



Mineralogija

Sveučilišni prijediplomski studij Znanosti o okolišu – 1. godina (253566)

Doc. dr. sc. Petra Schneider

akad. god. 2024./25.

Sadržaj

Razred 13. Silikati

- Pregled odabranih filosilikata
- Pregled odabranih tektosilikata



Razred 13. Silikati

Podrazred: heterofilosilikati

Razred: **Silikati**

Podrazred: 4A. **Heterofilosilikati**

- **prehnit** $\text{Ca}_2\text{Al}^{\text{VI}}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$

! Slojevi građeni od lanaca TO_4 -tetraedara obično međusobno povezani XO_6 -oktaedrima
→ prijelazna skupina minerala – **lančasto-slojeviti silikati**

Razred 13. Silikati

Podrazred: heterofilosilikati

PREHNIT $\text{Ca}_2\text{Al}^{\text{VI}}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$

Kristalni sustav: rompski (2/m 2/m 2/m)

Habitus: tankopločasti kristali, izduženi po osi b;
česti kuglasti ili bubrežasti radialnovlaknasti agregati

Tvrdoća: 6 – 6 ½

Gustoća: 2,8 – 3,0

Kalavost: savršena po {001}

Lučenje: izrazito po {100}

Lom: neravan

Boja: bijela, svijetlozelena do tamnozeleno,
žuta, ružičasta, siva

Crt: bijel

Sjaj: staklast do slabo sedefast

Pojavljivanje: sekundarni mineral u šuplinama bazičnih efuzivnih
stijena; u stijenama vrlo niskog stupnja metamorfizma



Razred 13. Silikati – struktura

Podrazred: filosilikati

! $[\text{SiO}_4]^{4-}$ tetraedri povezani medusobno u **beskonačnu mrežu** (list) preko **tri zajednička vrha** → heksagonski prstenovi

- svi **vrhovi** usmjereni na istu stranu = **aktivna**, nezasićena strana → veze
- sve **baze** u jednoj ravnini = **neaktivna strana** → slabe van der Waalsove sile → kalavost

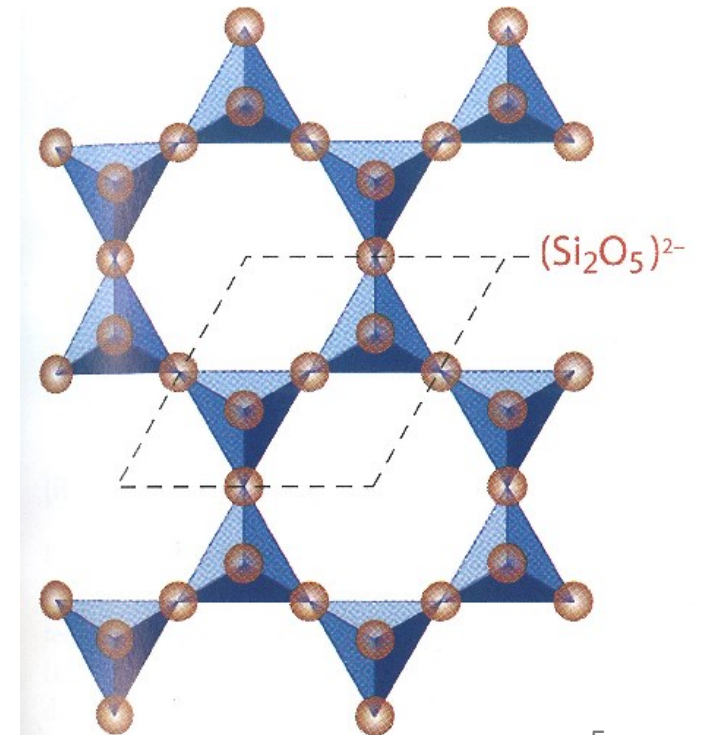
Anion $[\text{Si}_2\text{O}_5]^{2-}$

$\text{Si}^{4+} \leftrightarrow \text{Al}^{3+}$

Habitus: tankopločasti, listićav (često pseudoheksagonski)

Kalavost: savršena po baznom pinakoidu

Tvrdoća: mala (1 – 3)



