Mineralogie I

Prof. RNDr. Milan Novák, CSc.

Mineralogický systém - silikáty

Osnova přednášky:

1. **Sorosilikáty**
2. **Cyklosilikáty**
3. **Inosilikáty**
4. **Shrnutí**

1. Sorosilikáty – skupina epidotu

- **Málo významná skupina, mají nízký stupeň polymerizace, dva spojené tetraedry Si_2O_7, někdy jsou ve struktuře přítomny SiO_4 i Si_2O_7.**
- **Skupina epidotu**

  Obecný vzorec $A_2B_3\ (SiO_4)_3\ OH$ nebo $A_2B_3\ Si_3O_{11}\ (OH,F)_2$

  A = Ca, Ce

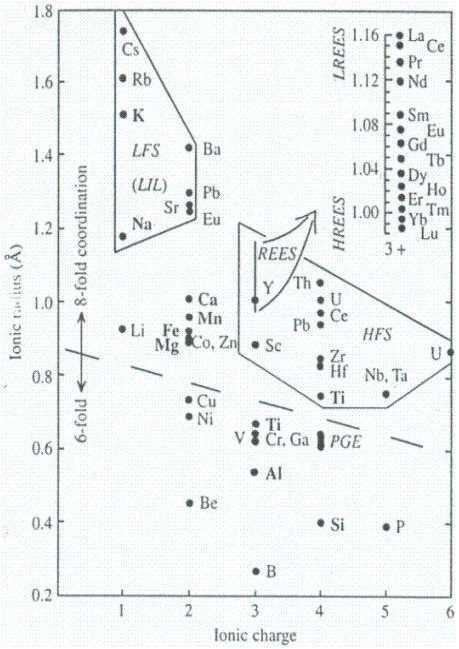
  B = Al, Fe^{3+}, Mn^{3+}

  Vedlejší prvky: Mg, Sr, Y

Epidot	**$Ca_2Al_2Fe^{3+}\ (SiO_4)_3\ OH$**
Klinozoisit	**$Ca_2Al_3\ (SiO_4)_3\ OH$**
Zoisit	**$Ca_2Al_3\ (SiO_4)_3\ OH$**
Allanit-(Ce)	**$(Ce,Ca)_2Al_3\ (SiO_4)_3\ OH$**

  Substituce Al-Fe^{3+}, Al-Mn^{3+},

  Monoklinické, rombické



- **Vlastnosti: zelený v různých odstínech, černý (allanit), dokonale štěpný, t = 6,5, h = 3,1-3,5**

1. Sorosilikáty – skupina epidotu

- **Výskyty:**

  Hydrotermální alpské žíly (Sobotín), pegmatity, skarny, metamorfované horniny bohaté Ca (Žulová).
- **Středně až málo odolné vůči alteracím (hlavně allanit).**
- **Využití: indikátor vyšší aktivity O_2 a je často produktem hydrotermálních alterací jiných minerálů.**

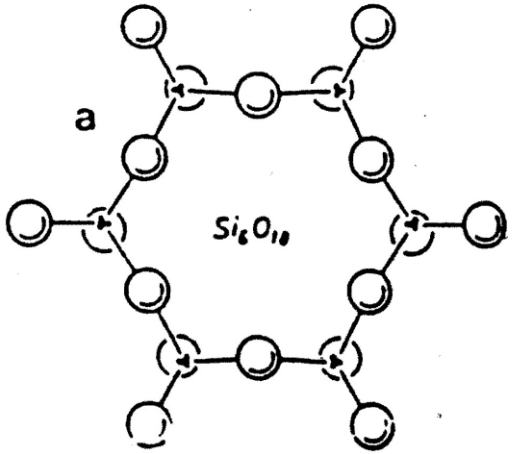
Epidot, Vlastějovice

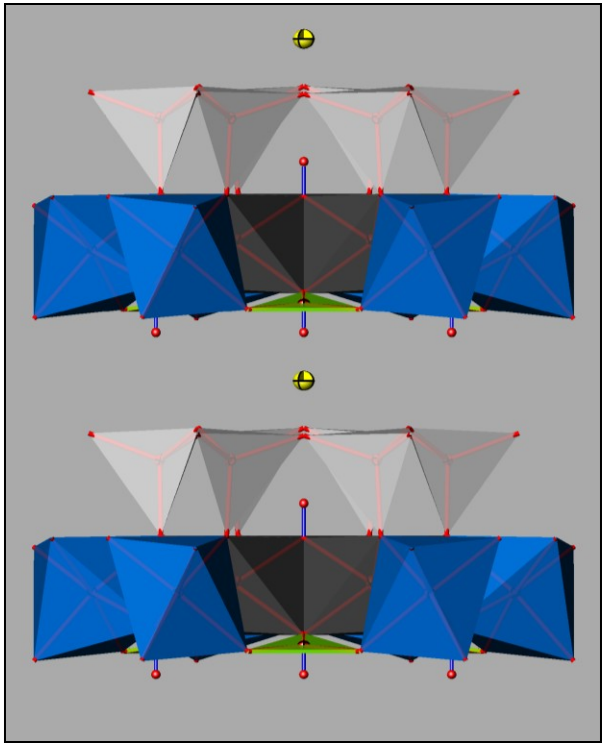
Allanit, Žulová

2. Cyklosilikáty

- **Poměrně malá ale důležitá skupina silikátů, v nichž jsou SiO_4 tetraedry spojeny do prstenců (většinou 6 tetraderů v cyklu). Do této skupiny patří poměrně malé množství minerálů, část z nich ale jsou poměrně důležité horninotvorné minerály.**

