

# Mineralogie I

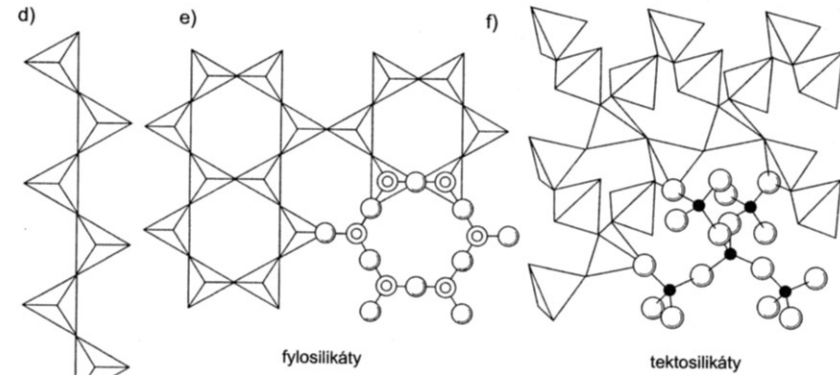
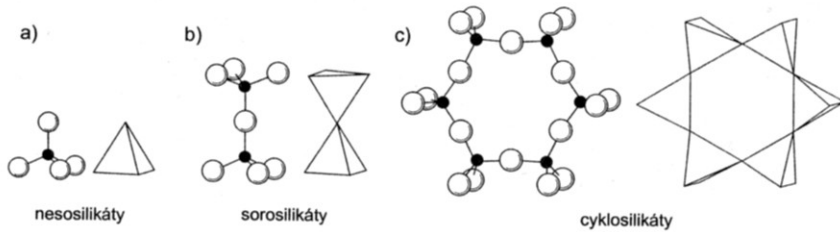
**Prof. RNDr. Milan Novák, CSc.**

**Mineralogický systém - silikáty**

**Osnova přednášky:**

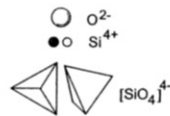
- 1. Inosilikáty - amfiboly**
- 2. Fylosilikáty**
- 3. Shrnutí**

# Úvod - silikáty

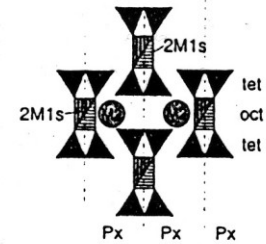


Obr. 9.2: Způsob vazby tetraedrů ve strukturách:

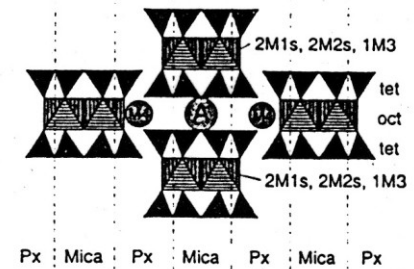
- a) nesosilikátů (tetraedry jsou uloženy samostatně),
- b) sorosilikátů (tetraedry se vážou po dvojicích),
- c) cyklosilikátů (tetraedry se vážou do kruhů),
- d) inosilikátů (tetraedry se vážou do "nekonečných" řetězců),
- e) fylosilikátů (tetraedry se vážou do "nekonečných" rovinných sítí),
- f) tektosilikátů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



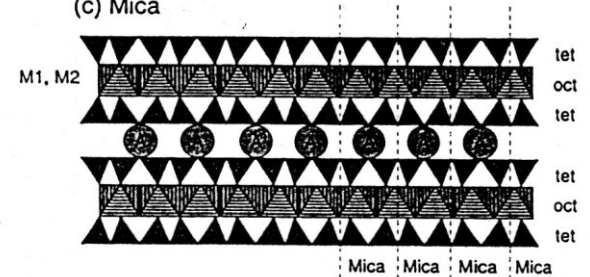
(a) Pyroxene



(b) Amphibole



(c) Mica



# 1. Inosilikáty - Skupina amfibolů

- obecný vzorec:  $AB_2C_5T_8O_{22}(OH,F)_2$

A = Na, Ca, vakance

B = Ca, Mg

C = Mg,  $Fe^{2+}$ , Al,  $Fe^{3+}$

T = Si, Al

rombické

antofylit

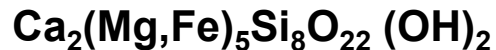


monoklinické

tremolit



aktinolit



obecný amfibol

pargasit

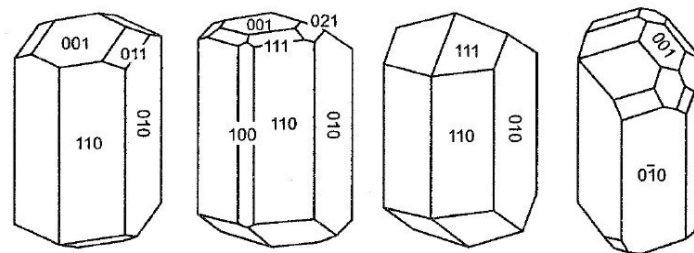


glaukofan



Mg je často nahrazeno  $Fe^{2+}$ . Jako vedlejší prvky jsou přítomny Mn, Li, Ti, Cl.