Razred 13. Silikati – struktura

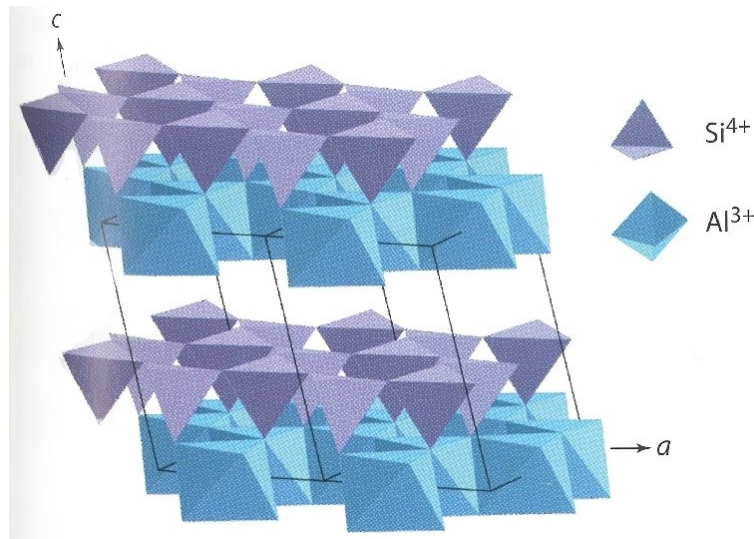
Podrazred: filosilikati

Slojevi $[\text{SiO}_4]^{4-}$ tetraedara slažu se u pakete:

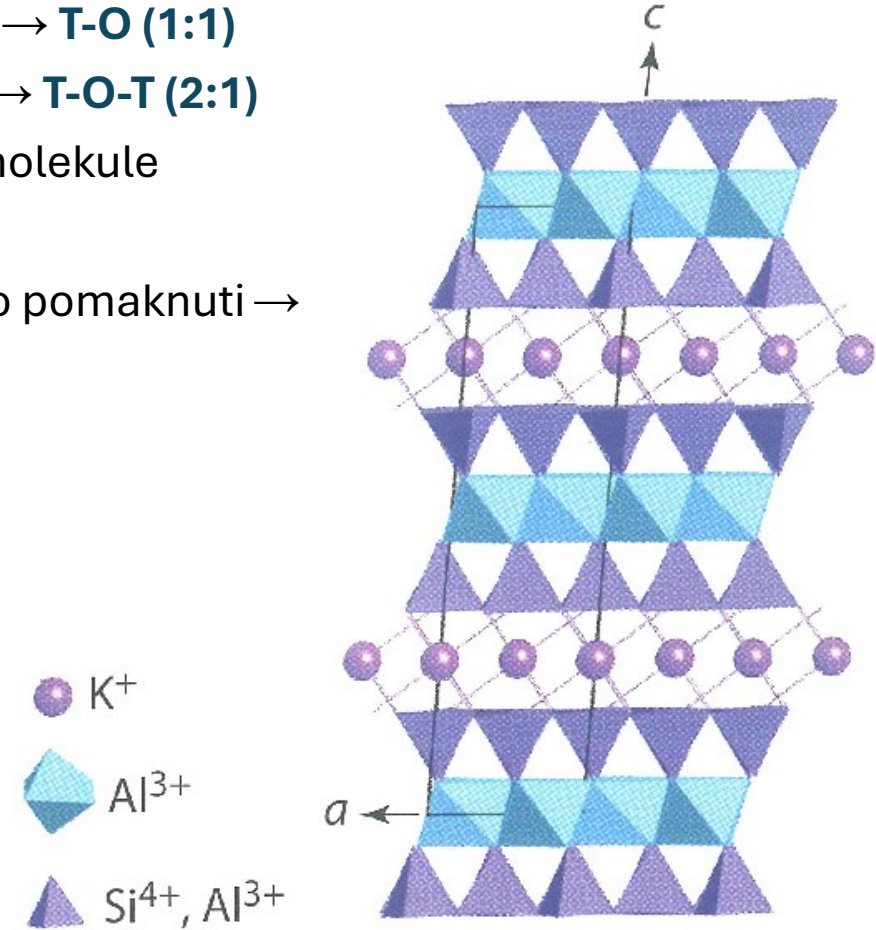
- jedan SiO_4 sloj (**tetraedarski sloj**) + jedan **oktaedarski sloj** → **T-O (1:1)**
- dva SiO_4 sloja (**tetraedarski sloj**) + jedan **oktaedarski sloj** → **T-O-T (2:1)**

→ međuslojni prostor može biti prazan ili sadržavati katione ili molekule

Heksagonski prstenovi gornje i donje mreže međusobno su malo pomaknuti → **monoklinska simetrija sloja** (pseudoheksagonska)



struktura kaolinita $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$
TO paketi



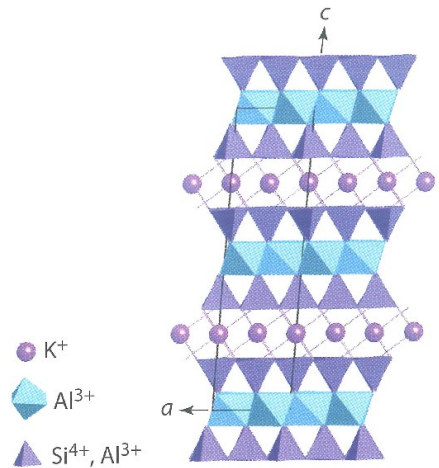
struktura muskovita $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_4$
TOT paketi