- **Skupina berylu**
- **Skupina cordieritu**
- **Skupina turmalínu**





2. Cyklosilikáty – skupina berylu

- **Skupina berylu**

  Obecný vzorec: $CT(2)_3O_2T(1)_6O_{18}$

  C = vakance, Na

  T(2) = Be

  O = Al

  T(1) = Si

  Beryl $Be_3Al_2Si_6O_{18}$

  vedlejší prvky: Mg, Fe, Cs, Li, Sc, Cr, H_2O

  Hexagonální

- **Vlastnosti: většinou nazelenalý nebo nažloutlý, nedokonale štěpný, t = 7, h = 2,65**

Beryl, Maršíkov

Beryl, Otov

2. Cyklosilikáty – skupina berylu

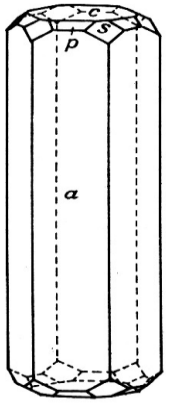
- **Variety:**

  smaragd – smaragdově zelený (Cr)

  akvamarín - modrozelený

  heliodor – žlutý

  morganit – růžový (Cs)



1

- **Výskyty:**

  Beryl je pravděpodobně nejhojnějším minerálem Be vůbec.

  Beryl se vyskytuje v různých geologických prostředích

  1. granitické pegmatity (Maršíkov, Písek, Otov). Složení berylu kolísá podle typu mateřského pegmatitu, v relativně primitivních pegmatitech se blíží teoretickému vzorci, v silně frakciovaných pegmatitech může obsahovat vysoké obsahy Cs popř. Li.

  2. greiseny a vysokoteplotní hydrotermální křemenné žíly

  3. metamorfované horniny – často obsahuje zvýšená množství např. Fe, Cr, Mg, Sc, aj.

- **Beryl je často alterovaný a zatlačovaný jinými minerály Be.**
- **Využití: drahý kámen, zdroj Be**

2. Cyklosilikáty – skupina cordieritu

- **Skupina cordieritu**

  Obecný vzorec $CM_2Al_3\ AlSi_5O_{18}$

  C = vakance, Na, H_2O

  M = Mg, Fe^{2+}

  Cordierit $Mg_2Al_3\ AlSi_5O_{18}$

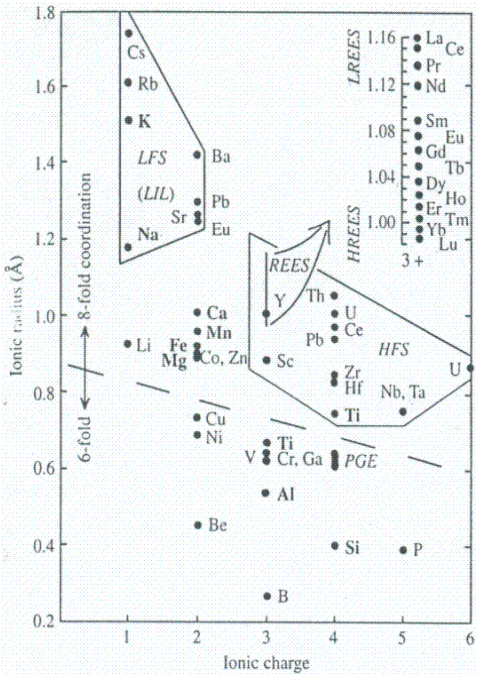
  Sekaninait $Fe_2Al_3\ AlSi_5O_{18}$

  Vedlejší prvky: Be, Li, Mn, CO_2, H_2O, Na

  Hlavní substituce Fe-Mg

  Rombické

- **Vlastnosti: modrošedý, modrý, šedozelený, nedokonale štěpný, někdy výborná odlučnost podle 001, t = 7-7,5, h = 2,6-2,8**



2. Cyklosilikáty – skupina cordieritu

- **Výskyt:**

  Cordierit je horninotvorným minerálem v metamorfovaných horninách bohatých Al v typické asociaci s křemenem a alumosilikáty – andalusitem, granátem, slídami, živci.

  Vyskytuje se v periplutonicky metamorfovaných horninách (cordieritové ruly a migmatity – Vanov, Bory) a kontaktně metamorfovaných horninách (cordieritové kontaktní břidlice – plášť středočeského plutonu), dále v pegmatitech (Věžná).

  Sekaninait vzácný v granitických pegmatitech bohatých Al (popsán jako nový minerál z Dolních Borů)

- **Cordierit a sekaninait snadno podléhají pinitizaci – přeměně na směs sericitu a chloritů (šedozelené pseudomorfózy)**
- **Využití:**

  Důležité minerály pro odhad metamorfním podmínek.