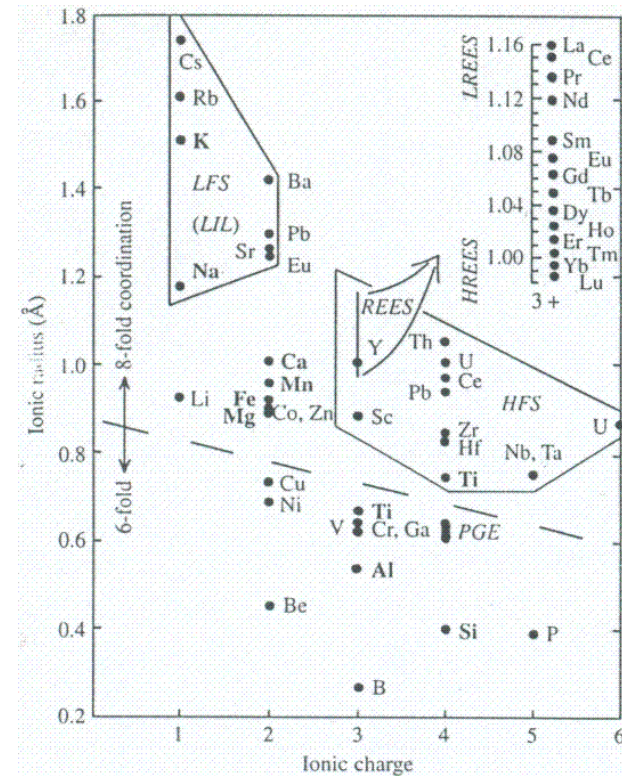
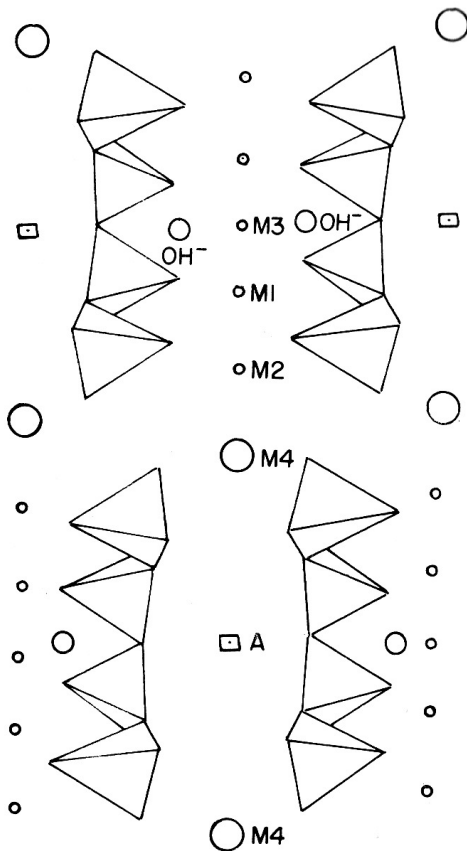
Dnes je známo asi 60 amfibolů.



- Mísitelnost mezi jednotlivými amfiboly je velká. Závisí i na PT podmínkách.

# 1. Inosilikáty - Skupina amfibolů

obecný vzorec:  $AB_2C_5T_8O_{22} (OH,F)_2$



# 1. Inosilikáty - Skupina amfibolů

- **Vlastnosti:**  
barva kolísá podle chemického složení  
Amfiboly chudé Fe (tremolit)  
bezbarvý, bílý, šedý, žlutý, hnědý  
Amfiboly bohaté Fe (aktinolit, amfibol)  
tmavě zelený až černý  
 $t = 5-6$ ,  $h = 3-3,5$ , štěpnost výborná,  $120^\circ$   
Amfiboly jsou velmi často pleochroické a mnohem výrazněji než pyroxeny.
- Často tvoří stébelnaté, jehlicovité až vláknité agregáty, štěpnost amfibolů je viditelně dokonalejší než u pyroxenů.
- Amfiboly jsou středně odolné alteracím a zvětrávání, často jsou zatlačovány slídami, chlority.
- Výskyty magmatické a metamorfované horniny kůry, většinou chudé  $\text{SiO}_2$ .  
V plášti se vyskytuje jen zcela výjimečně.
- Využití: chemické složení amfibolů je indikátorem PT podmínek vzniku a složení mateřských hornin.



