

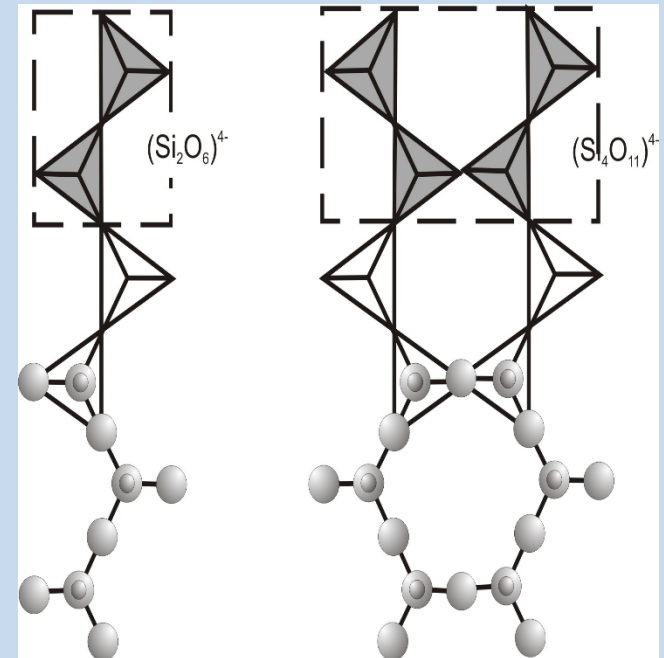
Horninotvorné minerály pro analytické geochemiky

silikáty 2

inosilikáty, fylosilikáty, tektosilikáty

Inosilikáty

- **Velmi důležitá skupina horninotvorných minerálů, v nichž jsou SiO_4 tetraedry uspořádány do nekonečného řetězce orientovaného rovnoběžně s osou z (vertikálou krystalu). Řetězce tetraedrů SiO_4 jsou v pyroxenech jednoduché, v amfibolech dvojité.**
- **Skupina pyroxenů** – jednoduché řetězce
- **Skupina amfibolů** – dvojité řetězce



Inosilikáty - Skupina pyroxenů

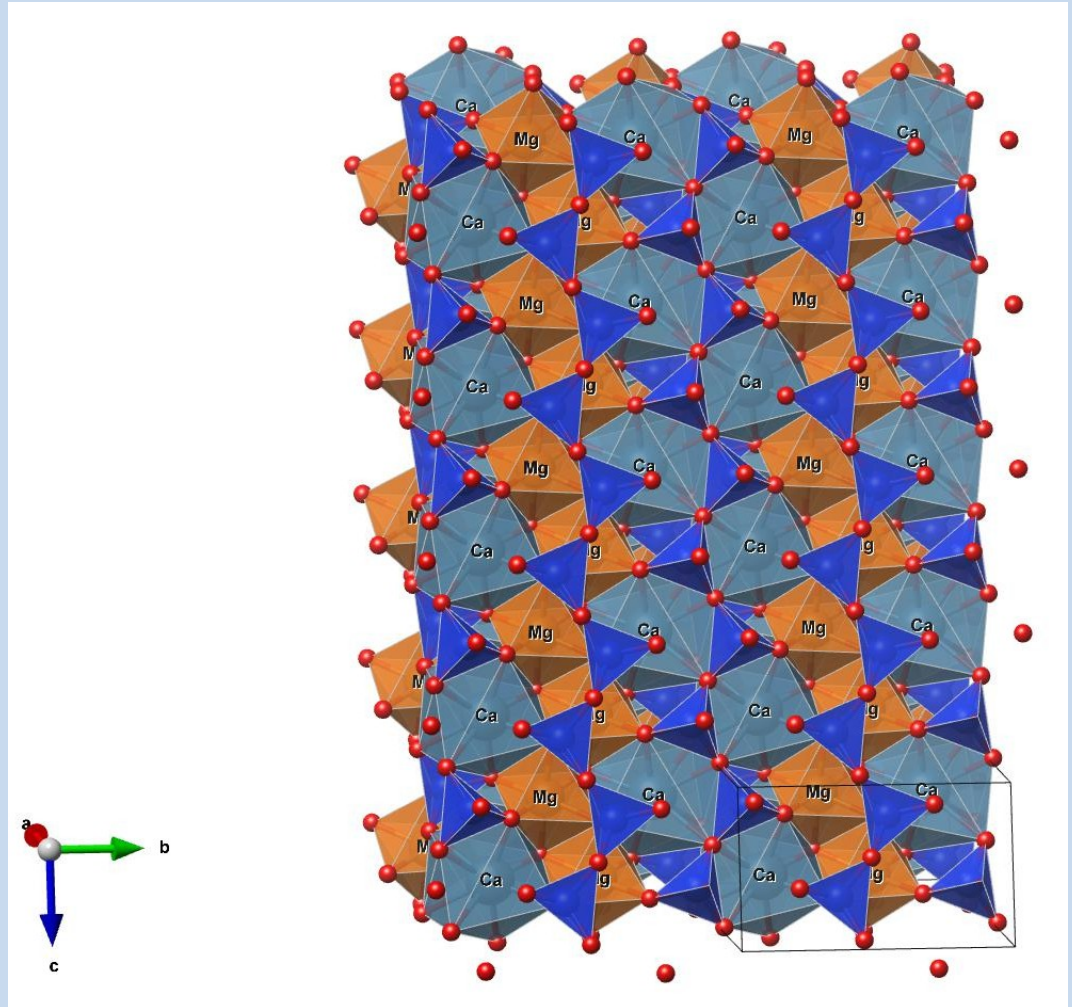
obecný vzorec **M2M1T₂O₆**

oktaedrická pozice M2 = Ca, Na, Mg, Fe²⁺

oktaedrická pozice M1 = Mg, Fe²⁺, Mn, Al, Fe³⁺

tetraedrická pozice T = Si (Al)

krystalová struktura diosidu:



Inosilikáty - Skupina pyroxenů

obecný vzorec $M2M1T_2O_6$

oktaedrická pozice M2 = Ca, Na, Mg, Fe²⁺

oktaedrická pozice M1 = Mg, Fe²⁺, Mn, Al, Fe³⁺

tetraedrická pozice T = Si (Al)

Rhombické – **orthopyroxeny** (Opx)

enstatit $Mg_2Si_2O_6$ (běžnější)

ferrosilite $Fe_2Si_2O_6$

Monoklinické – **klinopyroxeny** (Cpx)

diopsid $CaMgSi_2O_6$

hedenbergit $CaFeSi_2O_6$

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

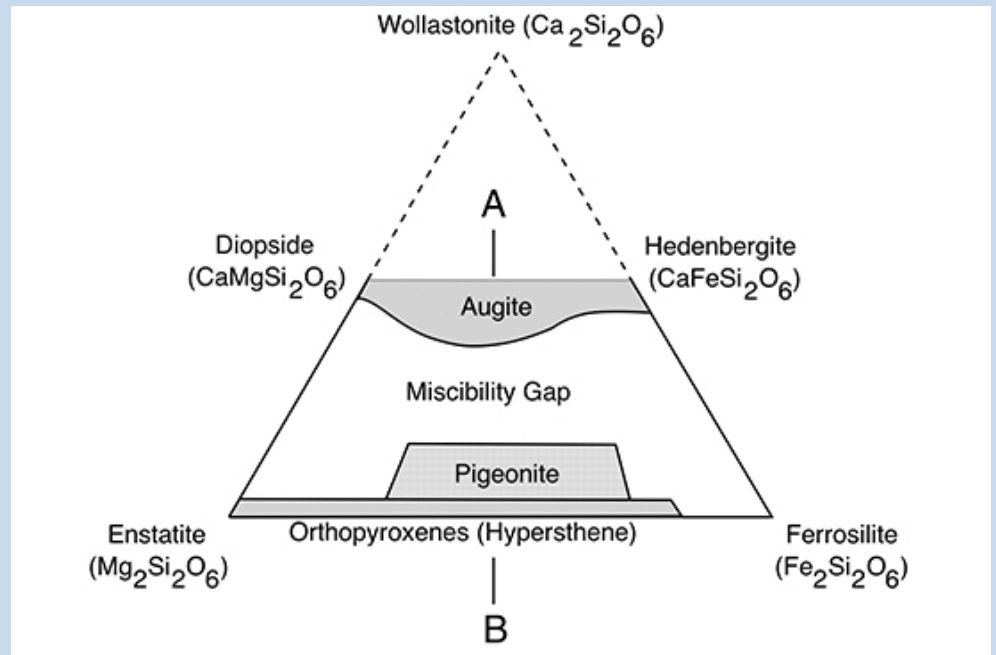
jadeit $NaAlSi_2O_6$

egirin $NaFe^{3+}Si_2O_6$

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

spodumen $LiAlSi_2O_6$

Dnes je známo > pyroxenů



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.

Inosilikáty - Skupina pyroxenů

barva kolísá podle chemického složení

Pyroxeny chudé Fe (enstatit, diopsid, jadeit, spodumen) - bezbarvé, bílé, šedé, žluté, hnědé (hnědobronzové – enstatit)

Pyroxeny bohaté Fe (hedenbergit, augit) tmavě zelené až černé

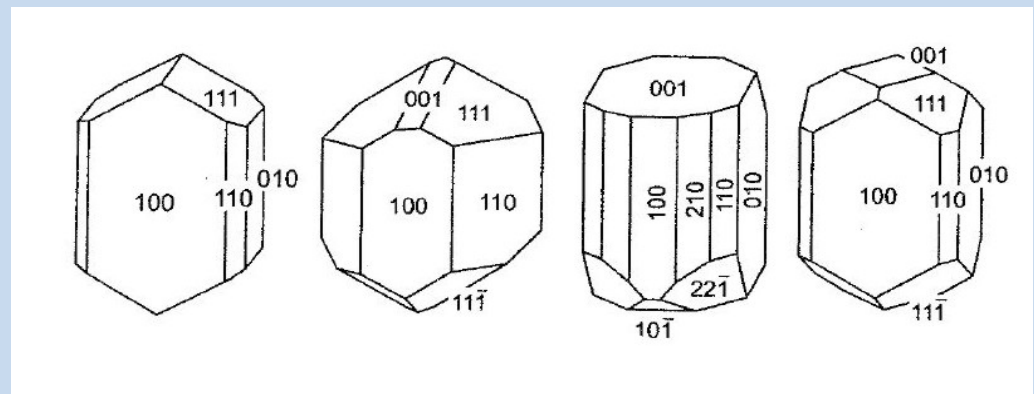
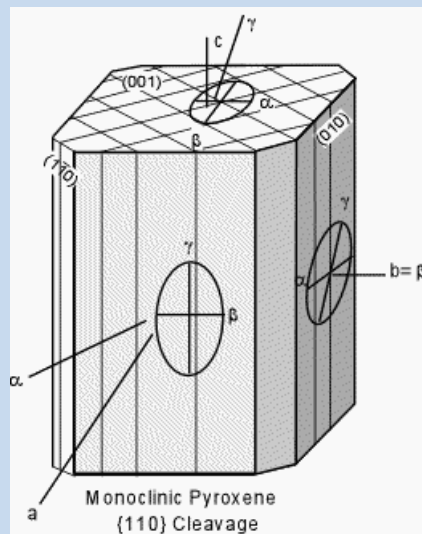
t = 5-6, h = 3-3,5, štěpnost dobrá, 90°

