlavně z velkých hloubek.

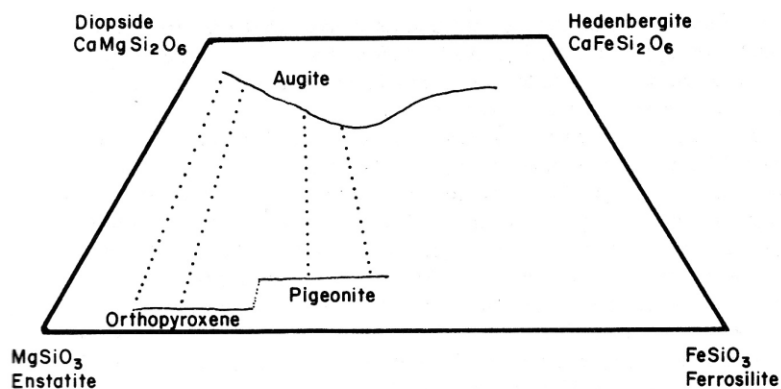
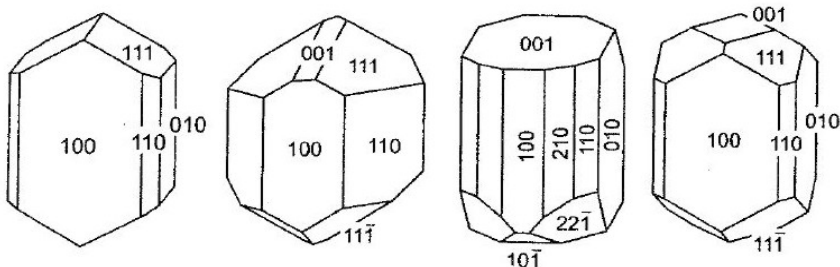


Fig. 3.22 The pyroxene quadrilateral. The solid lines show the crystallization trends of Ca-rich and Ca-poor pyroxenes from a tholeiitic magma. The dotted tie lines indicate the composition of co-precipitating phases.

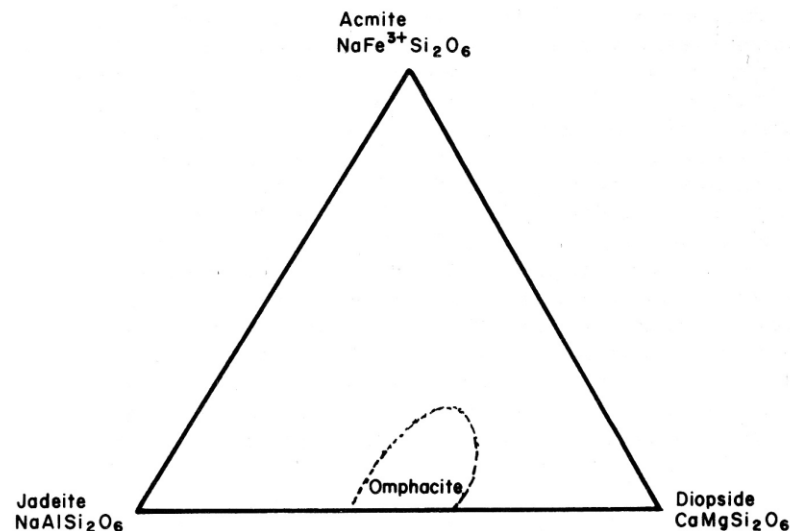
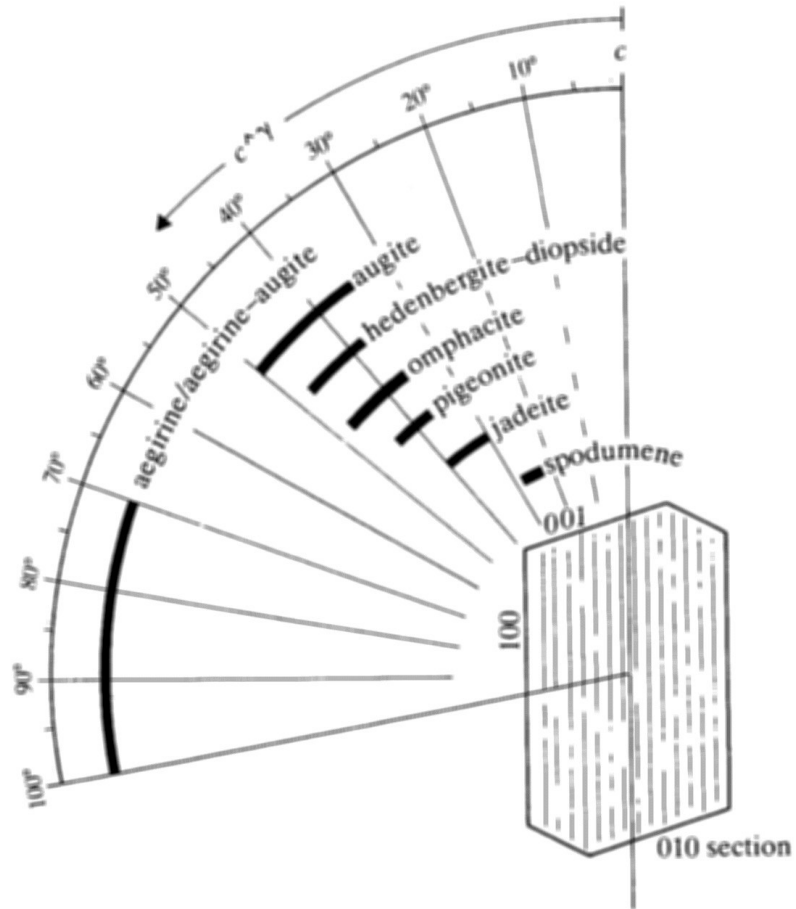