**Amfibol čedičový**



**Amfibol, Vlastějovice**



# 1. Inosilikáty - Skupina amfibolů



**Tremolit**



**Antofylit, Heřmanov**



**Amfibol**

# 1. Inosilikáty - Skupina amfibolů



**Tremolit, Olešnice**

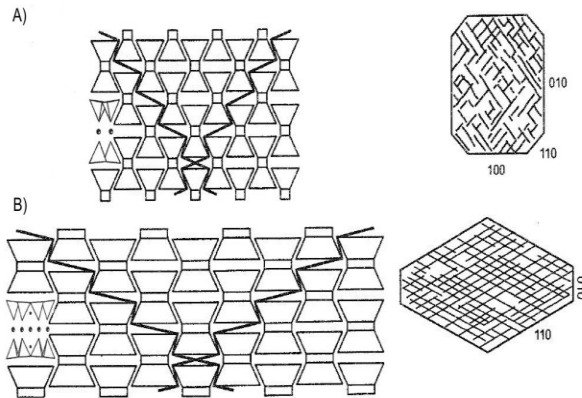
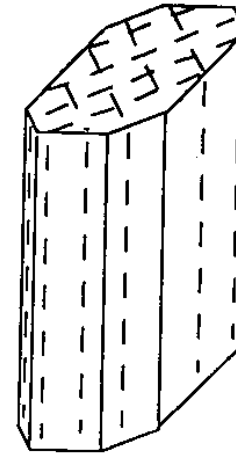


**Aktinolit, Sobotín**



# 1. Inosilikáty - Skupina amfibolu

**Vztah štěpnosti a krystalové struktury u pyroxenů a amfibolů.**



Obr. 9.4.2: Štěpnost pyroxenů (A) a amfibolů (B). Na obr. a) je schematické znázornění struktur s vyznačeným průběhem štěpnosti mezi řetězci, na obr. b) jsou průřezy krystalů s naznačenými štěpnými plochami a úhly mezi nimi. Projekce ve všech případech na (001) (řetězce probíhají kolmo k nákrese)

**Amfibol ve výbruse**



## 2. Fylosilikáty

Velmi významná skupina silikátů, kde jsou tetraedry  $\text{SiO}_4$  propojeny třemi vrcholy do nekonečných rovinných sítí s hexagonální nebo pseudohehexagonální symetrií. Periodicky se opakuje motiv  $\text{Si}_4\text{O}_{10}^{4-}$  resp.  $(\text{Si}_3\text{Al})\text{O}_{10}^{-3}$ . Tyto sítě jsou různě kombinovány s vrstvami oktaedrů a vytvářejí velké množství fylosilikátů typicky s výbornou štěpností podle báze 001.

Hlavní skupiny:

- Skupina slíd
- Skupina kaolinitu a serpentinu
- Skupina chloritů
- Skupina smektitů

Tzv. Jílové minerály, často řazené jako samostatná skupina fylosilikátů, zahrnují minerály s velikostí částic pod 0,01 mm a patří k nim zejména fylosilikáty ze všech vyčleněných skupin, ale také jiné minerály (např. hydroxidy, zeolity).

## 2. Fylosilikáty

- Ve fylosilikátech se vyskytují dva typy střídání vrstev:

### **dvojvrstevné struktury (vzácnější)**

- tetraedrická + oktaedrická vrstva, spojené dohromady společně sdílenými kyslíky