ve výbruse jsou pleochroické

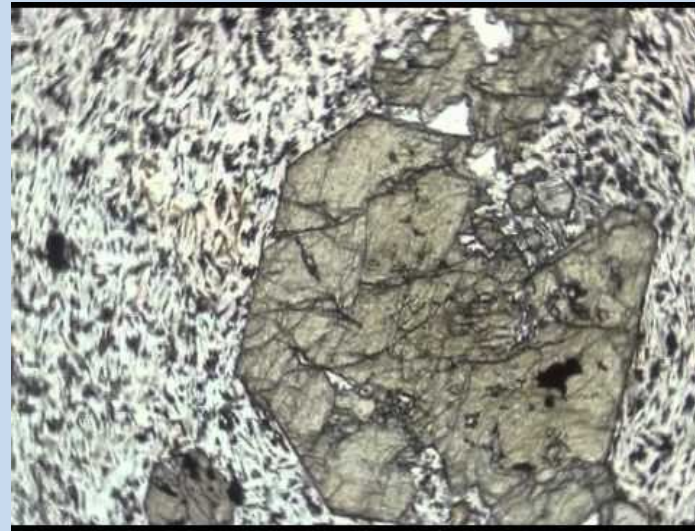
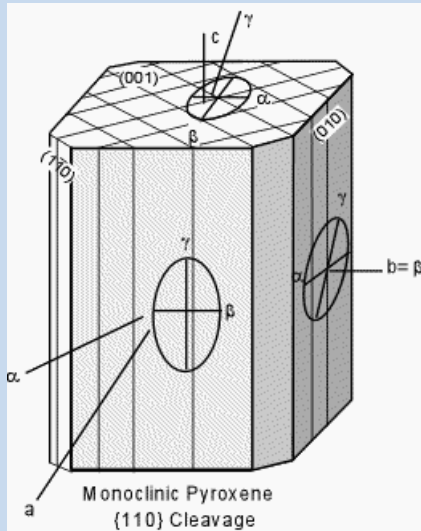
- Pyroxeny nejsou příliš odolné proti alteracím a zvětrávání, často jsou zatlačovány amfibolem, slídami, chlority.
- Využití: chemické složení pyroxenů je indikátorem PT podmínek vzniku a také chemického složení mateřské horniny



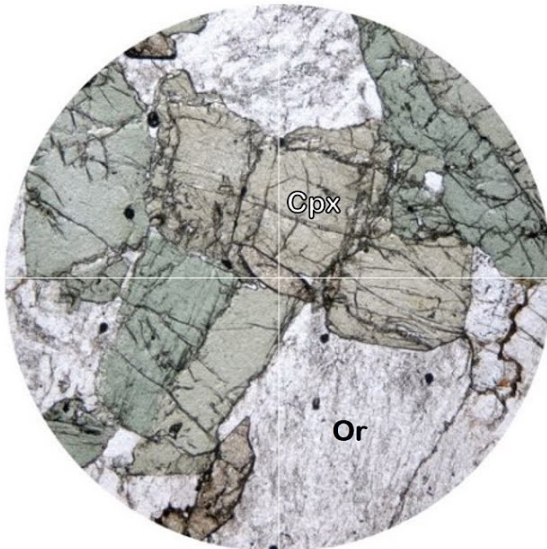
Augit



Pyroxeny ve výbruse

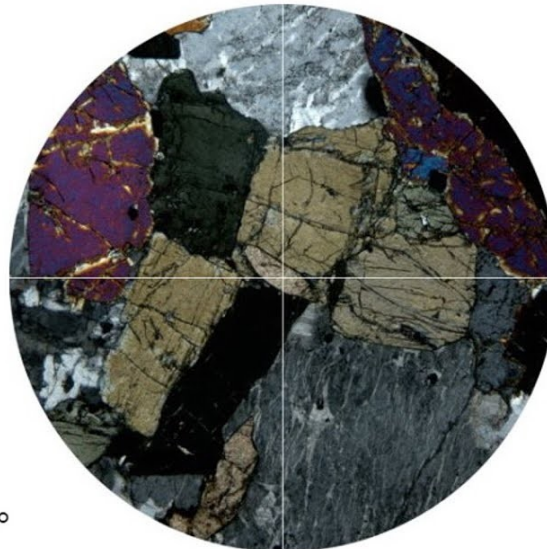


Štěpnost pyroxenu



PPL

0°



XPL

Pyroxen v polarizovaném světle

Inosilikáty - Skupina pyroxenů

Výskyty: magmatické a metamorfované horniny pláště a kůry, většinou chudé SiO_2 .

Rhombické – orthopyroxeny (Opx)

enstatit $\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_6$ (běžnější než ferrosilit) – bazické a ultrabazické magmatické horniny

ferrosilit $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{O}_6$

Monoklinické – klinopyroxeny (Cpx) - hojnější

diopsid $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ nejběžnější Cpx; bazické (gabro, bazalt) a ultrabazické magmatické horniny – lherzolity (peridotity, pyroxenity), mafické granulity

hedenbergit $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$ běžný ve skarnech (metasomatóza)

augit $(\text{Ca}, \text{Mg}, \text{Fe}^{2+}, \text{Al})\text{Si}_2\text{O}_6$ - bazické výlevné (bazalt) magmatické horniny

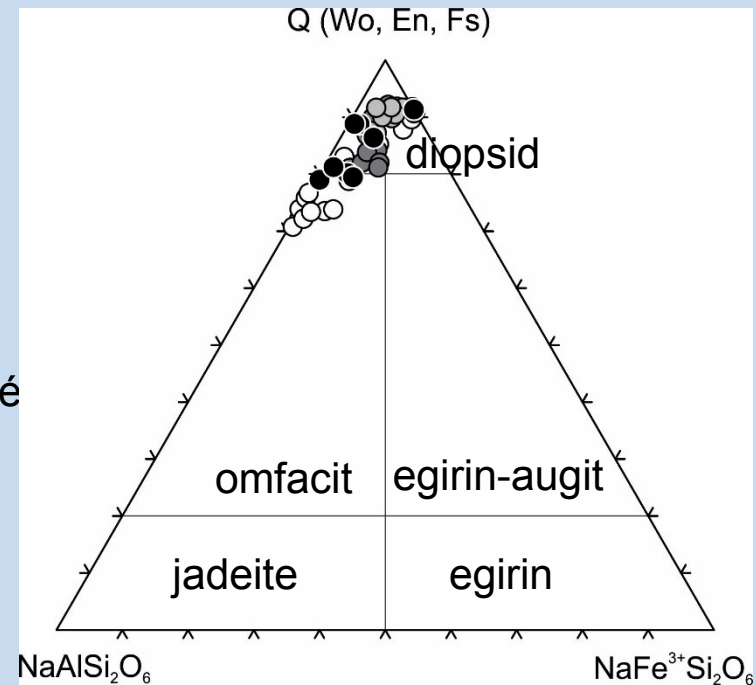
jadeit $\text{NaAlSi}_2\text{O}_6$ vysokotlaká metamorfóza

egirin $\text{NaFe}^{3+}\text{Si}_2\text{O}_6$ alkalické magmatické horniny

omfacit $(\text{Na}, \text{Ca})(\text{Mg}, \text{Al})\text{Si}_2\text{O}_6$ eklogity; směs diopsidu a jadeitu (neexistuje jako minerál)

spodumen $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ - Litné pegmatity