Razred 13. Silikati – struktura

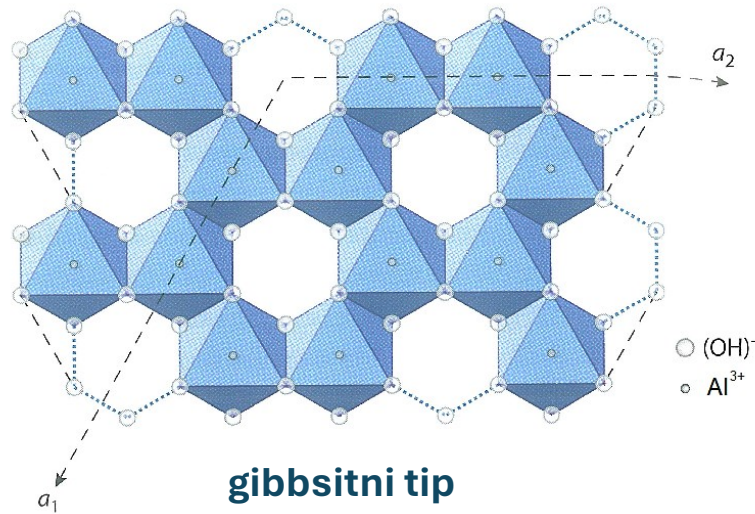
Podrazred: filosilikati

Tipovi oktaedrijskih mreža:

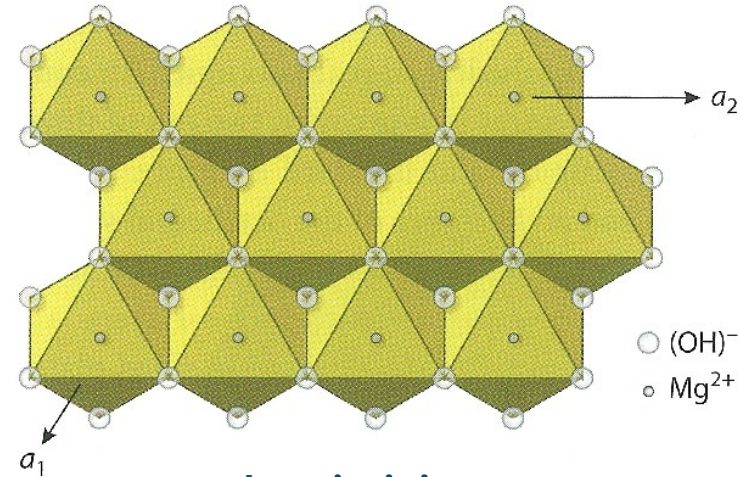
- **gibbsitni tip** R^{3+} ion zauzima 2/3 oktaedrijskih šupljina → **dioktaedrijski filosilikati**
→ dva oktaedarska kationa (oktaedra) na formulsku jedinku
- **brucitni tip** R^{2+} ion zauzima sve (3/3) oktaedrijske šupljine → **trioktaedrijski filosilikati**
→ tri oktaedarska kationa (oktaedra) na formulsku jedinku



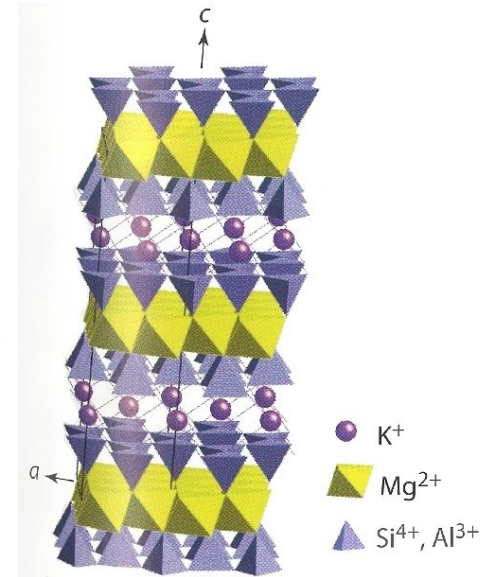
struktura muskovita
 $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_4$
TOT paketi



gibbsitni tip
gibbsit $Al(OH)_3$



brucitni tip
brucit - $Mg(OH)_2$



struktura flogopita
 $KMg_3[AlSi_3O_{10}](OH)_4$
TOT paketi

Razred 13. Silikati – klasifikacija

Podrazred: filosilikati

Razred: **Silikati**

Podrazred: 5. **Filosilikati**

5.1. Grupa talka – pirofilita

- **talk** $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$

5.2. Grupa tinjaca

5.2.1. Pravi tinjci

5.2.1.1. Dioktaedrijski pravi tinjci

- **muskovit** $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$

5.2.1.2. Trioktaedrijski pravi tinjci

- **biotit** $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2^*$
- **lepidolit** $\text{K}(\text{Li}, \text{Al})_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}]\text{F}_2^*$