**Příklady:**

kaolinit a serpentin

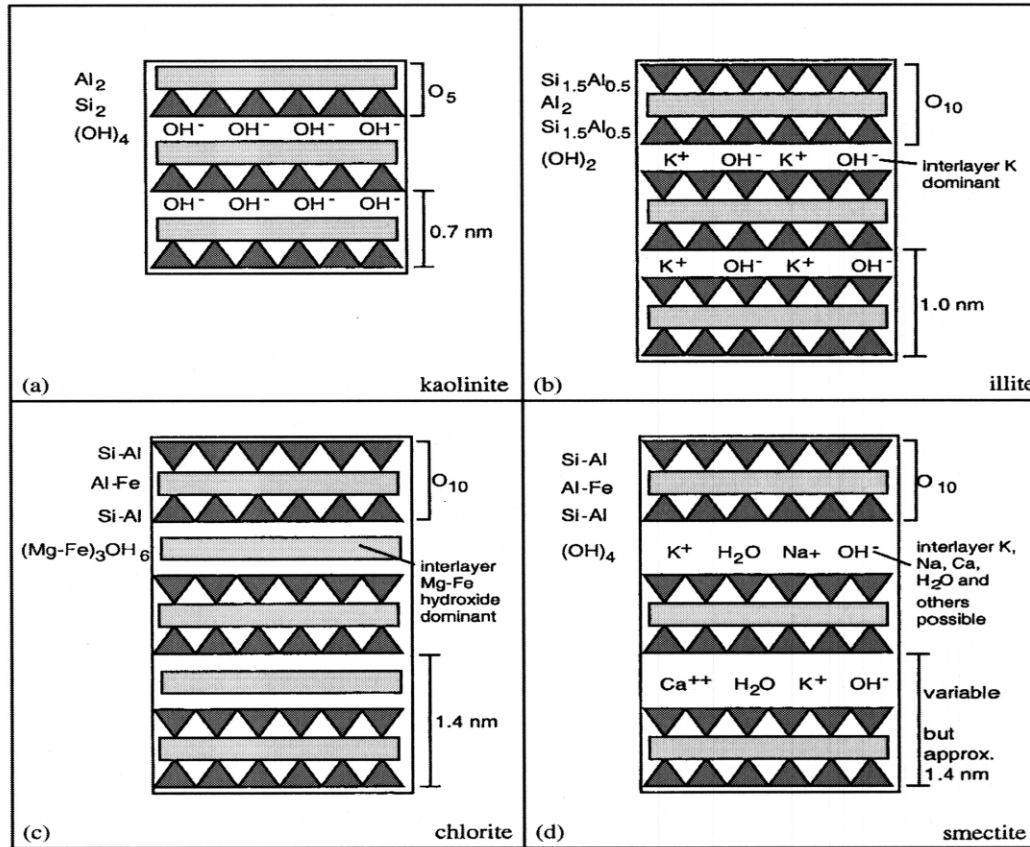
### **trojvrstevné struktury (častější)**

- vrstva oktaedrů, sevřená mezi dvěma vrstvami tetraedrů  $\text{SiO}_4$

**Příklady:**

slídy (muskovit, biotit), chlority, smektity

# 2. Fylosilikáty



## 2. Fylosilikáty

- Dvojvrstevné a trojvrstevné struktury jsou na základě valence kationtů uvnitř oktaedrické vrstvy dále děleny :
  - vrstvy s dvojbaznými kationty (Mg, Fe) se označují jako trioktaedrické, kationty v oktaedrické vrstvě obsazují všechny oktaedrické pozice  
tzv. brucitová vrstva –  $\text{Mg}(\text{OH})_2$   
Příklad biotit (annit)  $\text{K Fe}_3 \text{Al Si}_3 \text{O}_{10} (\text{OH})_2$
  - vrstva s trojbaznými kationty (Al) je označena jako dioktaedrická, jsou obsazeny jen 2 ze 3 oktaedrických pozic (třetí je vakantní)  
tzv. gibbsitová vrstva –  $\text{Al}(\text{OH})_3$   
Příklad muskovit  $\text{K Al}_2 \text{Al Si}_3 \text{O}_{10} (\text{OH})_2$



# 2. Fylosilikáty – skupina slíd

•Obecný vzorec I M<sub>3</sub> T<sub>4</sub> O<sub>10</sub> (OH,F)<sub>2</sub>

I = K, Na, Ca

M = Li, Fe<sup>2+</sup>, Mg, Al, Fe<sup>3+</sup>

T = Si, Al

Vedlejší prvky: Ba, B, Mn, Zn

Nejdůležitější slídy:

Muskovit K Al<sub>2</sub> (Si<sub>3</sub>Al) O<sub>10</sub> (OH)<sub>2</sub>

Illit K<sub>0,7</sub> Al<sub>2</sub> (Si<sub>3</sub>Al) O<sub>10</sub> (OH)<sub>2</sub>