diopsid z peridotitů a omfacit z eklogitů



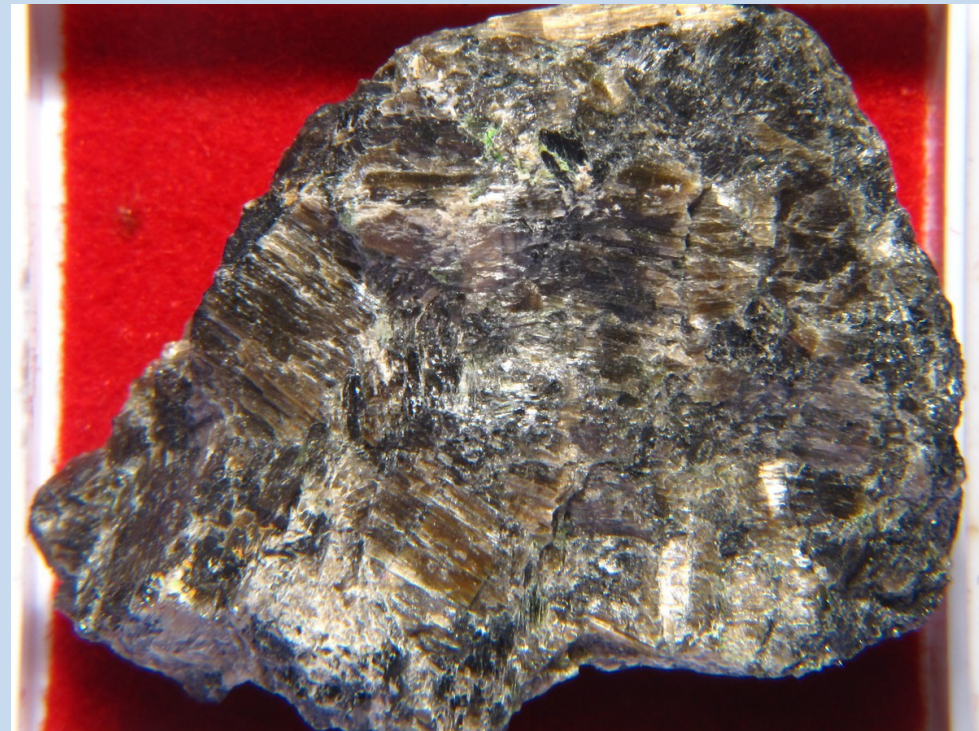
Inosilikáty - Skupina pyroxenů



Hedenbergit (černý), Vlastějovice, skarn



**Spodumen (bílý až
nažloutlý) z pegmatitu**

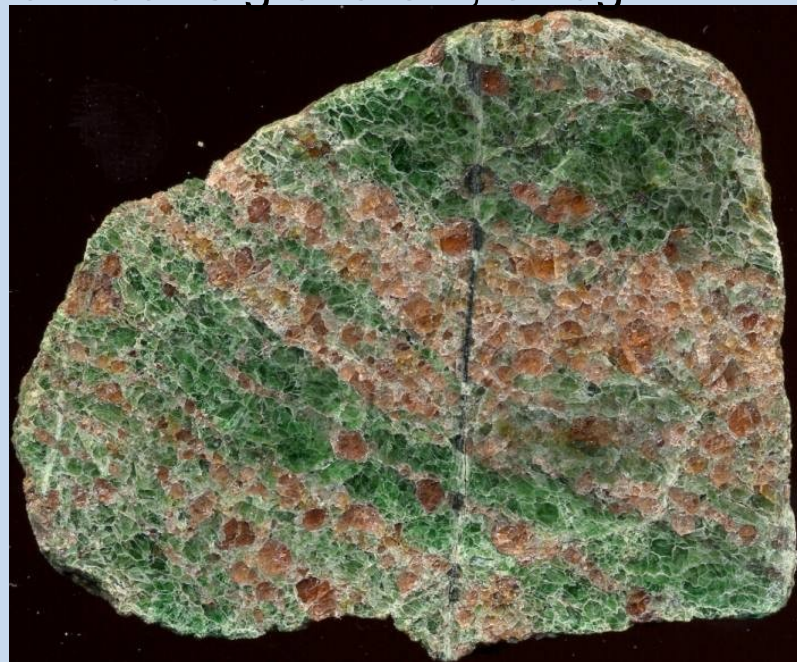


**Enstatit (hnědobronzový),
Kraubath, Rakousko**



diopsid

omfacit s granátem, eklogit



egirin



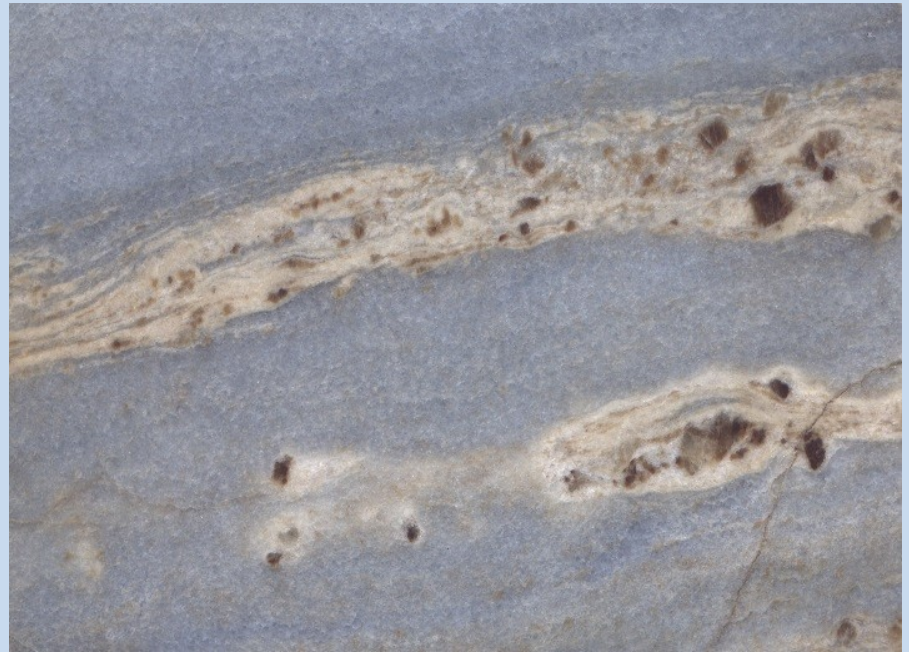
Inosilikáty - pyroxenoidy

Minerály velmi blízké pyroxenům.

Wollastonit - CaSiO_3 - bílý, z kontaktů mramorů s granity (triklinický, monoklinický)



Wollastonit



Wollastonit, vesuvian, Nedvědicke mramory (modrý kalcit)

Inosilikáty - Skupina amfibolů

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

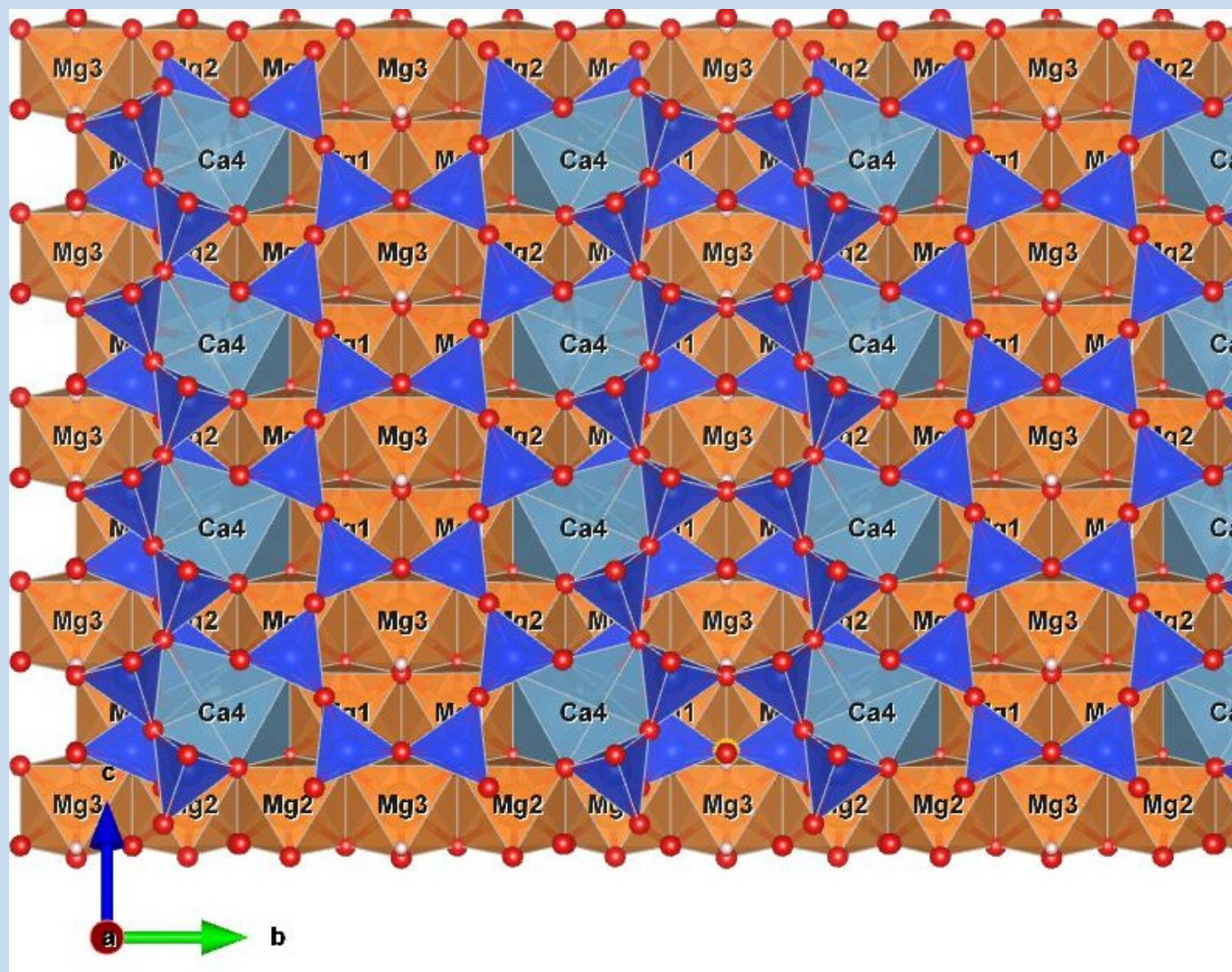
A = Na, Ca, vakance

B = Ca, Mg

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

T = Si, Al

vedle OH, F i Cl či O



Inosilikáty - Skupina amfibolů

- obecný vzorec: $AB_2C_5T_8O_{22}(OH,F)_2$ - 60 amfibolů

A = Na, Ca, vakance

B = Ca, Mg

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

T = Si, Al

Další kationy, aniony Mn, Cr, Li, Ti, Cl.

Mg-Fe-Mn amfiboly

rombické/monoklinické - bazické magmatity, peridotity

antofylit/cummingtonit $\square Mg_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$

ferroantofylit/grunerit $\square Fe_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$

Ca amfiboly

tremolit $Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$ - mramory, skarny

ferroaktinolit $Ca_2Fe_5Si_8O_{22}(OH)_2$ - zelené břidlice

magnesiohornblend/ferrohornblend - bazické magmatity, amfibolity

$Ca_2[(Fe,Mg)_4Al](AlSi_7O_{22})(OH)_2$

pargasit

$NaCa_2Mg_4AlSi_6Al_2O_{22}(OH)_2$ - alkalické magmatity, peridotity

Na-Ca amfiboly

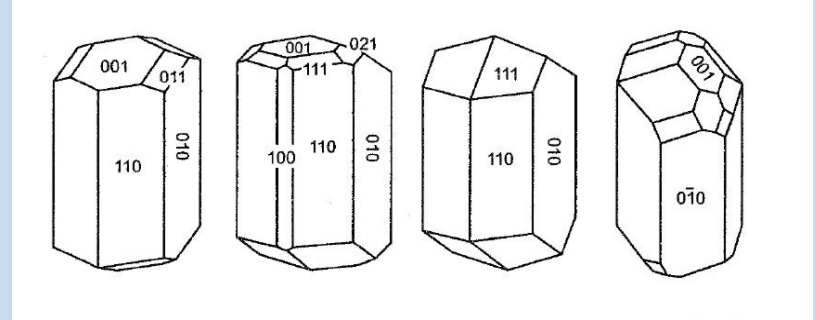
Na amfiboly

glaukofan

$Na_2Mg_3Al_2Si_8O_{22}(OH)_2$ - alkalické magmatity, modré břidlice

Li amfiboly

holmquistit



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°
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.
- Využití: chemické složení amfibolů je indikátorem PT podmínek vzniku a složení mateřských hornin.