Fig. 3.23 The field of omphacite in the system acmite-jadeite-diopside.

# 3. Pyroxeny



# 3. Pyroxeny

## Vlastnosti:

barva kolísá podle chemického složení

Pyroxeny chudé Fe (enstatit, diopsid, jadeit, spodumen)

bezbarvý, bílý, šedý, žlutý, hnědý

Pyroxeny bohaté Fe (hedenbergit, augit)

tmavě zelený až černý

$t = 5-6$ ,  $h = 3-3,5$ , štěpnost dobrá,  $90^\circ$

ve výbruse jsou pleochroické

Pyroxeny jsou středně odolné alteracím a zvětrávání, často jsou zatlačovány amfibolem, slídami, chlority.

Využití: chemické složení pyroxenů je indikátorem PT podmínek vzniku a také chemického složení mateřské horniny



Augit



Hedenbergit

# 3. Pyroxeny

## Výskyty:

magmatické a metamorfované horniny  
pláště a kůry, většinou relativně chudé  
 $\text{SiO}_2$ .

Enstatit – ultrabazické horniny, často s  
olivínem a pyropem (Věžná, Ruda nad  
Moravou)

Diopsid a hedenbergit – hlavně skarny  
(Pernštejn, Vlastějovice), pyroxenové  
ruly, v dioritech

Augit – hlavně ve vulkanických horninách  
(Č. středohoří)

Jadeit – typický minerál hornin vznikajících  
v metamorfovaných horninách za velmi  
vysokého tlaku ale relativně nízkých  
teplot

Omfacit – typický minerál hornin  
vznikajících v metamorfovaných  
horninách za velmi vysokého tlaku ale  
vysokých teplot

Spodumen – minerál z granitických  
pegmatitů, hlavní zdroj Li (Nová Ves,  
Otov)