Annit K Fe<sub>3</sub> (Si<sub>3</sub>Al) O<sub>10</sub> (OH,F)<sub>2</sub>

Flogopit K Mg<sub>3</sub> (Si<sub>3</sub>Al) O<sub>10</sub> (OH,F)<sub>2</sub>

Biotit – termín běžně používaný v

petrologii pro tmavé slídy složením mezi annitem a flogopitem

Sericit – jemnozrnná slída blízka muskovitu vznikající alterací

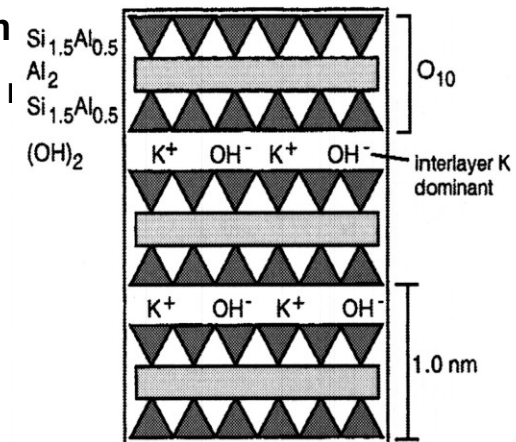
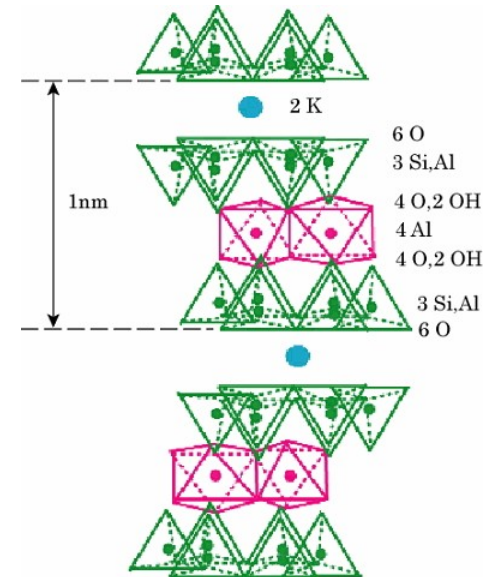
Lepidolit - Li-slídy (trilithionit, polyolithionit, cinvaldit)

Margarit CaAl<sub>2</sub> Al<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>10</sub> (OH)<sub>2</sub> – křehká slída

Slídy jsou většinou monoklinické

•Typické substituce: Mn-Fe<sup>2+</sup>-Mg, Al-Fe<sup>3+</sup>, Si-Al, K-Na

•Mísitelnost mezi jednotlivými členy skupiny slíd je různá, závi (b) podmínkách.



illite

## 2. Fylosilikáty – skupina slíd

### Vlastnosti:

Barva: kolísá u jednotlivých slíd.

Muskovit – světlý, bezbarvý, nazelenalý

Annit - černý

Flogopit – světle hnědý

Biotit – černý až hnědý

Lepidolit – světle fialový, bezbarvý

Výtečně štěpné podle 001, lupínky jsou pružné

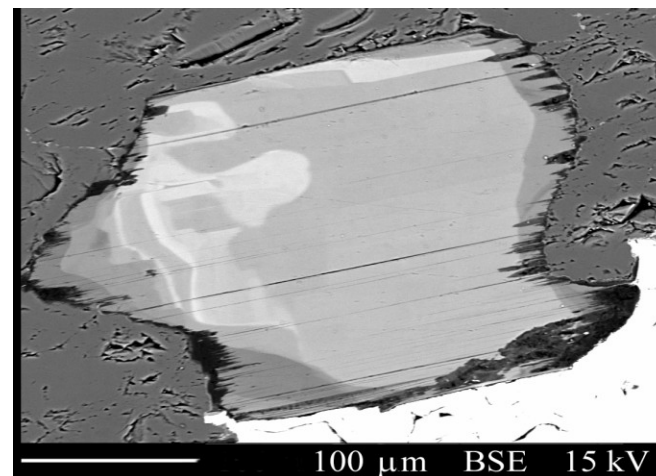
$T = 2,5-4,5$ ,  $h = 2,7-3,3$ .

### Výskyt:

Typické horninotvorné a velmi rozšířené minerály magmatických a metamorfovaných hornin (muskovit, biotit), ale objevují se běžně také v sedimentárních horninách (illit). Li-slídy pocházejí z pegmatitů a greisenů. Slídy vznikají ve velmi širokém rozsahu teplot a tlaků, výjimečně od podmínek zemského pláště (flogopit) až po vulkanické horniny (biotit) a diagenezi (illit).



Muskovit, Bobručka



## 2. Fylosilikáty – skupina slíd



**Flogopit**

**Slídy jsou různě odolné vůči zvětrávání a hydrotermálním alteracím, ale zároveň bývají produktem těchto hydrotermálních alterací, např. muskovit zatlačuje andalusit aj. V sedimentárních horninách jsou stabilní muskovit a hlavně illit, zcela nestabilní je naopak biotit.**



**Lepidolit**

**Využití: chemické složení slíd je výborným indikátorem PT podmínek vzniku a také chemického složení mateřské horniny. Slídy mohou být i zdrojem některých vzácných prvků (Li,Cs).**