Amfibol v čediči



ferroaktinolit



hornblend, skarny

Inosilikáty - Skupina amfibolů



Tremolit



Tremolit, mramor, Olešnice



Vláknitý amfibol (riebeckit)-azbest



Antofylit, metasomatóza Grt v peridotitu, Heřmanov

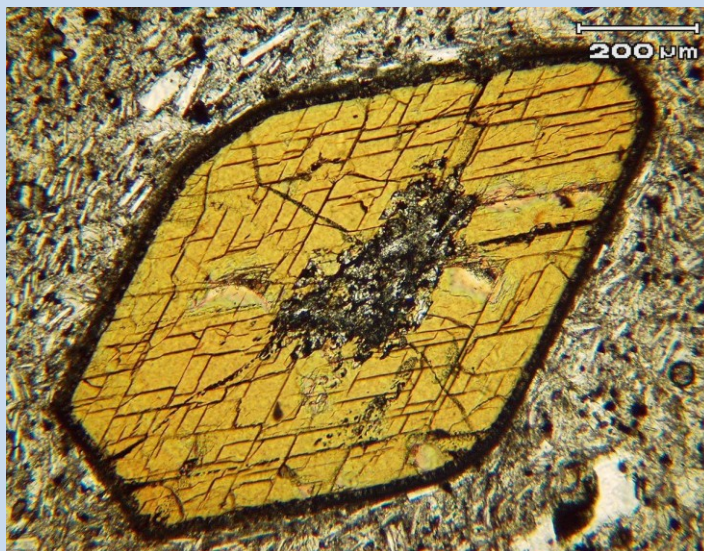
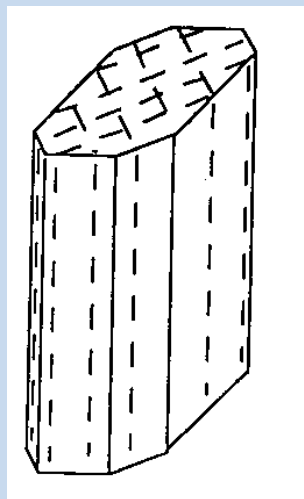
Inosilikáty - Skupina amfibolu

Vztah štěpnosti a krystalové struktury u amfibolů

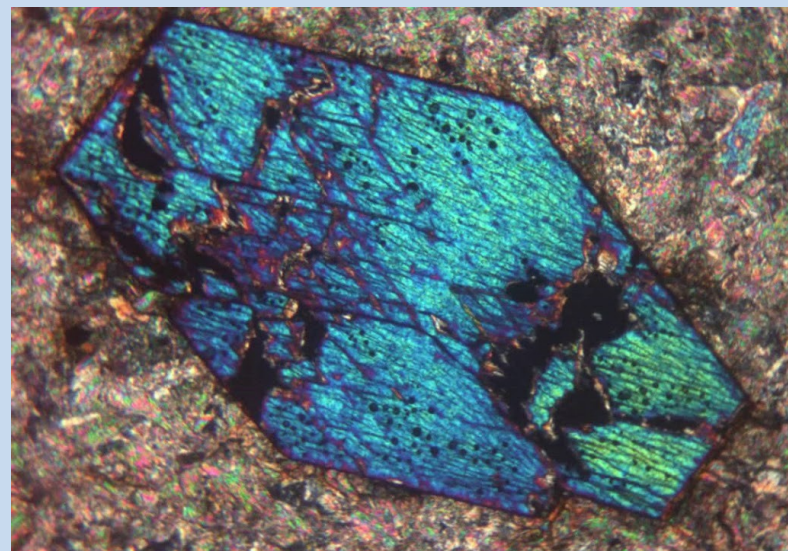
Štěpnost pod úhlem 60/120°

Výrazný zelený až hnědý pleochroismus

Amfibol ve výbruse



PPL



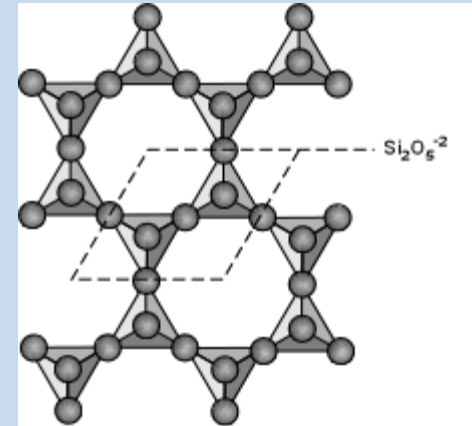
XPL

Fylosilikáty

Velmi významná skupina silikátů, kde jsou tetraedry SiO_4 propojeny třemi vrcholy do nekonečných rovinných sítí s hexagonální nebo pseudo-hexagonální 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).

Fylosilikáty

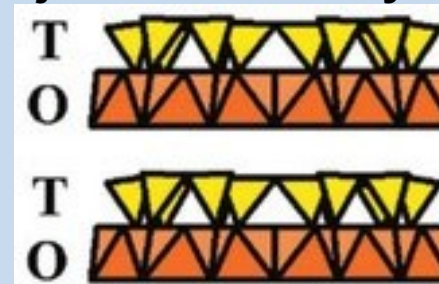
- Ve fylosilikátech se vyskytují dva typy střídání vrstev:

dvojrstevné struktury (vzácnější)

- tetraedrická + oktaedrická vrstva, spojené dohromady společně sdílenými kyslíky

Příklady:

skupina kaolinitu a serpentinu

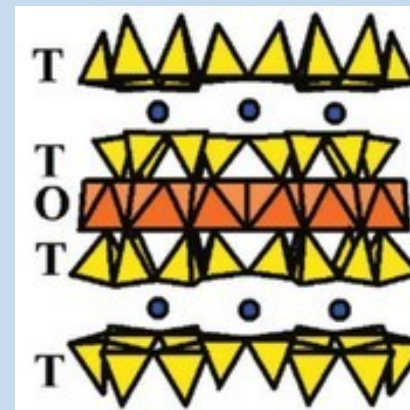


trojvrstevné struktury (častější)

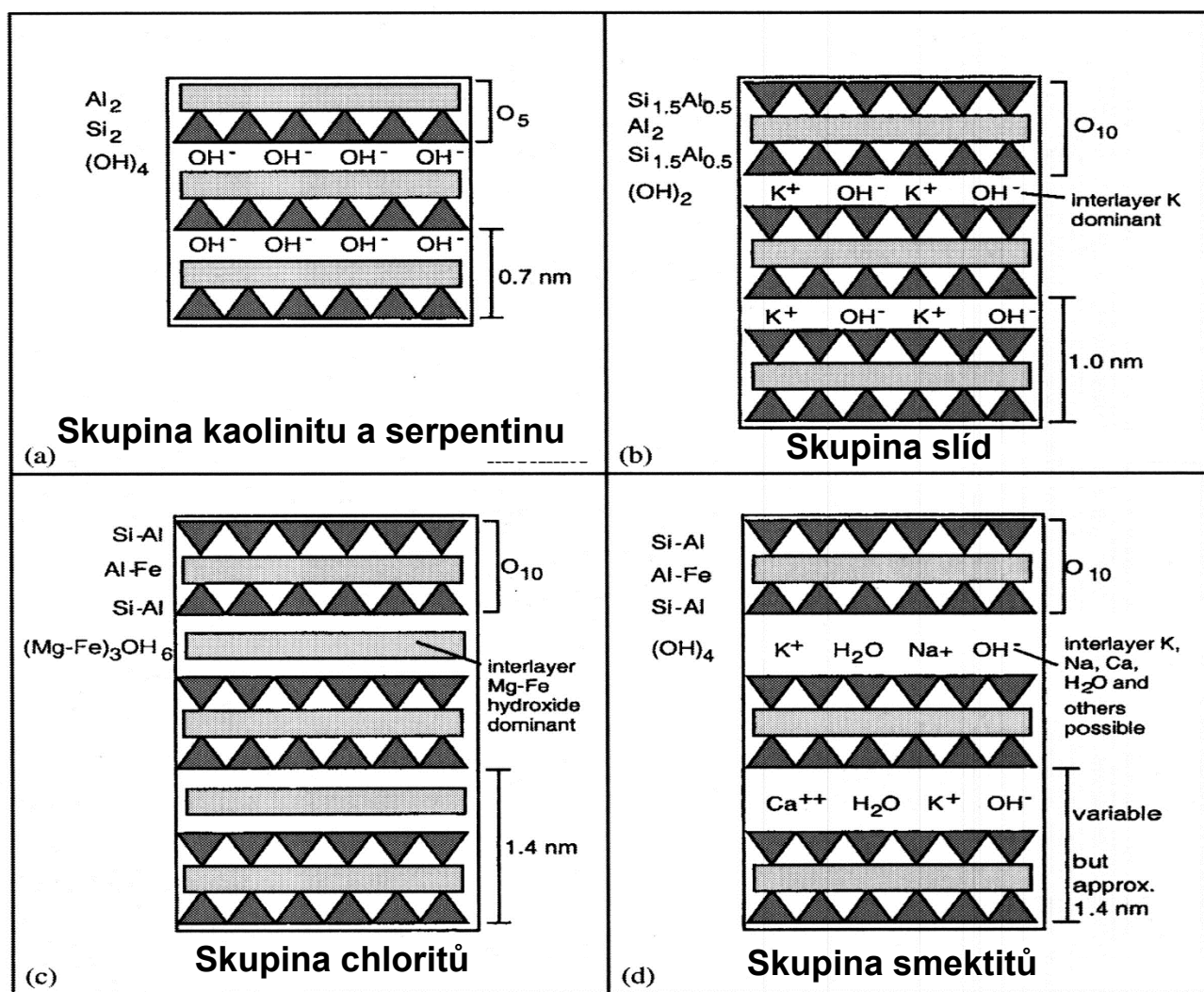
- vrstva oktaedrů, sevřená mezi dvěma vrstvami tetraedrů SiO_4

Příklady:

skupina slíd, chloritů, smektitů



Fylosilikáty



Fylosilikáty

- na základě valence kationtů uvnitř oktaedrické vrstvy jsou **dále děleny**:
 - **vrstvy s dvojhvalentními kationty** (Mg, Fe) se označují jako **trioktaedrické**, kationty **v oktaedrické vrstvě obsazují všechny tři oktaedrické pozice**
tzv. brucitová vrstva – $\text{Mg}(\text{OH})_2$
Příklad slída biotit (annit) $\text{K Fe}_3 \text{Si}_3 \text{Al O}_{10} (\text{OH})_2$
 - **vrstva s trojhvalentními 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 slída muskovit $\text{K Al}_2 \text{Si}_3 \text{Al O}_{10} (\text{OH})_2$

Fylosilikáty – skupina slíd

Obecný vzorec $I M_3 T_4 O_{10} (OH, F)_2$

I = K, Na, Ca, Ba

M = Li, Fe²⁺, Mg, Al, Fe³⁺, Cr

T = Si, Al

Vedlejší prvky: B, Mn, Zn, Sr, Rb, Cs

Nejdůležitější slídy:

Muskovit $K Al_2 (Si_3Al) O_{10} (OH)_2$

Illit $K_{0,7} Al_2 (Si_3Al) O_{10} (OH)_2$ sedimenty, diagenese - krystalinita illitu – stanovení T

Annit $K Fe_3 (Si_3Al) O_{10} (OH, F)_2$

Flogopit $K Mg_3 (Si_3Al) O_{10} (OH, F)_2$, plášťové peridotity, kimberlity

Biotit – termín používaný v petrologii pro tmavé slídy složením mezi annitem a flogopitem.