Diopsid - Cr

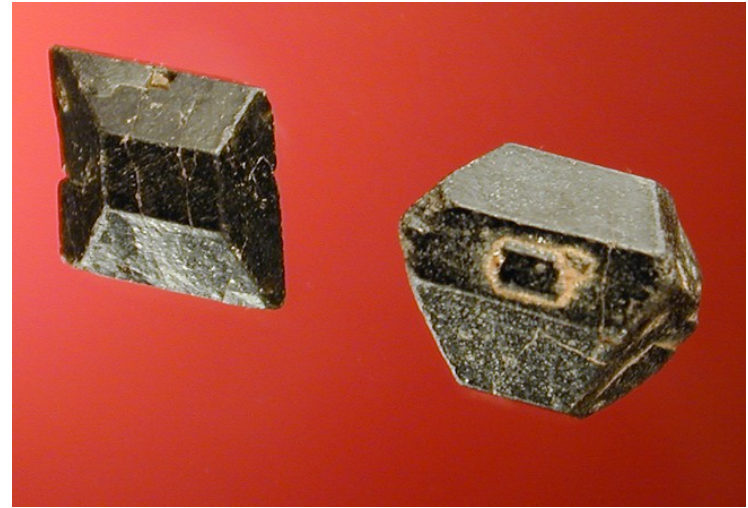


Jadeit

### 3. Pyroxeny



Diopsid

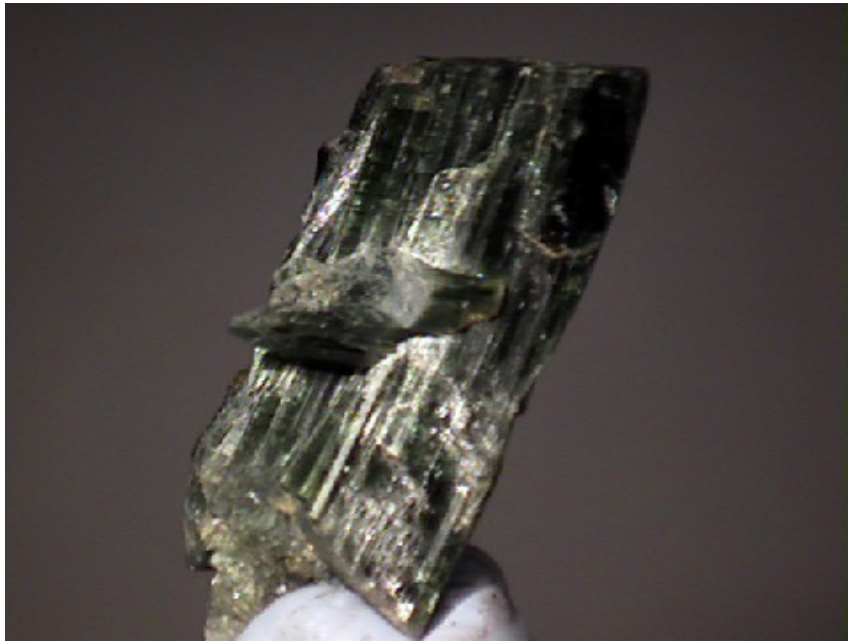


Augit



Spodumen

### 3. Pyroxeny



Hedenbergit



Spodumen

# 3. Pyroxenoidy

Minerály velmi blízké pyroxenům, triklinické i monoklinické, jednoduchý řetěz  $\text{SiO}_4$  tetraedrů je komplikovanější než u pyroxenů.

Wollastonit -  $\text{CaSiO}_3$  - bílý, z kontaktů mramorů s granity

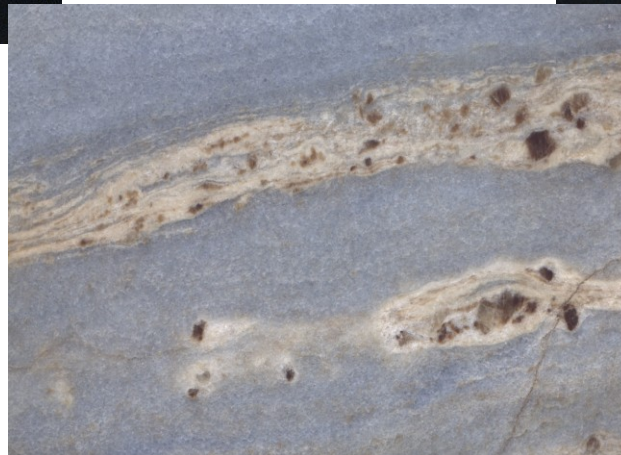
Rhodonit -  $\text{MnSiO}_3$  – červený, z Mn-bohatých metamorfovaných hornin



Wollastonit a diopsid,  
Mirošov



Rhodonit



Wollastonit, vesuvian,  
Nedvědice



## 4. Shrnutí

1. **Tato přednáška zahrnuje poněkud pokročilejší přehled hlavních minerálů ze skupiny olivínu a pyroxenů.**
2. **Jsou uvedeny hlavní substituce, v olivínech pouze homovalentní, v pyroxenech také heterovalentní.**
3. **Barva kolísá podle obsahu Fe (Mn), minerály s výraznou převahou Mg nad Fe (Mn) jsou bezbarvé, světle žluté nebo světle zelené, minerály bez Mg a Fe mají různé ale většinou světlé barvy. Minerály s vysokým obsahem Fe jsou tmavé – černé, červenofialové nebo hnědé.**
4. **Všechny minerály mají nulový obsah H<sub>2</sub>O.**
5. **Všechny minerály vznikají za relativně vyšších teplot a tlaků v magmatických a metamorfovaných horninách.**