## 2. Fylosilikáty – skupina slíd



**Zinnwaldit, Cínovec**





## 2. Fylosilikáty – skupina chloritů

obecný vzorec:  $A_{6-8}Z_4 O_{10} (OH,O)_8$

A = Al, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Li, Mg

Z = Si, Al, B

vedlejší prvky Mn, Ni, Cr

Hlavní minerály

klinochlor            (Mg<sub>5</sub> Al) Si<sub>3</sub> Al O<sub>10</sub> (OH)<sub>8</sub>

chamosit            (Fe<sup>2+</sup><sub>5</sub> Al) Si<sub>3</sub> Al O<sub>10</sub> (OH)<sub>8</sub>

monoklinické a triklinické

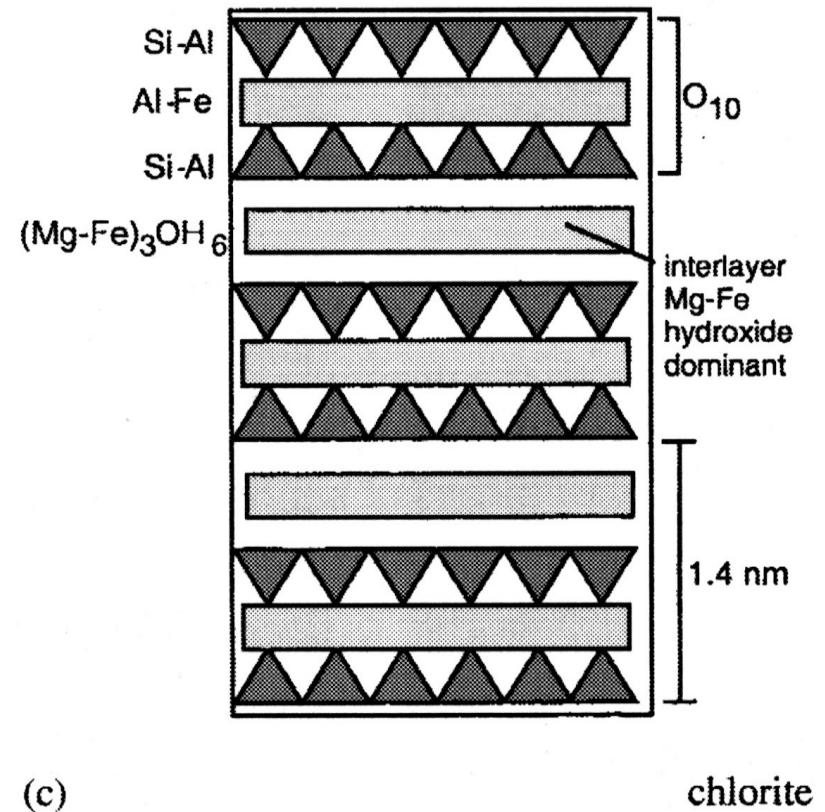
**Vlastnosti:** Barva kolísá u jednotlivých chloritů, nejčastěji zelená s různými odstíny, výtečně štěpné podle 001, lupínky jsou křehké, T = 2,5-3,5, h = 2,6-3,2.

**Výskyt:** Chlority se vyskytují v metamorfovaných horninách nízkého stupně až v sedimentárních horninách a na hydrotermálních žilách různého původu. Chlority nejsou odolné vůči zvětrávání a hydrotermálním alteracím a často jsou produktem těchto alterací, např. chloritizace biotitu.

## 2. Fylosilikáty – skupina chloritů



**Chamosit**



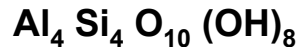
## 2. Fylosilikáty – skupina kaolinitu a serpentinu

obecný vzorec  $M_{6-4} Z_4 O_{10} (OH)_8 \cdot nH_2O$

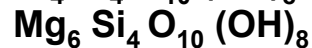
M = Al, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Mg, vakance

Z = Si, Al, Fe<sup>3+</sup>

kaolinit, dickit, nakrit



serpentinu blízke vzorci



antigorit - lupenitý

serpentin

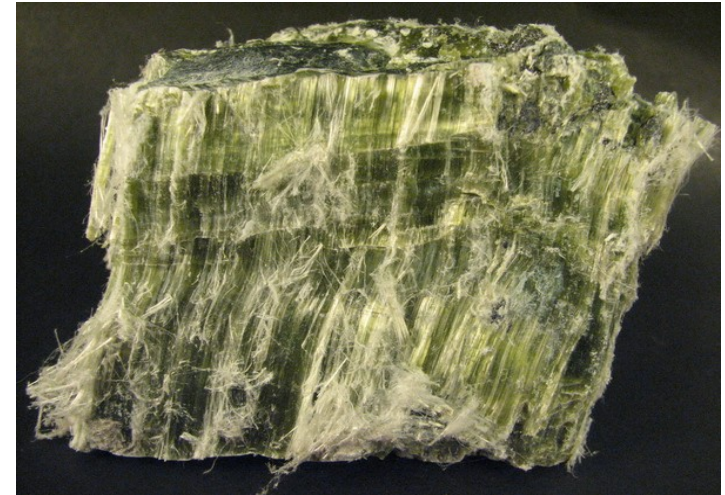
chryzotil - vláknitý

Většinou monoklinické, méně rombické a triklinické.