Typické horninotvorné a velmi rozšířené minerály magmatických a metamorfovaných hornin (muskovit, biotit)

Lepidolit - Li-slídy (trilithionit, polyolithionit) – litné pegmatity, greiseny

Aluminoseladonit $K AlMg Si_4O_{10} (OH, F)_2$

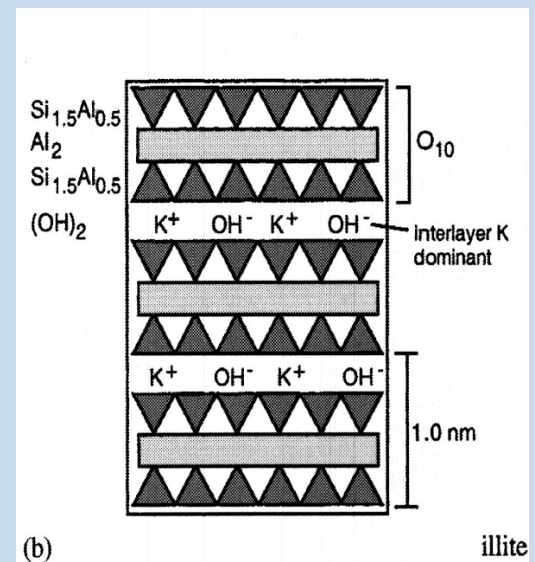
Ferroaluminoseladonit $K AlFe Si_4O_{10} (OH, F)_2$ – metapelity, granulity – vysoký metamorfní stupeň (tzv. fengitické slídy – aluminoseladonit, ferroaluminoseladonit)

Paragonit $NaAl_2 AlSi_3O_{10} (OH)_2$ – metamorfované pelity na highP/lowT dráze – subdukce; často spolu s chloritoidem a glaukofánem (chloritoidové a modré břidlice)

Margarit $CaAl_2 Al_2Si_2O_{10} (OH)_2$ – křehká slída

Kinoshitalit $BaMg_3 Al_2Si_2O_{10} (OH)_2$ křehká slída; mramory, metasomatizované peridotity

Mísitelnost výraznější v rámci trioktaedrických nebo dioktaedrických.



Fylosilikáty – skupina slíd

Vlastnosti:

Barva: kolísá u jednotlivých slíd.

Muskovit – světlý, bezbarvý, nazelenalý

Annit - černý

Flogopit – světle hnědý

Biotit – černý až hnědý

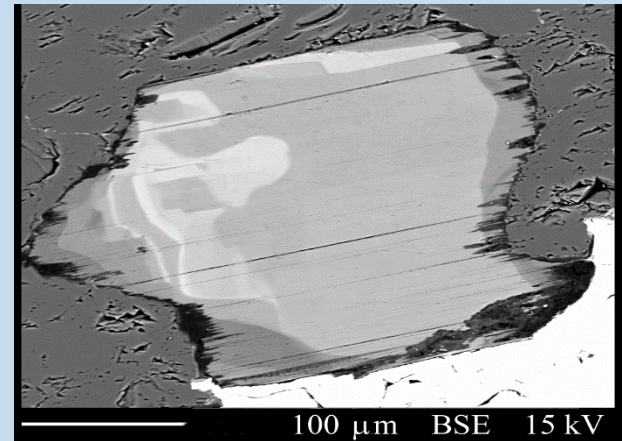
Lepidolit – světle fialový, bezbarvý, zelený

Výtečně štěpné podle 001, lupínky jsou pružné

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



Muskovit, Bobruvka



BSE – slída, zonální, štěpná



Cinvaldit, Cínovec

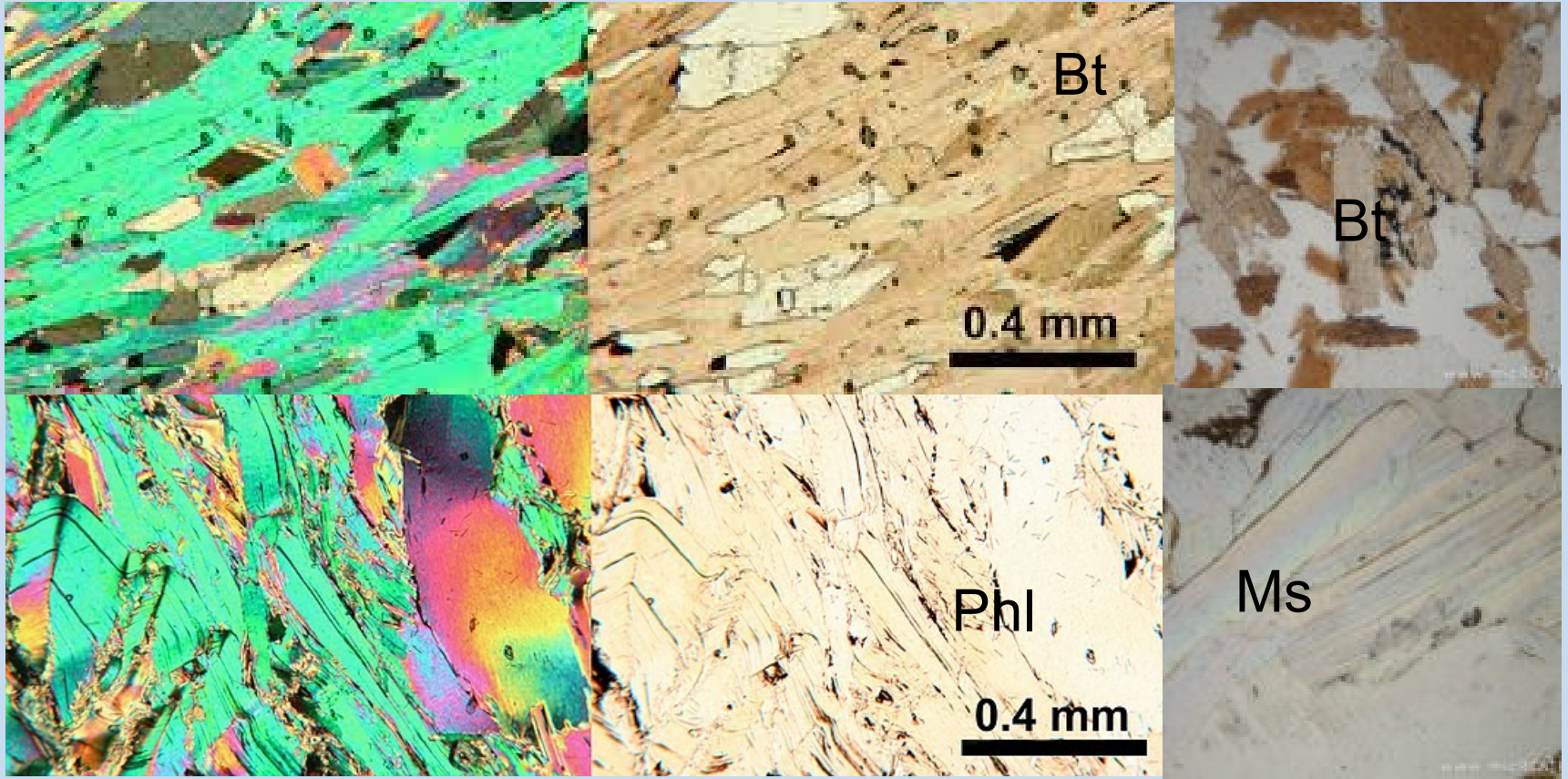


muskovit



biotit

Slídy ve výbruse



XPL

PPL

PPL

biotit výrazně pleochroický

Fylosilikáty – skupina slíd

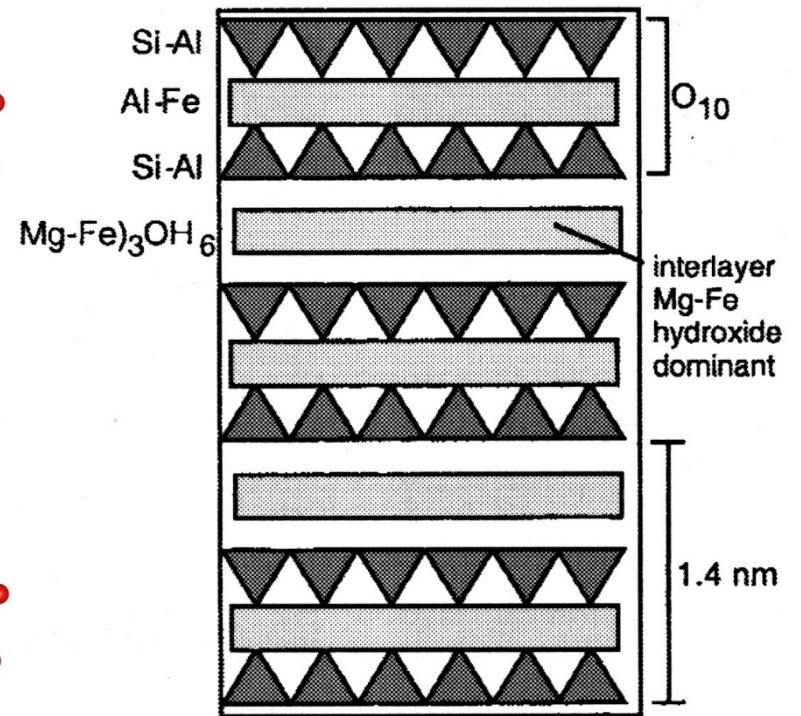
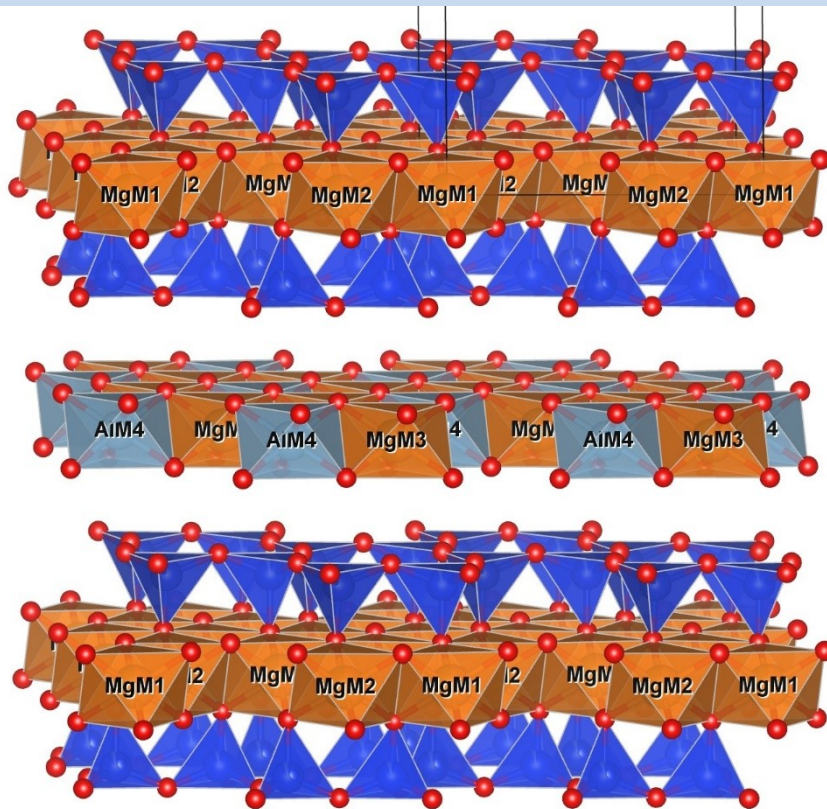
Slídy jsou různě odolné vůči zvětrávání a hydrotermálním alteracím, ale zároveň bývají produktem těchto hydrotermálních alterací, např. muskovit zatlačuje andalusit aj. V sedimentárních horninách jsou stabilní muskovit a hlavně illit, zcela nestabilní je naopak biotit.