2. Cyklosilikáty – skupina turmalínu

- **Skupina turmalínu**

  Obecný vzorec: $X\ Y_3\ Z_6\ T_6\ O_{18}\ (BO_3)_3\ V_3\ W$

  ***X* = Na, Ca, □,**

  ***Y* = Mg, Fe^{2+}, Li, Al, Fe^{3+},**

  ***Z* = Al, Mg, Fe^{3+},**

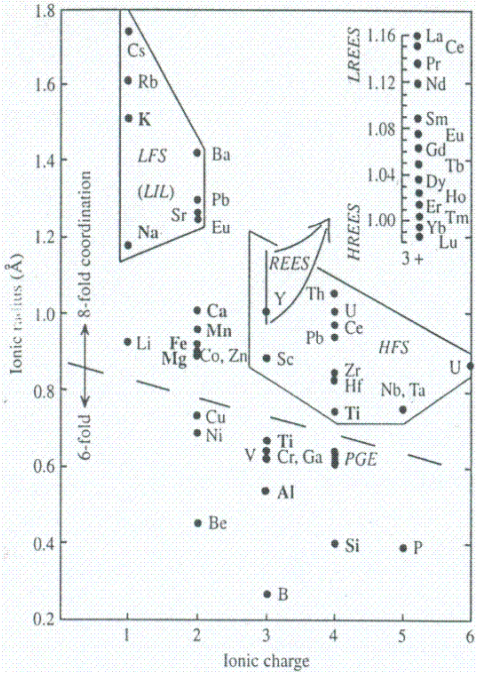
  ***T* = Si,**

  ***B* = B**

  ***V* = OH, O**

  ***W* = OH, F, O**

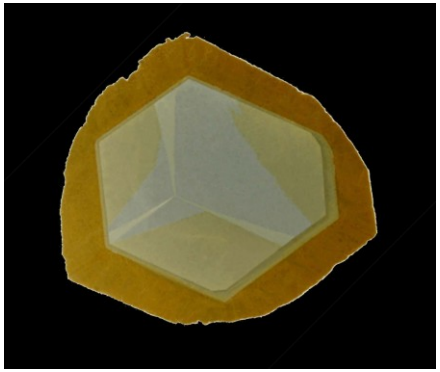
  Vedlejší prvky: K, Mn, Cr^{3+}, V^{3+}, Ti^{4+}



Skoryl $Na\ Fe_3\ Al_6\ Si_6\ O_{18}\ (BO_3)_3\ (OH)_3\ OH$ (černý)

Dravit $Na\ Mg_3\ Al_6\ Si_6\ O_{18}\ (BO_3)_3\ (OH)_3\ OH$ (hnědý)

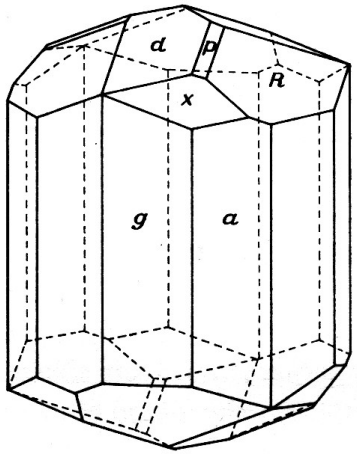
Elbait $Na\ (Li,Al)_3\ Al_6\ Si_6\ O_{18}\ (BO_3)_3\ (OH)_3\ OH$ (vícebarevný)

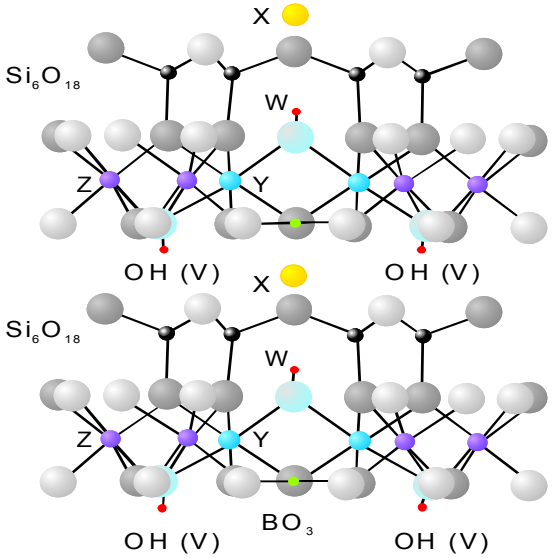


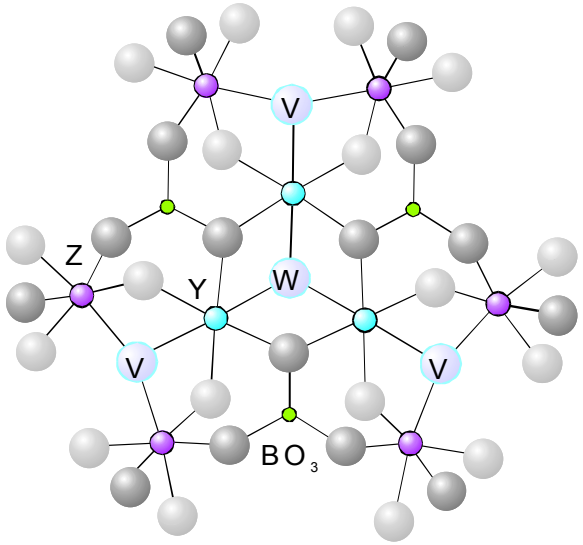
Turmalíny jsou chemicky velmi variabilní, mísitelnost mezi jednotlivými turmalíny je výborná, turmalíny jsou často zonální.