**Vlastnosti:** Barva kolísá - kaolinit bílý, serpentin zelený s různými odstíny, T = 1-3,5, h = 2,6-3,2. Výtečně štěpné.

**Výskyt:** vznikají přeměnou živců (kaolin) nebo olivínu (serpentin) v ultrabazických horninách při hydrotermálních alteracích nebo až v podmínkách zvětrávání (kaolin).

**Využití:** důležité keramické suroviny, indikátory alterací a zvětrávání.



Serpentin



Kaolinit

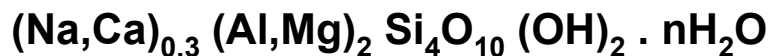


## 2. Fylosilikáty – skupina smektitů

Velmi důležitá skupina minerálů, které tvoří podstatnou část tzv. jílových minerálů. Jejich struktura podobná slídám.

Nejdůležitější minerály:

montmorillonit



nontronit

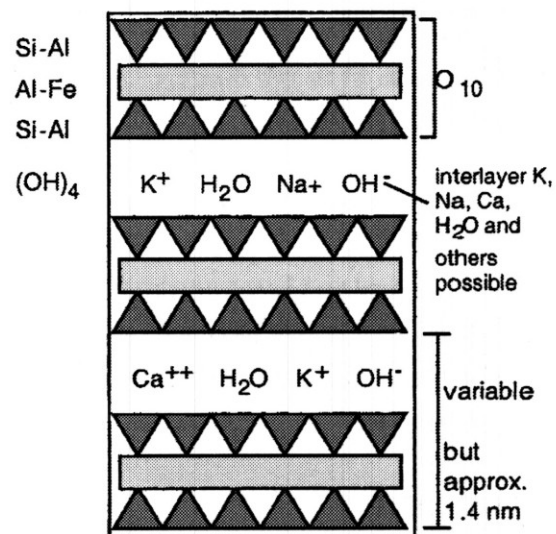


Bentonit – jílovitá hornina s vysokým obsahem smektitů.

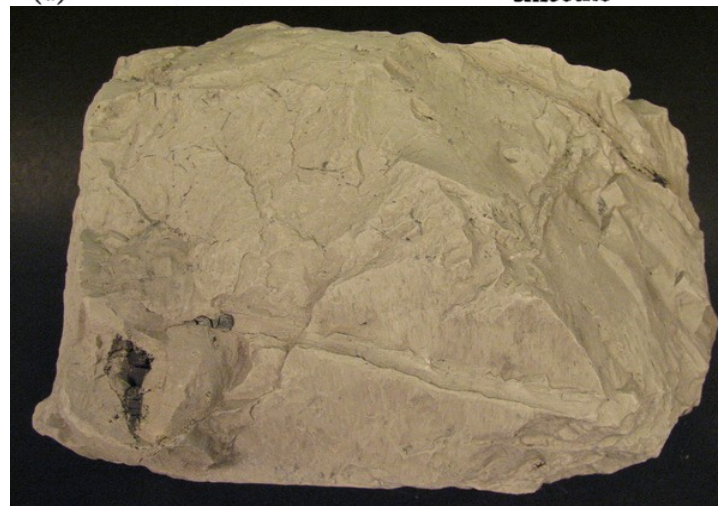
Vlastnosti: barva většinou světlá s různými odstíny, nontronit je zelenožlutý, jemnozrné, T = 1-2, H = 1,7-2,7 podle složení. Typickým znakem je schopnost vázat (absorbovat) do struktury různé látky.

Výskyt. Vznikají větráním nebo nízkoteplotní hydrotermální alterací různých hornin

Využití: velmi důležité keramické suroviny a látky schopné absorbovat.