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).

Fylosilikáty – skupina chloritů

- obecný vzorec: $A_{6-8}Z_4O_{10}(OH,O)_8$
 $A = Al, Fe^{2+}, Fe^{3+}, Li, Mg$
 $Z = Si, Al, B$
vedlejší prvky Mn, Ni, Cr



(c)

chlorite

Fylosilikáty – skupina chloritů

- obecný vzorec: $A_{6-8}Z_4 O_{10} (OH,O)_8$
A = Al, Fe²⁺, Fe³⁺, **Li**, Mg
Z = Si, Al, B
vedlejší prvky Mn, **Ni**, **Cr**

Hlavní minerály

klinochlor $(Mg_5 Al) Si_3 Al O_{10} (OH)_8$

chamosit $(Fe^{2+}_5 Al) Si_3 Al O_{10} (OH)_8$

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 (metapelity i metabazika, metaultrabazika)** 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**.



chamosit, Nučice



klinochlor



Chlorit, anatas, Mirošov,

(c) Radek Kummer

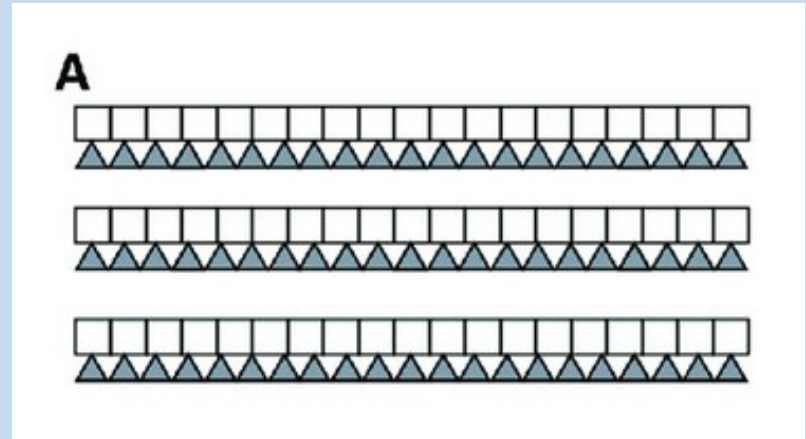
Fylosilikáty – skupina kaolinitu a serpentinu

obecný vzorec $M_{6-4} Z_4 O_{10} (OH)_8$
M = Al, Fe²⁺, Fe³⁺, Mg, vakance
Z = Si, Al, Fe³⁺

dioktaedrické

kaolinit $Al_4 Si_4 O_{10} (OH)_8$

kaolin- kaolinitem bohaté hornina



vznikají přeměnou živců při zvětrávání magmatických (granitu), některých živci bohatých arkóz.

trioktaedrické

serpentin $Mg_6 Si_4 O_{10} (OH)_8$

antigorit – lupenitý

lizardit – lupenitý, kompaktní

chryzotil – vláknitý

Většinou monoklinické, méně rombické a triklinické.

vznikají přeměnou olivínu a ortopyroxenu (serpentin) v ultrabazických horninách při hydrotermálních alteracích a zvětrávání.

Fylosilikáty – skupina kaolinitu a serpentinu

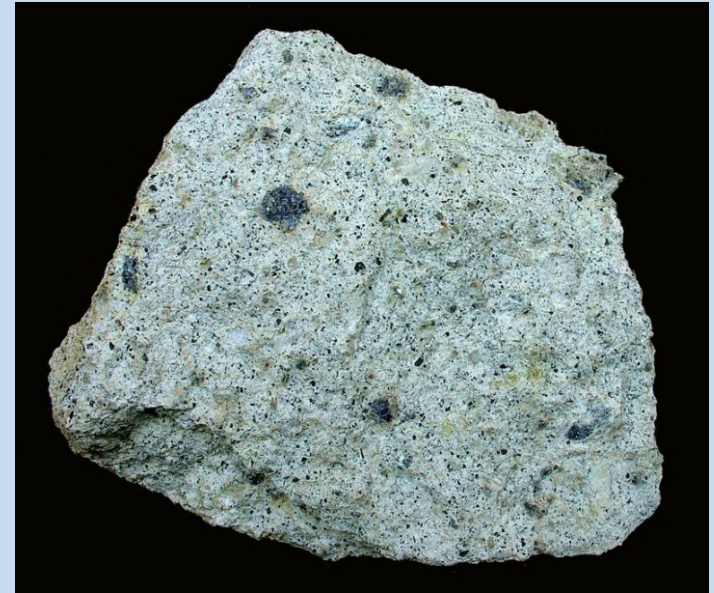
Barva kolísá - **kaolinit bílý**,
serpentin zelený s různými odstíny,

$T = 1-3,5$, $h = 2,6-3,2$.

Využití: důležité keramické suroviny,
indikátory alterací a zvětrávání.



Kaolinit, SEM



Serpentin



Kaolinit, Chlumčany

Fylosilikáty – skupina kaolinitu a serpentinu



chryzotil



antigorit



lizardit

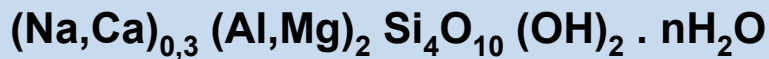
Fylosilikáty – skupina smektitů

Velmi důležitá skupina minerálů, které tvoří **podstatnou část tzv. jílových minerálů**. Jejich struktura podobná slídám (v mezivrstevních prostorech je mimo OH, K, Na i H₂O).

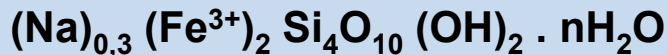
Bentonit – jílovitá hornina s vysokým obsahem smektitů.

Nejdůležitější minerály:

montmorillonit



nontronit

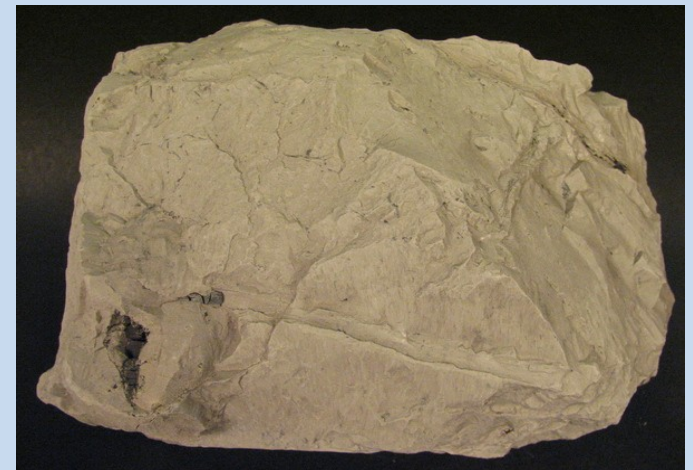
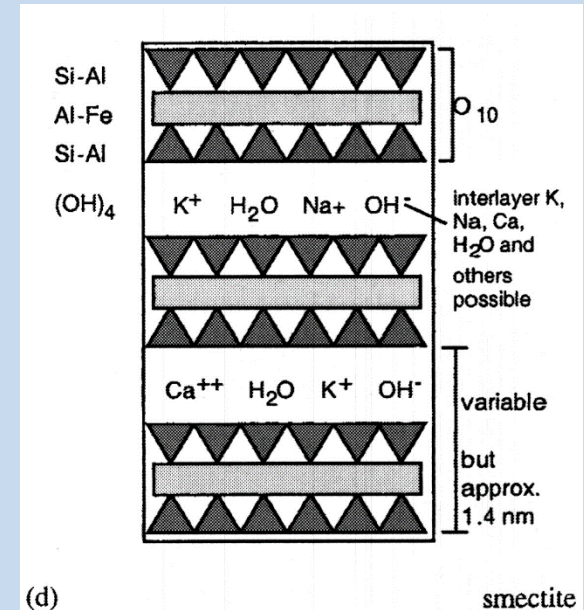


Obsah vody variabilní a i toušťka mezivrstvy

Vlastnosti: barva většinou světlá až zelenožlutá, jemnozrnné, T = 1-2, H = 1,7-2,7 Typickým znakem je schopnost vázat (absorbovat) do struktury různé látky (do mezivrstevního prostoru).

Výskyt. Vznikají větráním nebo nízkoteplotní hydrotermální alterací různých hornin

Využití: velmi důležité keramické suroviny a látky schopné absorbovat (budování geochemických bariér – absorpce iontů; lékařství – smekta).