- **Trigonální**

2. Cyklosilikáty – skupina turmalínu







Krystalová struktura turmalínů

2. Cyklosilikáty – skupina turmalínu

Turmalín, Radenice

- **Barevné variety elbaitu:**
  rubelit - růžový
  verdelit - zelený
  indigolit - modrý
- **Vlastnosti: barva velmi kolísá podle chemického složení, neštěpný t = 7-7,5, h = 3-3,3**
  Turmalín má často výrazný pleochroismus.
- **Výskyt:**
  Skoryl se vyskytuje v peraluminických leukokratních granitech (Lavičky), granitických pegmatitech (Dolní Bory), metamorfovaných horninách.
  Dravit je běžný hlavně v metamorfovaných horninách různého stupně (svor, rula, migmatit).
  Elbait se vyskytuje pouze v Li-pegmatitech (Rožná, Dobrá Voda)
- **Turmalín je chemicky i mechanicky velmi odolný a jen vzácně podléhá alteracím.**
- **Využití:**
  Drahý kámen, nejhojnější minerál s vysokým obsahem B, indikátor zvýšené aktivity B v hornině.

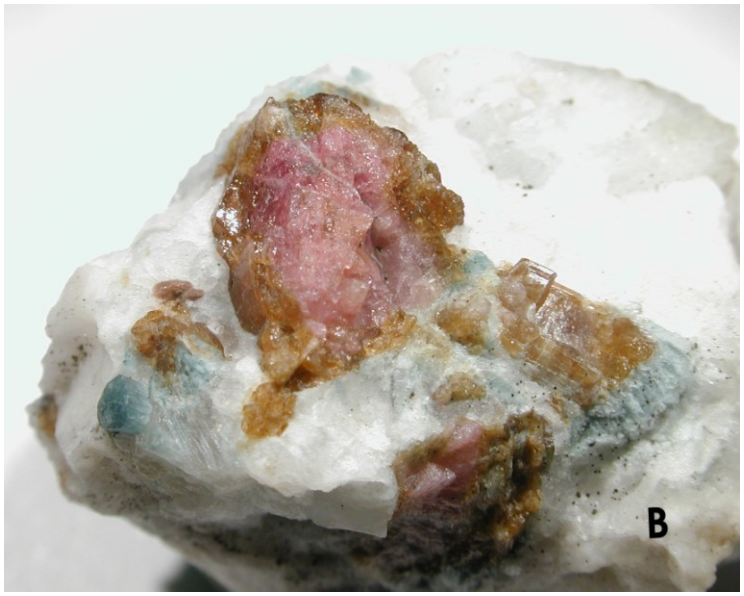
2. Cyklosilikáty – skupina turmalínu

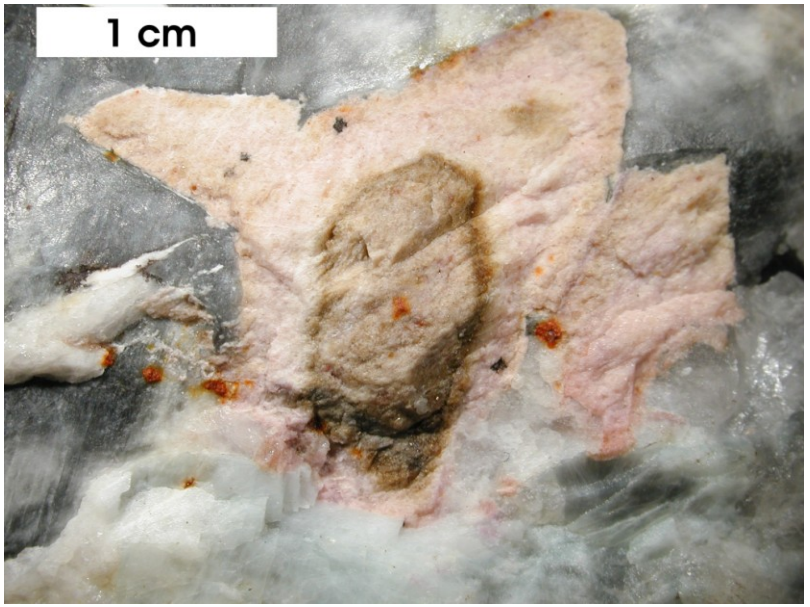
Skoryl v granitu , Lavičky

Dravit, Chvalovice

Skoryl

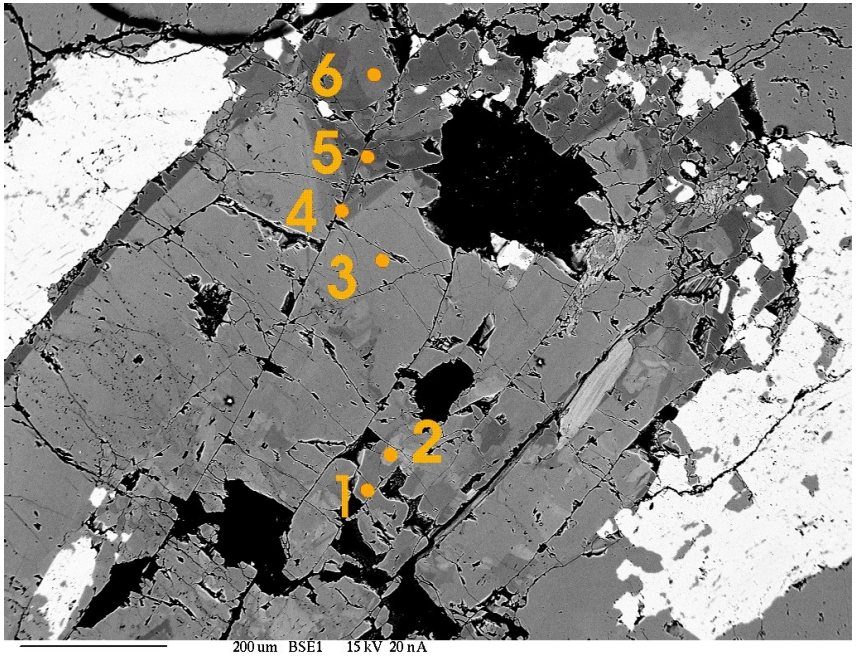
2. Cyklosilikáty – skupina turmalínu

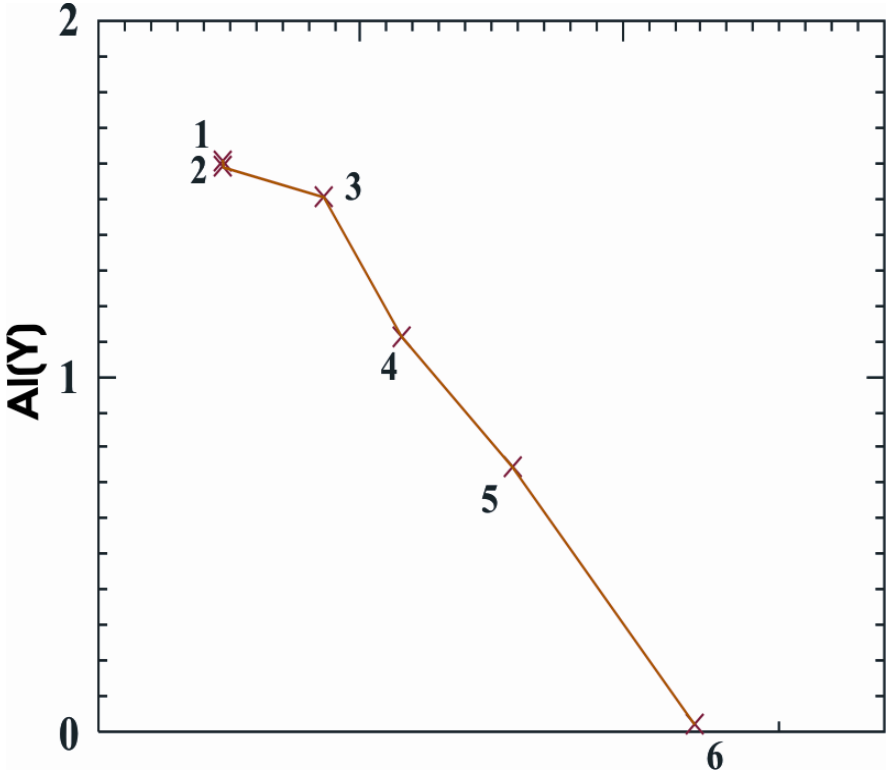




Zonální elbait, Bližná I

2. Cyklosilikáty – skupina turmalínu





Zonální elbait, Bližná II, obrázek BSE z elektronové mikrosondy

2. Cyklosilikáty – skupina turmalínu

Zcela nový nález,
rubelit, Pakistán,

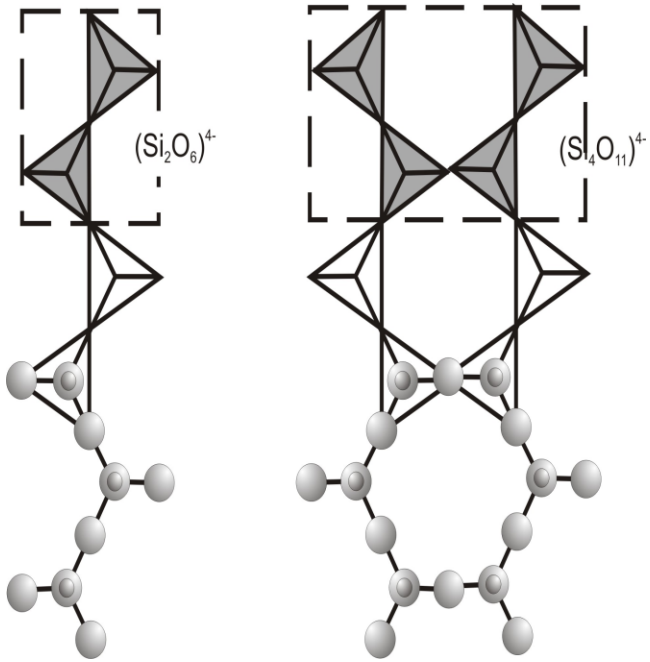
délka krystalu 38 cm

Foto F. Pezzotta

3. 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**
- **Skupina amfibolů**