5.2.2. Krti tinjci

5.2.2.1. Dioktaedrijski krti tinjci

5.2.2.2. Trioktaedrijski krti tinjci

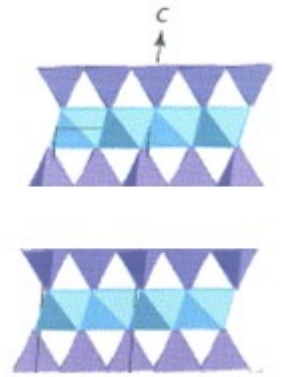
5.2.3. Tinjci s manjkom međuslojnih kationa

5.2.3.1. Dioktaedrijski tinjci s manjkom međuslojnih kationa

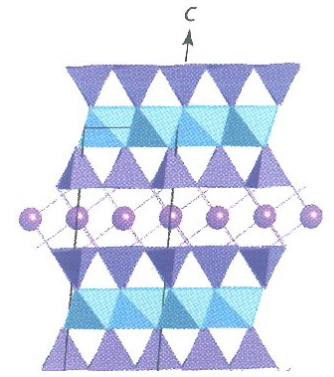
- **illit** $\text{K}_{0.65}\text{Al}_{2.0}[\text{Al}_{0.65}\text{Si}_{3.35}\text{O}_{10}](\text{OH})_2$
- **glaukonit** $\text{K}_{0.60-0.85}(\text{Fe}^{3+}, \text{Mg}, \text{Al})_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$

5.2.3.2. Trioktaedrijski tinjci s manjkom međuslojnih kationa

TOT slojevi (bez kationa između slojeva) = 9,3 Å
→ tvrdoća (1 – 1 ½) → masni opip
→ savitljivi listići, ali nisu elastični



TOT slojevi: između **veliki jednovalentni** kation (K^+ , Na^+) = 10 Å → čvršće veze nego u grupi talka – pirofilita → tvrdoća (2 – 3)
→ savitljivi i elastični listići



TOT slojevi – između **veliki dvovalentni** kation (Ca^{2+} , Ba^{2+}) → čvršće veze nego u grupi pravih tinjaca → veća tvrdoća (3 – 5)
→ krti, drobljivi listići

TOT slojevi: između **veliki jednovalentni** kation (K^+ , Na^+) = 10 Å

Razred 13. Silikati – klasifikacija

Podrazred: filosilikati

Razred: **Silikati**

Podrazred: 5. **Filosilikati**

5.3. **Grupa vermikulita (TOT paketi; 9,1–14,3 Å)**

5.3.1. dioktaedrijski vermikuliti

5.3.2. trioktaedrijski vermikuliti

5.4. **Grupa smektita (TOT paketi; 10–15,2 Å)**

5.4.1. dioktaedrijski smektiti

5.4.2. trioktaedrijski smektiti

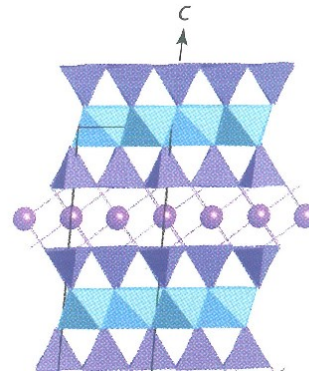
5.5. **Grupa klorita (TOT paketi; 14 Å)**

5.5.1. dioktaedrijski kloriti

5.5.2. di, trioktaedrijski kloriti

5.5.3. trioktaedrijski kloriti

- **klinoklor** $\text{Mg}_5\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_8$
- **chamosit** $\text{Fe}^{2+}_5\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_8$



5.6. **Grupa kaolina – serpentina (TO paketi; 7 Å)**

5.6.1. **Podgrupa kaolinskih minerala**

(dioktaedrijski) $\text{Al}_2[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$

- kaolinit
- dickit
- nakrit
- halloysit

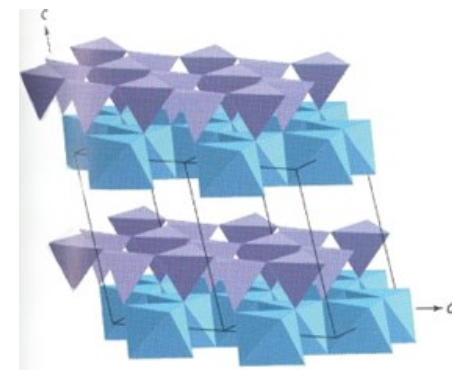
5.6.2. **Podgrupa serpentinskih minerala**

(trioktaedrijski) $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$

- lizardit
- krizotil
- antigorit

5.7. Cymrit

5.8. Grupa apofilita



Razred 13. Silikati – struktura

Podrazred: filosilikati – Grupa talka-pirofilita

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

Kristalni sustav: monoklinski (2/m) i triklinski (1 ili $\bar{1}$)