(d) smectite

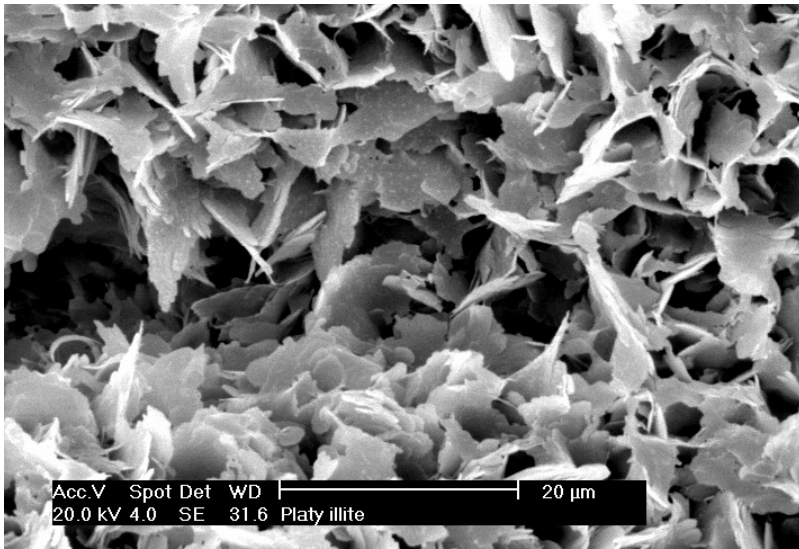


Bentonit

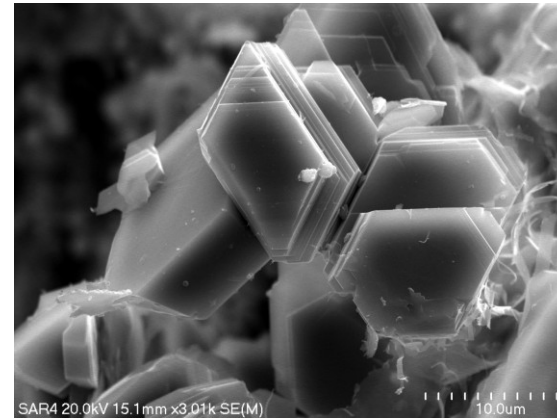


## 2. Fylosilikáty – skupina smektitů

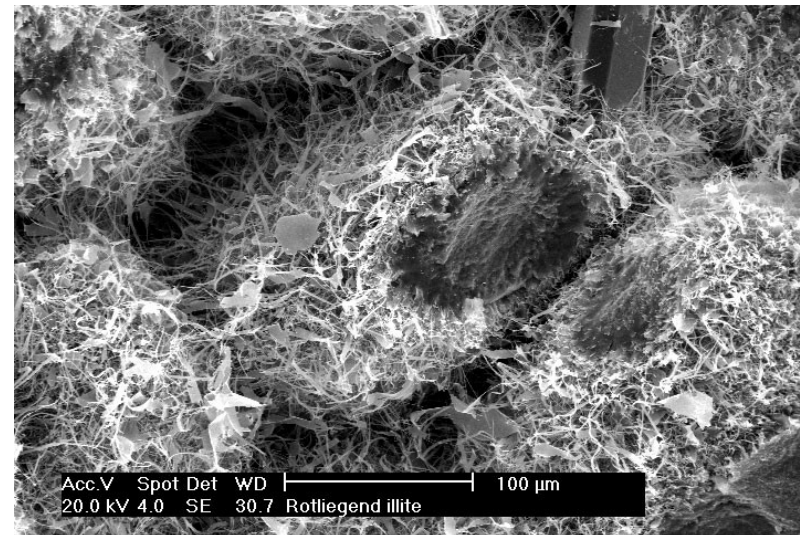
### Příklady jílových minerálů



**Illit**



**Kaolinit**



## 2. Fylosilikáty – další minerály

Mastek  $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

Pyrofy lit  $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

Monoklinické

Strukturně jsou blízké slídám

Vlastnosti:

světlé zbarvení (bílé, nažloutlé,  
nazelenalé), výtečně štěpné podle  
001, T = 1-2, H = 2,8

Jemnozrnné agregáty, vzácně radiálně  
paprsčité (pyrofy lit)

Výskyt: Hojné fylosilikáty vznikající  
během nízkého stupně metamorfózy,  
při nízkoteplotních hydrotermálních  
alteracích a také při zvětrávání.  
Zvětrávání jsou částečně odolné.

Využití: důležité suroviny.



Mastek



Pyrofy lit

# 3. Shrnutí

1. Tato přednáška zahrnuje jen základní přehled hlavních minerálů ze skupiny inosilikátů (amfiboly) a fylosilikátů, ve skutečnosti je v těchto skupinách několik set minerálů.
2. Minerály skupiny amfibolu mají poměrně vysokou tvrdost 5-6, hustota kolísá, většinou je větší než 3. Většina minerálů ze skupiny fylosilikátů má výtečnou štěpnost, naopak u inosilikátů je štěpnost dobrá až výborná.
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. Minerály s vysokým obsahem Fe mají také výrazný pleochroismus.
5. Všechny minerály skupiny amfibolu obsahují H<sub>2</sub>O, ale jen malé množství, fylosilikáty obsahují střední až vysoké množství H<sub>2</sub>O.
6. Většina minerálů skupiny amfibolu a také ze skupiny slíd vzniká za relativně vyšších teplot a tlaků v magmatických a metamorfovaných horninách. Část slíd a většina dalších fylosilikátů vzniká za velmi nízkých teplot v povrchových částech zemské kůry nebo dokonce alterací a zvětráváním jiných minerálů.
7. Jen u malé části minerálů je nutné znát chemické vzorce (tremolit, muskovit, biotit). Je ale nutné znát hlavní prvky jednotlivých minerálů).