3. Inosilikáty - Skupina pyroxenů

- obecný vzorec $M2M1T_2O_6$
  M2 = Ca, Na, Mg, Fe^{2+}
  M1 = Mg, Fe^{2+}, Mn, Al, Fe^{3+}
  T = Si (Al)

rombické

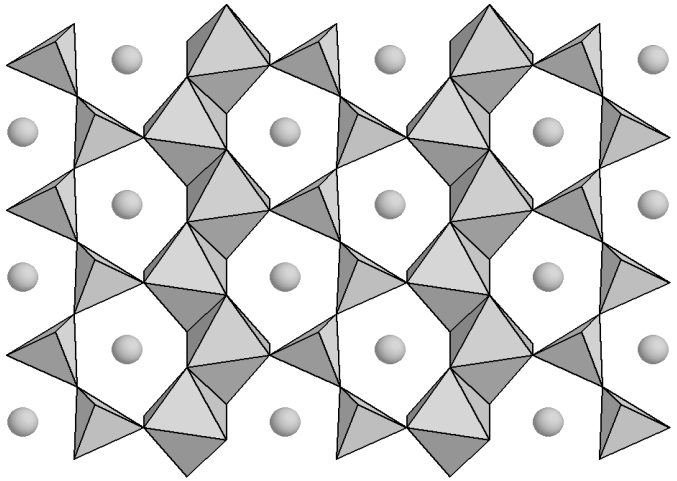
enstatit	$Mg_2Si_2O_6$

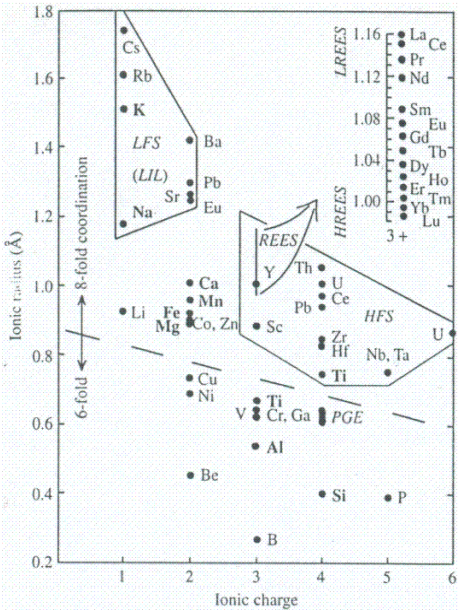
monoklinické

diopsid	$CaMgSi_2O_6$
hedenbergit	$CaFeSi_2O_6$
augit	$(Ca,Mg,Fe^{2+},Al)Si_2O_6$
jadeit	$NaAlSi_2O_6$
omfacit	$(Na,Ca)(Mg,Al)Si_2O_6$
spodumen	$LiAlSi_2O_6$

Dnes je známo 22 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.
- Výskyty: magmatické a metamorfované horniny pláště a kůry, většinou chudé SiO_2.





3. Inosilikáty - Skupina pyroxenů

- **Vlastnosti:**

  barva kolísá podle chemického složení

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

  bezbarvý, bílý, šedý, žlutý, hnědý

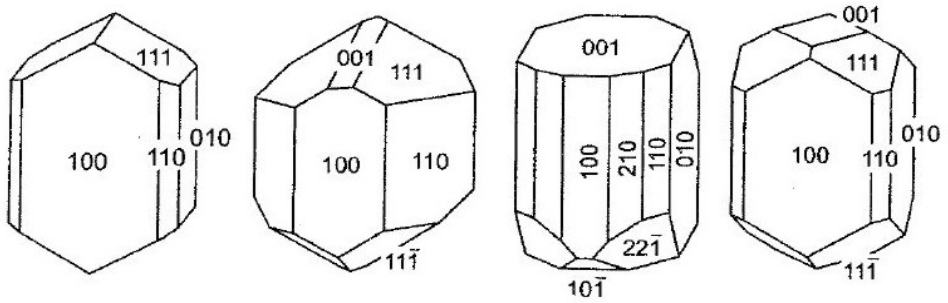
  Pyroxeny bohaté Fe (hedenbergit, augit)