Habitus: listićasti i gusti agregati;
veći kristali rijetki

Tvrdoća: **1**

Gustoća: 2,82

Kalavost: savršena po {001}

Lom: neravan

Boja: bijel, srebrnobijel, blijedozelen, sivkast, zelen, smeđ, crn

Crt: bijel

Sjaj: sedefast (listići), mastan (guste mase)

Pojavljivanje: sekundarni mineral; hidrotermalne alteracije stijena bogatih Mg (pr. ultrabazične stijene, nakon serpentinizacije)

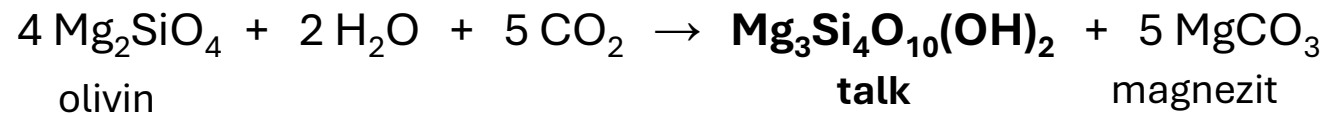
Dodatno: **steatit** (milovka) = guste mase talka;
u kozmetičkoj industriji (puder), mazivo, vatrostalan materijal, punilo u bojama, gumi, papiru, ...



Razred 13. Silikati – struktura

Podrazred: filosilikati – Grupa talka-pirofilita

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



Razred 13. Silikati – struktura

Podrazred: filosilikati – Grupa tinjaca – Dioktaedrijski pravi tinjci

MUSKOVIT $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$

Kristalni sustav: monoklinski (2/m)

Habitus: pločasti kristali pseudoheksagonskog habitusa, listići, pločasti kalavi agregati

Tvrdoća: 2 – 2 ½

Gustoća: 2,8 – 3,0

Kalavost: savršena po {001}

Lom: neravan

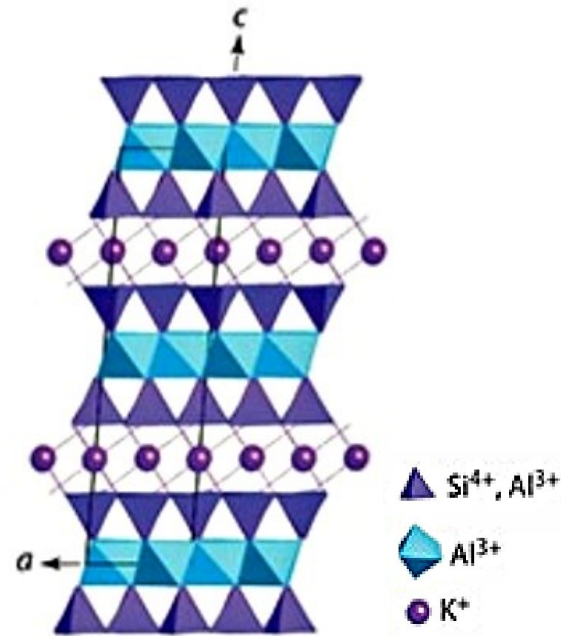
Boja: u tanjim listovima proziran, često bezbojan do blijedozelenkast, srebrnobijel do siv

Crt: bijel

Sjaj: staklast do sedefast

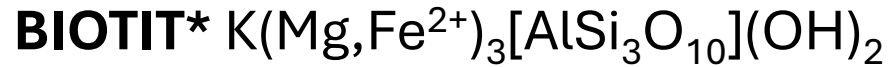
Pojavljivanje: najrasprostranjeniji tinjac; u kiselim magmatskim stijenama, u metamorfnim stijenama (škriljavci, gnajsevi); u sedimentnim stijenama (pješčenjaci), pijesci

Dodatno: savitljivi i elastični listići; „rusko staklo”; električni i termo izolatori, *šljokice*