Bentonit

Fylosilikáty – další minerály

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

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

Monoklinické

Strukturně jsou blízké slídkám

Vlastnosti:

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

Jemnozrnné agregáty, vzácně radiálně paprscité
(pyrofylit)

Výskyt: Hojné fylosilikáty vznikající během
nízkého stupně metamorfózy, při
nizkoteplotních **hydrotermálních alteraci**
(často v metamorfovaných ultrabazikách)

Využití: mastek- **žáruvzdorný materiál**, farmacie
(**plnidlo**), leštidlo, **psací potřeby**, dýmky

Pyrofylit-žáruvzdorné materiály



Mastek

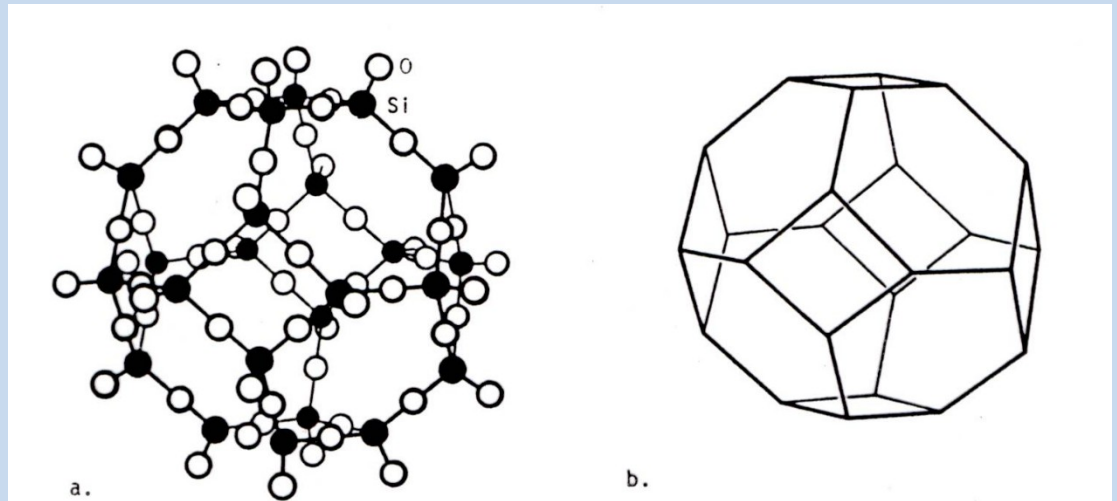


Pyrofylit

Tektosilikáty

Významná skupina silikátů s trojrozměrným skeletem tetraedrů SiO_4 , které jsou vzájemně propojeny všemi rohovými kyslíky. Do dutin pak vstupují většinou relativně velké kationy (Na, Ca, K), popř. H_2O a jiné aniony.

- Skupina živců
- Skupina foidů
- Skupina zeolitů



Struktura tektosilikátu - zeolit

Tektosilikáty – skupina živců

Důležitá skupina tektosilikátů, které patří mezi nejrozšířenější minerály v zemské kůře. Jsou podstatnými minerály většiny vyvřelých hornin a obvykle jsou hojné v mnoha metamorfovaných i sedimentárních horninách.

- **Obecný vzorec AT_4O_8**

A = Na, K, Ca,

T1 = Al

T2 = Si, Al

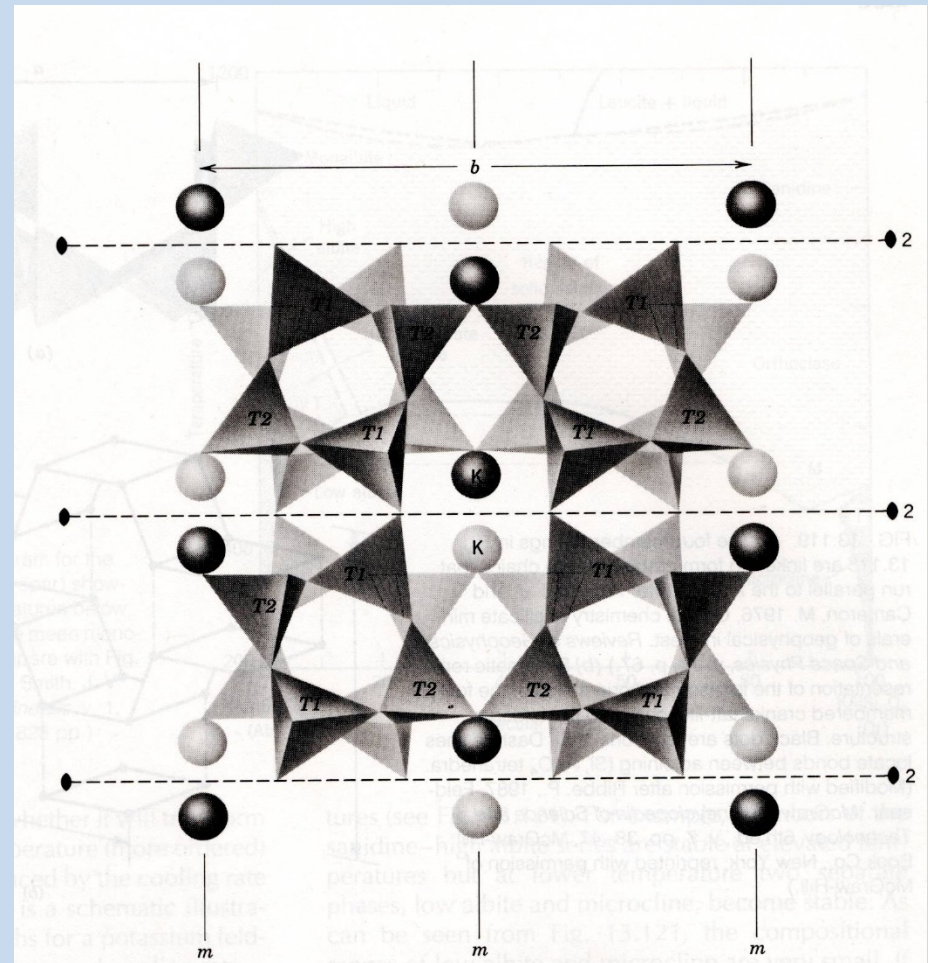
minoritní Ba, Rb, Cs, Sr, Pb, P

Typické substituce:

Na-K, Ca-Ba, Al-Fe³⁺, NaSi - CaAl



Granit s K-živcem a plagioklasem



Tektosilikáty – skupina živců

- **Draselné živce:** $KAlSi_3O_8$
sanidin (K+Na)
Ortoklas
Mikroclin
- Symetrie struktur a uspořádanost $KAlSi_3O_8$
- **Vysokoteplotní** živce jsou **monoklinické** –**sanidin**- stabilní nad 1000 °C) – struktury jsou **neuspořádané** (distribuce kationtů Al a Si je nahodilá).
- **S ochlazením** dochází v tetraedrických polohách T1 a T2 k **uspořádání** Al a Si a to je příčinou **poklesu symetrie na triklinickou** (mikroclin).
- **Částečně uspořádanou** strukturu má **ortoklas**, tato struktura je stále ještě monoklinická (vzniká pomalým ochlazením pod 800 °C)
- Dalším ochlazením (pod 600 °C) vzniká úplně **uspořádaný** K-živec **mikroclin** (triklinický), má již pravidelně uspořádané Al a Si v tetraedrických polohách.

Tektosilikáty – skupina živců

Hlavní minerály:

- **Draselné živce:** $KAlSi_3O_8$
sanidin (K+Na) – vysokoteplotní, kyselé až intermediální vulkanické horniny, často výrostlice
Ortoklas – kyselé až intermediální magamtické h. metamorfované h.
Mikroklin - kyselé až intermediální magamtické h. metamorfované h.

- **Sodnovápenaté živce - plagioklasy:**

Albit $NaAlSi_3O_8$

Anortit $CaAl_2Si_2O_8$

Jednotlivé členy (**albit**, oligoklas, andezín, labradorit, bytownit, **anortit**)

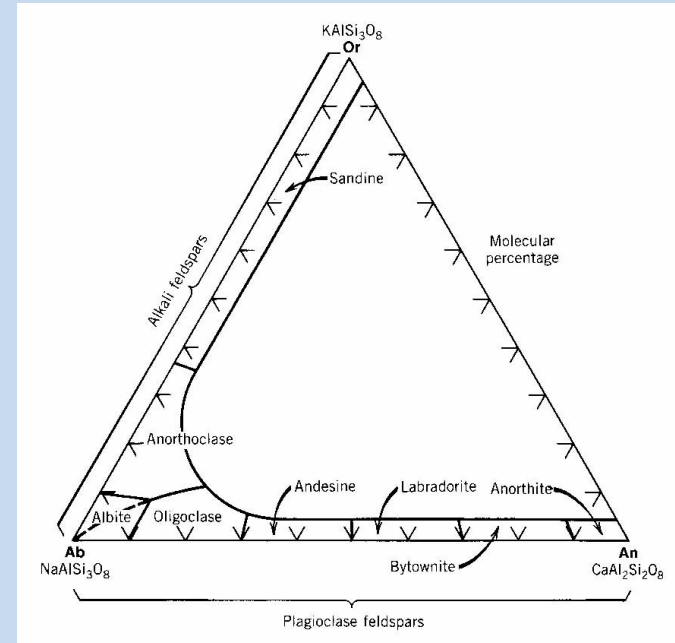
Plagioklas – magmatické horniny (kyselé až bazické) a metamorfované horniny (metapelitey i metabazika)
(slabá metamorfóza – albit; silnější met. – plagioklasy Na-Ca)

(obsah An komponenty roste s bazicitou magmatických hornin)

Existuje neomezená mísitelnost mezi Ab a An, omezená mezi K-živci a albitem a K-živci a anortitem.
Mísitelnost klesá s teplotou.

Perthit – odmíšené albity v K-živci. (vysokoteplotní původně) – magmatické horniny (Pl a perthitické Kfs) a granulity (jen tzv. mesoperthit)

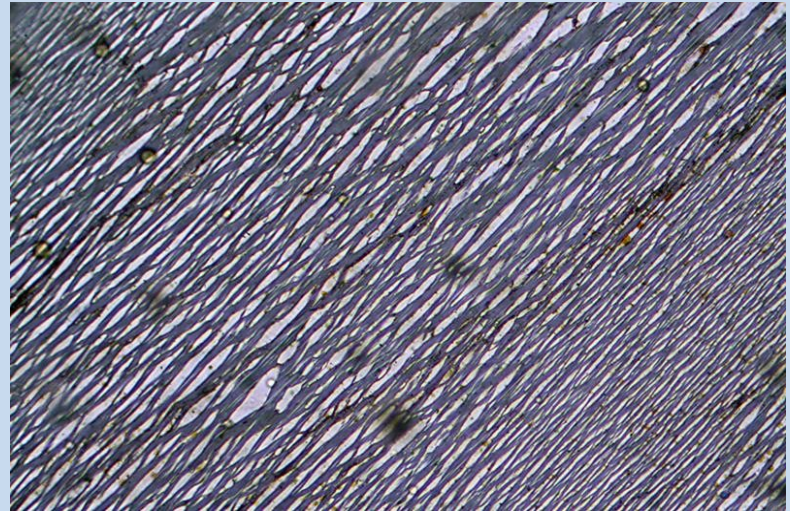
Barnaté živce: **Celsian** $BaAl_2Si_2O_8$; **Hyalofan** (K,Ba)