  tmavě zelený až černý

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

  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



3. Inosilikáty - Skupina pyroxenů

Hedenbergit, Vlastějovice

Spodumen

Spodumen - kunzit

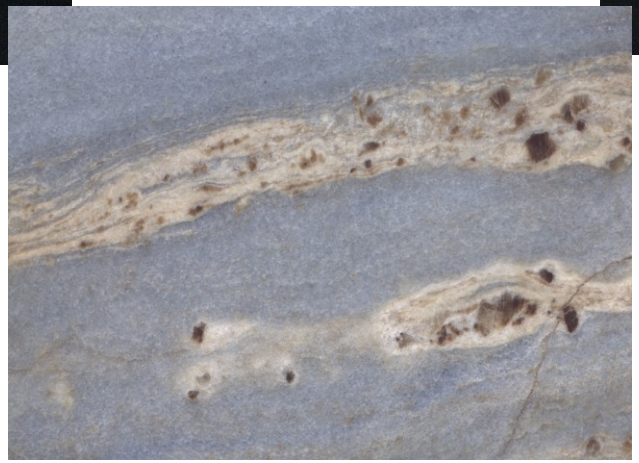
3. Inosilikáty - pyroxenoidy

Minerály velmi blízké pyroxenům. Patří sem:

Wollastonit - $CaSiO_3$ - bílý, z kontaktů mramorů s granity

Rhodonit - $MnSiO_3$ – červený, z Mn-bohatých metamorfovaných hornin

Wollastonit a diopsid, Mirošov



Wollastonit, vesuvian, Nedvědice

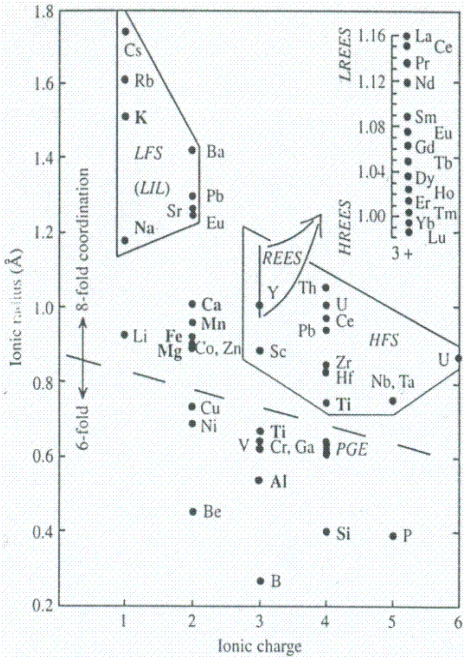
Rhodonit

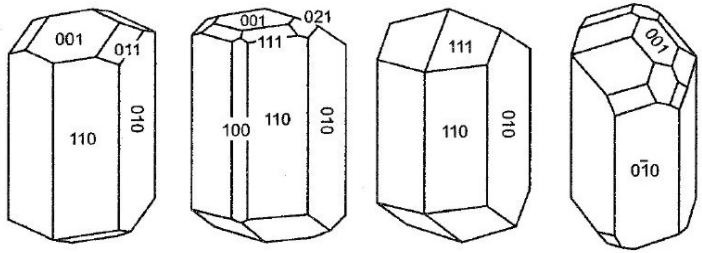
3. Inosilikáty - Skupina amfibolů

- 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 $Mg_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$
monoklinické
  tremolit $Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$
  aktinolit $Ca_2(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$
  obecný amfibol
  pargasit $NaCa_2Mg_4AlSi_6Al_2O_{22}(OH)_2$
  glaukofan $Na_2Mg_3Al_2Si_8O_{22}(OH)_2$
  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.

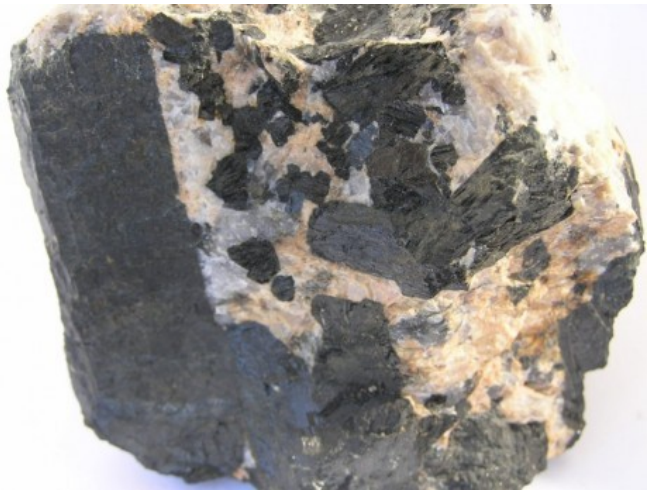




3. Inosilikáty - Skupina amfibolů

- **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.**
- **Výskyty magmatické a metamorfované horniny kůry, většinou chudé SiO_2.**
  V plášti se vyskytuje jen zcela výjimečně.
- **Využití: chemické složení amfibolů je indikátorem PT podmínek vzniku a složení mateřských hornin.**