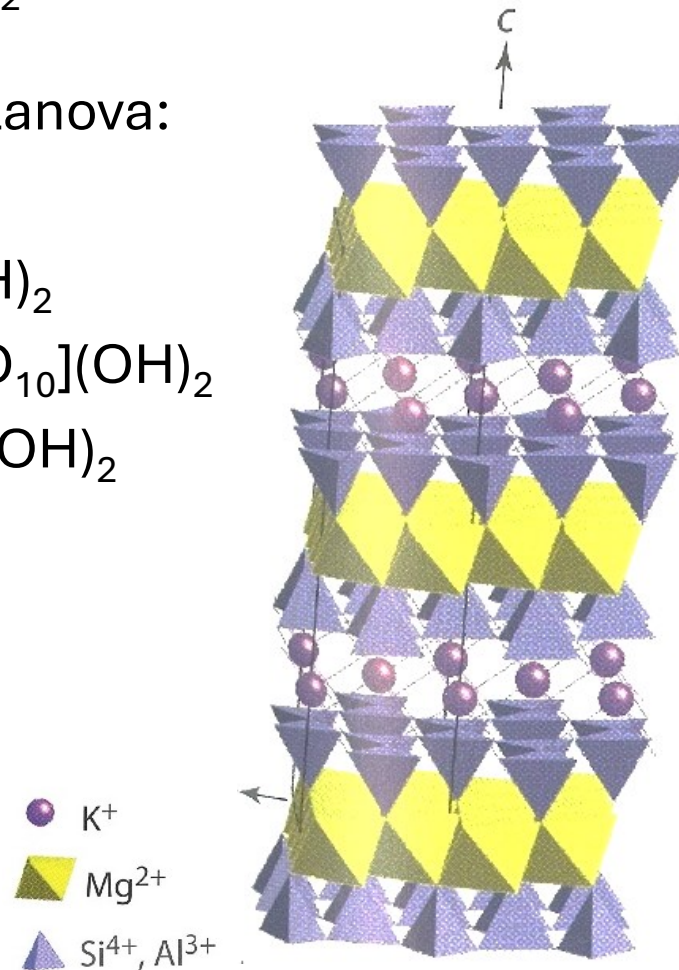
Razred 13. Silikati – struktura

Podrazred: filosilikati – Grupa tinjaca – Trioktaedrijski pravi tinjci



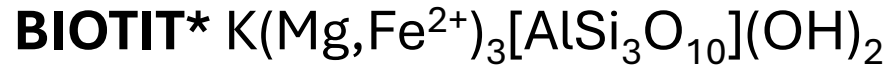
* čvrsta otopina između krajnjih članova:

- **ANNIT** $\text{KFe}^{2+}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$
- **FLOGOPIT** $\text{KMg}_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$
- **SIDEROFILIT** $\text{KFe}^{2+}_2\text{Al}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}](\text{OH})_2$
- **EASTONIT** $\text{KMg}_2\text{Al}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}](\text{OH})_2$



Razred 13. Silikati – struktura

Podrazred: filosilikati – Grupa tinjaca – Trioktaedrijski pravi tinjci



Kristalni sustav: monoklinski (2/m, m)

Habitus: pločasti kristali pseudoheksagonskog habitusa, listići, pločasti kalavi agregati

Tvrdoća: 2 – 3

Gustoća: 2,7 – 3,4

Kalavost: savršena po {001}

Lom: neravan

Boja: tanki listići su prozirni, žućkasti, crvenosmeđi ili zelenkasti; agregati (tamno)(crveno)smeđi, tamnozeleni, crni

Crt: bijel do sivkast

Sjaj: staklast do sedefast, polumetalan (više Fe)

Pojavljivanje: vrlo rasprostranjeni tinjac; u kiselim magmatskim stijenama, u metamorfnim stijenama (škriljavci, gnajsevi)

Dodatno: savitljivi i elastični listići



Razred 13. Silikati – struktura

Podrazred: filosilikati – Grupa tinjaca – Trioktaedrijski pravi tinjci

LEPIDOLIT* $K(\text{Li},\text{Al})_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}]\text{F}_2$

* čvrsta otopina između krajnjih članova:

- **POLILITIONIT** $\text{KLi}_2\text{Al}[\text{Si}_4\text{O}_{10}]\text{F}_2$
- **TRILITIONIT** $\text{KLi}_{1,5}\text{Al}_{1,5}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]\text{F}_2$

Kristalni sustav: monoklinski (2/m, m)

Habitus: sitnolistićasti agregati, veliki pločasti kristali u pegmatitima

Tvrdoća: $2\frac{1}{2} - 4$

Gustoća: 2,8 – 2,9

Kalavost: savršena po {001}

Lom: neravan

Boja: bezbojni, ružičasti, rijetko zeleni do sivi

Crt: bijel

Sjaj: staklast do sedefast

Pojavljivanje: u Li-pegmatitima

Dodatno: rudni mineral litija



Razred 13. Silikati – klasifikacija

Podrazred: filosilikati

Razred: Silikati

Podrazred: 5. Filosilikati

5.1. Grupa talka – pirofilita

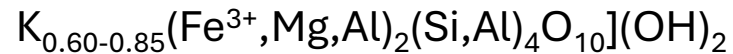
- talk $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$

5.2. Grupa tinjaca

- muskovit $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$
- biotit

- illit $\text{K}_{0.65}\text{Al}_{2.0}[\text{Al}_{0.65}\text{Si}_{3.35}\text{O}_{10}](\text{OH})_2$