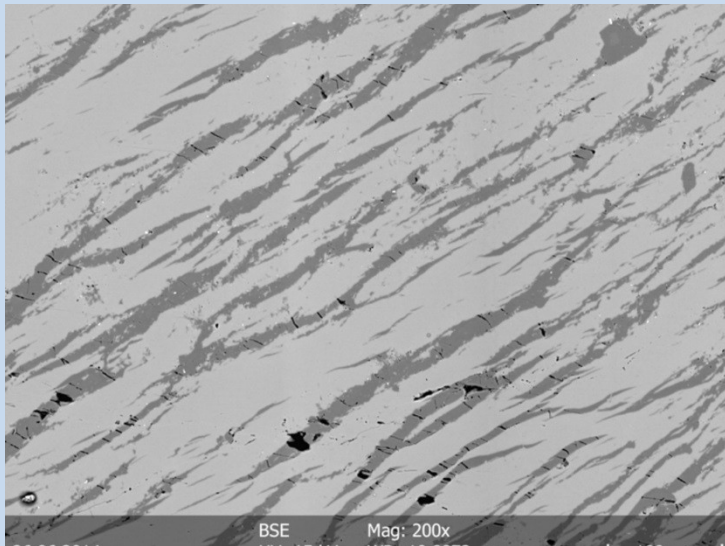
Pertit-odmíšený albit v K-živci



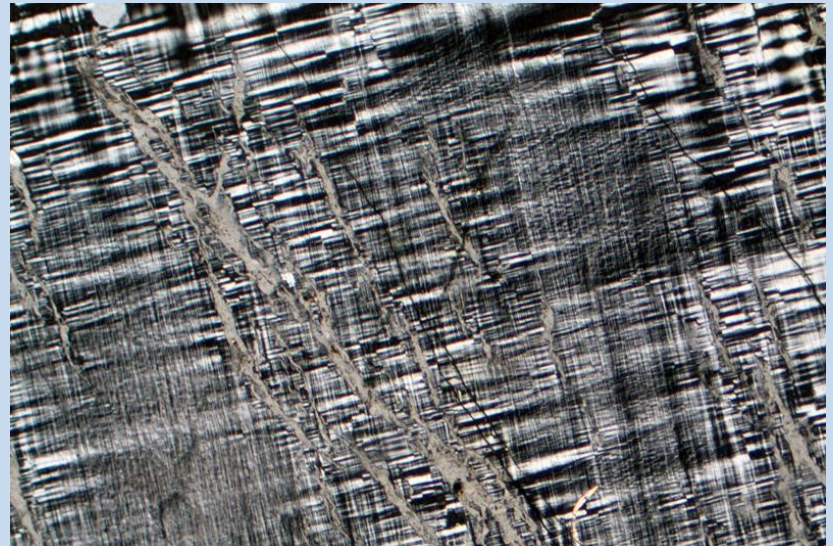
pertit-ortoklas makrofoto



pertit-ortoklas foto z polariz. mik.



pertit-ortoklas foto z el. mik.



pertit-mikroclin foto z polariz. mik.

Tektosilikáty – skupina živců

Vlastnosti:

Barva: bílá, většinou světlá s různými odstíny, zelená (pegmatity) i narůžovělá (K-živce)

$T = 6-6,5$, $h = 2.6-2.8$, Ba-živce mají vyšší hustotu.
Dobře až dokonale štěpné.

Nejrozšířenější horninotvorné minerály

V pegmatitech tvoří až několik m velké krystaly.

Často také dochází k vzájemnému zatlačování živců, např. K-živce albitem nebo Ca-plagioklas albitem.

Živce jsou většinou málo odolné proti hydrotermálním alteracím a zvětrávání. Podléhají **kaolinizaci a sericitizaci, epidotizaci**.

Využití: důležitá **keramická surovina**.

Jejich chemické složení odráží chemické složení horniny a je důležité pro odhad **PT** podmínek a pro geochemické interpretace.

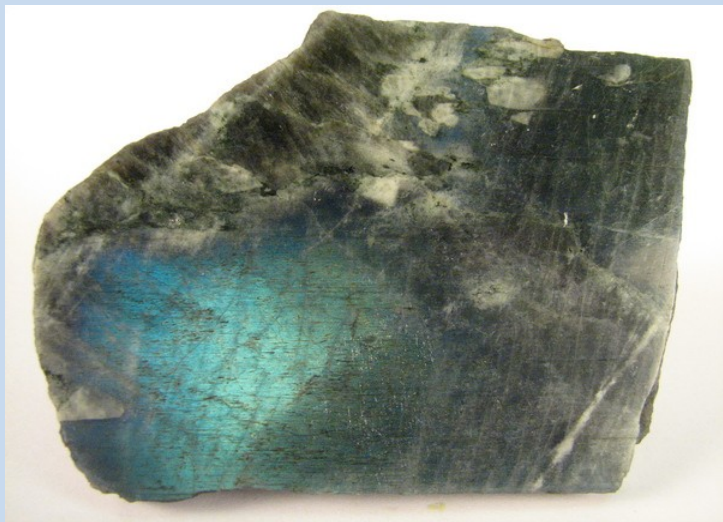


Amazonit



Albit, Dolní Bory

Tektosilikáty – skupina živců



Labradorit, anorthosit, magmatická hornina (tvořená výhradně krystaly Pl)



K-živec, Vlastějovice



Durbachit (syenit)

Tektosilikáty – skupina foidů

- Zastupují živce v magmatických horninách s deficitem SiO_2 a proto jsou označovány také jako „Zástupci živců“. Jejich struktury sestávají z trojrozměrné sítě tetraedrů, které jsou obsazeny ionty Si^{4+} a Al^{3+} až od poměru 1:1 (v nefelínu $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$). Do jejich struktur ale často vstupují i další anionty, např. S , Cl , CO_3 .

- Nejdůležitější foidy:

nefelín	$(\text{Na},\text{K})\text{AlSi}_3\text{O}_8$	hexagonální
sodalit	$\text{Na}_8\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{24}\text{Cl}_2$	kubický

Vlastnosti:

zrnité agregáty podobné živcům,

některé foidy ale mají pestré zbarvení, např.

sodalit je jasně modrý, $T = 5-6$, $H = 2,6-2,8$,

většinou dobře štěpné.

Nefelín

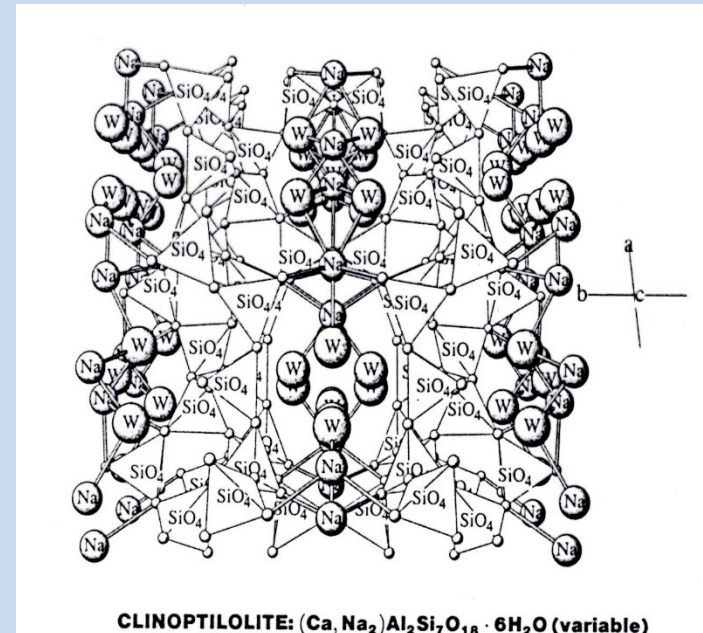
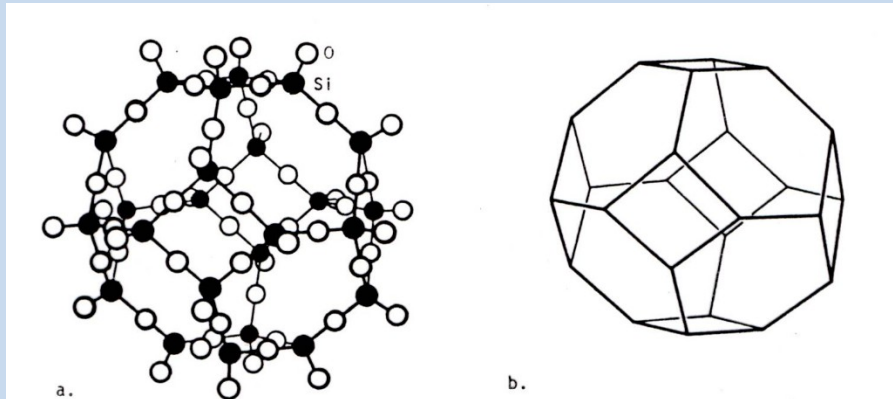


Výskyty: Většina foidů je svým výskytem omezena na **alkalické magmatické horniny, ve kterých není přítomen křemen**, vyskytují se buď současně s alkalickými živci, nebo bez nich (při větším deficitu SiO_2). Podléhají hydrotermálním alteracím.

Využití: důležité geologické indikátory **nízké aktivity Si v horninách**.

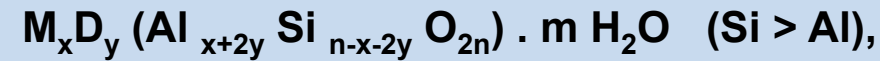
Tektosilikáty – skupina zeolitů

- Skupina minerálů, které mají specifickou strukturu a z ní odvozené **specifické fyzikální a chemické vlastnosti**. Zeolity mají strukturou složenou ze vzájemně propojených tetraedrů. Tato struktura je **prostorově uspořádaná tak, že obsahuje otevřené prostory ve formě kanálů nebo dutin**. Ty jsou obvykle **vyplněny H₂O nebo kationy, které jsou vyměnitelné**. Kanály jsou natolik velké, že umožňují i průchod příbuzných látek bez porušení struktury.



Tektosilikáty – skupina zeolitů

Obecný vzorec zeolitů



x a y se mohou rovnat

M = jednovalentní kationy (Na, K)

D = dvojvalentní kationy (Ca, Mg, Ba)

Al Si

aniony v kanálech

H₂O

Typické substituce:

CaAl – NaSi, 2Na - Ca□



Analcim

Důležité zeolity:

natrolit, stilbit, heulandit, laumontit, harmotom, analcim, leucit

Vlastnosti:

převážné bílé až bezbarvé, T = 3-4, H = 2,0-2,2, nízké indexy lomu a dvojlom, **vratná dehydratace** při teplotách pod 400 °C, **schopnost výměny kationů ve struktuře**.

Tektosilikáty – skupina zeolitů

Výskyt:

Až na výjimky jde o **typické nízkoteplotní a nízkotlaké** minerály
zvětrávání silikátů při vysokém pH,
diagenetickými pochody
regionální **metamorfóze nízkého stupně (zeolitová facie)** – nejčastěji ve **vulkanických horninách, tufech, skle.**
hydrotermální žíly na trhlinách hornin
alpská parageneze

Využití:

zachycení různých typů **polutantů**
(radioaktivní látky, organické látky, SO_2),
čištění různých látek
Zemědělství, výroba papíru
Průmyslová příprava syntetických zeolitů



Chabazit



Natrolit



Leucit