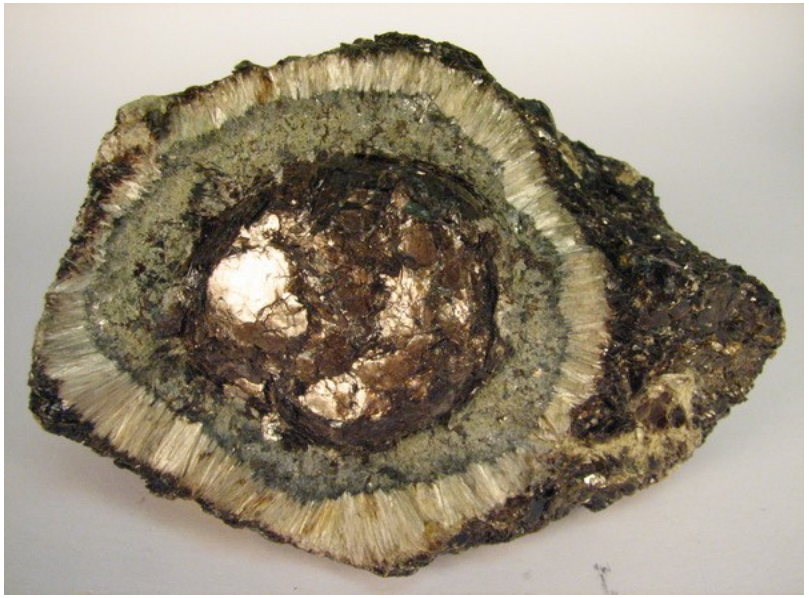
Amfibol čedičový



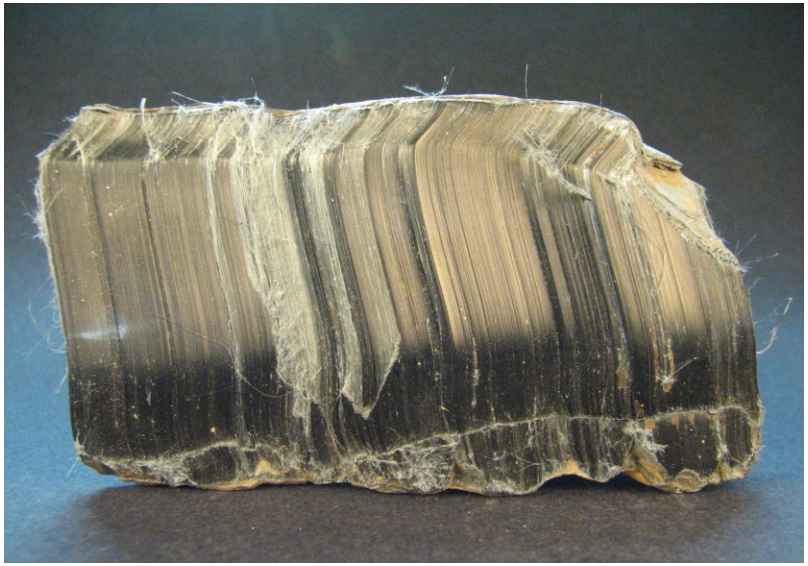
Amfibol, Vlastějovice

3. Inosilikáty - Skupina amfibolů

Tremolit



Antofylit, Heřmanov



Amfibol

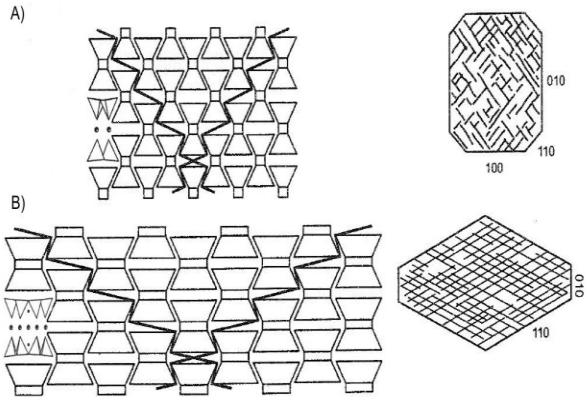
3. Inosilikáty - Skupina amfibolů

Tremolit, Olešnice

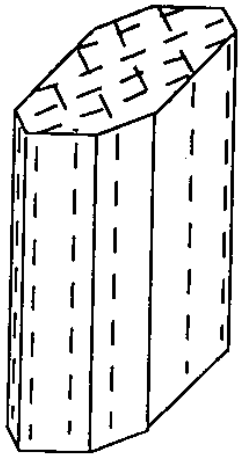
Aktinolit, Sobotín

3. 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 nákresně)



Amfibol ve výbruse

4. Shrnutí

1. Tato přednáška zahrnuje jen základní přehled hlavních minerálů ze skupiny sorososilikátů, cyklosilikátů a inosilikátů, ve skutečnosti je v těchto skupinách několik set minerálů.
2. Většina minerálů má poměrně vysokou tvrdost 6-7, hustota kolísá, většinou je větší než 3, někdy kolem 2,6-2,7. Většina minerálů ze skupin sorosilikátů a cyklosilikátů má nedokonale vyvinutou 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. Většina minerálů ze skupin sorososilikátů, cyklosilikátů a inosilikátů obsahuje malé až střední množství H_2O.
6. Většina minerálů vzniká za relativně vyšších teplot a tlaků v magmatických a metamorfovaných horninách.
7. Jen u malé části minerálů je nutné znát chemické vzorce (obecné vzorce u pyroxenů a amfibolů, základní minerály těchto skupin enstatit, diopsid, hedenbergit, dále wollastonit, beryl). Je ale nutné znát hlavní prvky jednotlivých minerálů).