- glaukonit



5.3. Grupa vermikulita

5.4. Grupa smektita

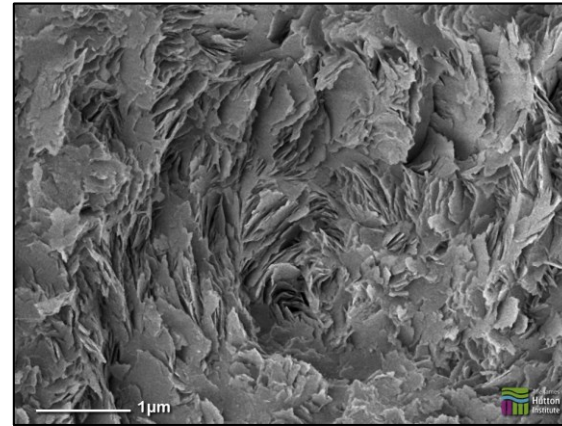
5.5. Grupa klorita

5.6. Grupa kaolina – serpentina

- kaolinski minerali $\text{Al}_2[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$
- serpentinski minerali $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$

5.7. Cymrit

5.8. Grupa apofilita



Izvor slika: <https://www.minersoc.org/images-of-clay.html>

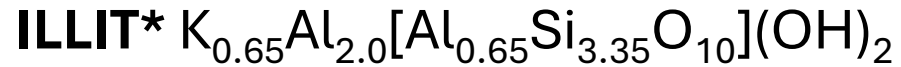
Minerali glina = filosilikati (i ostali minerali) koji se ponašaju plastično i postaju kruti nakon sušenja i žarenja

- najčešće dimenzije $< 2 \mu\text{m}$ → velika specifična površina → reaktivni minerali
- nastanak: trošenje feldspata i drugih silikatnih minerala te vulkanskog stakla

Glina = prirodni materijal izgrađen prvenstveno od sitnozrnatih minerala ($< 2 \mu\text{m}$), uz dodatak vode postaje plastičan, nakon sušenja i/ili žarenja postaje krut ← minerali glina

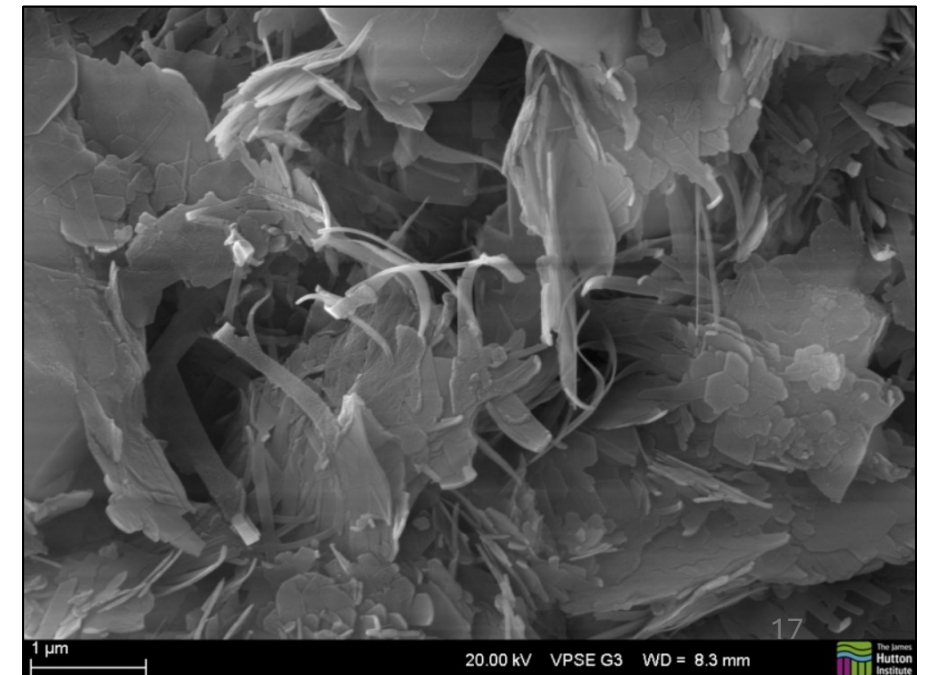
Razred 13. Silikati – struktura

Podrazred: filosilikati – Grupa tinjaca – Dioktaedrijski tinjci s manjkom međuslojnih kationa



* „varijetet muskovita” $\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$
 $\text{K}_{0.6-0.85}(\text{Al,Mg})_2(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$

Kristalni sustav:	monoklinski (2/m)
Habitus:	mali kristali - u frakciji čestica gline (< 2 μm); praškasti agregati
Tvrdoća:	-
Gustoća:	2,8
Kalavost:	savršena po {001}
Lom:	-
Boja:	bijela, sivo-bijela, zelenkasto-bijela
Crt:	-
Sjaj:	mastan do zemljast (agregati)
Pojavljivanje:	u tlima, u glinama
Upotreba:	sirovina u industriji keramike (opeke, crijepovi)



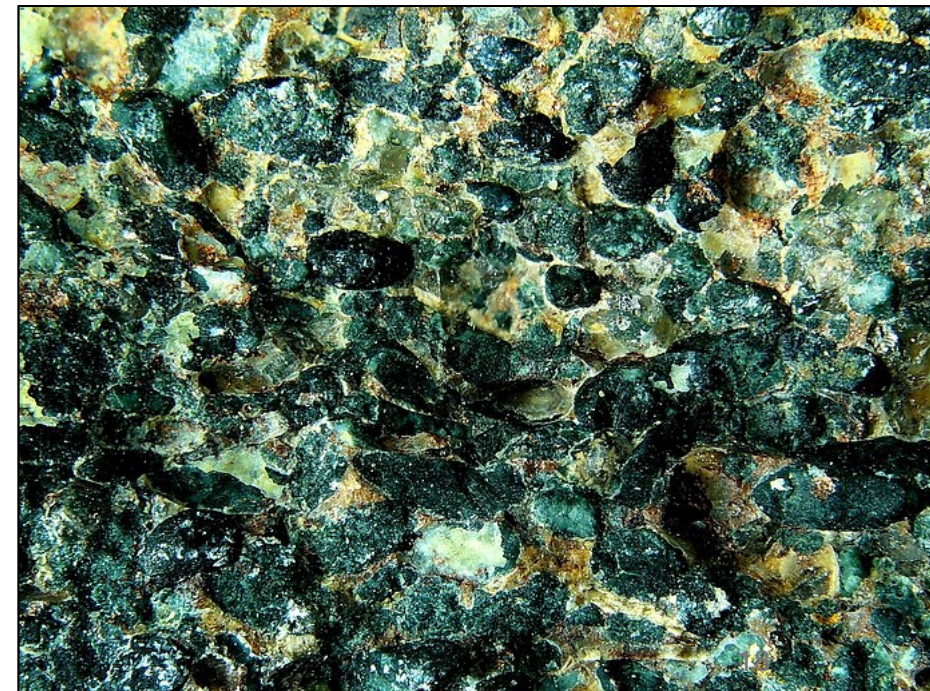
Razred 13. Silikati – struktura

Podrazred: filosilikati – Grupa tinjaca – Dioktaedrijski tinjci s manjkom međuslojnih kationa

GLAUKONIT* $K_{0.60-0.85}(Fe^{3+}, Mg, Al)_2(Si, Al)_4O_{10}(OH)_2$

* nije mineralna vrsta već serija dioktaedrijskih tinjaca bogatih Fe i manjkom međuslojnih kationa

- Kristalni sustav: monoklinski (2/m)
Habitus: mali kristali - u frakciji čestica gline ($< 2 \mu m$);
zrnasti i filmski agregati
Tvrdća: -
Gustoća: 2,4 – 2,95
Kalavost: savršena po {001}
Lom: -
Boja: žutozelena, zelena, plavozelena, crna
Crt: -
Sjaj: mastan do zemljast (agregati)
Pojavljivanje: glaukonitizacija – u zonama kontakta sedimenta i morske vode ($T < 15 ^\circ C$)



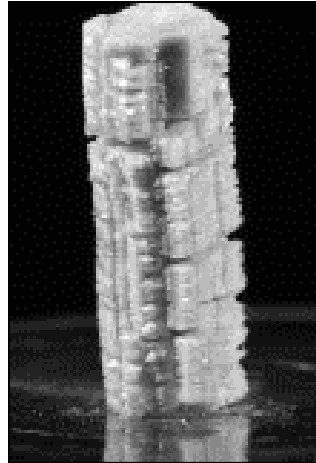
Razred 13. Silikati – struktura

Podrazred: filosilikati – Grupa vermikulita

VERMIKULIT* $\text{Mg}_{0.7}(\text{Mg,Fe,Al})_6(\text{Si,Al})_8\text{O}_{20}(\text{OH})_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$

* tzv. macino zlato

- Kristalni sustav: monoklinski (2/m)
Habitus: veći i manji kristali;
u frakciji čestica gline ($< 2 \mu\text{m}$)
Tvrdća: $1 - \frac{1}{2}$
Gustoća: 2,3 – 2,7
Kalavost: savršena po {001}
Lom: neravan
Boja: žutosmeđi, zlatnožuti, brončanožuti
Crt: zelenkasto-bijel
Sjaj: sedefast do mastan
Pojavljivanje: trošenjem drugih tinjaca (biotita, klorita)
Upotreba: izolacijski materijal, u poljoprivredi
Dodatno: bubreća glina



Razred 13. Silikati – struktura

Podrazred: filosilikati – Grupa smektita

SMEKTITI

MONTMORILLONIT $(\text{Na,Ca})_{0.3}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Kristalni sustav: monoklinski (2/m)

Habitus: vrlo sitni kristalići (obično $< 1 \mu\text{m}$)

Tvrdoća: -

Gustoća: 2 – 3

Kalavost: savršena po {001}

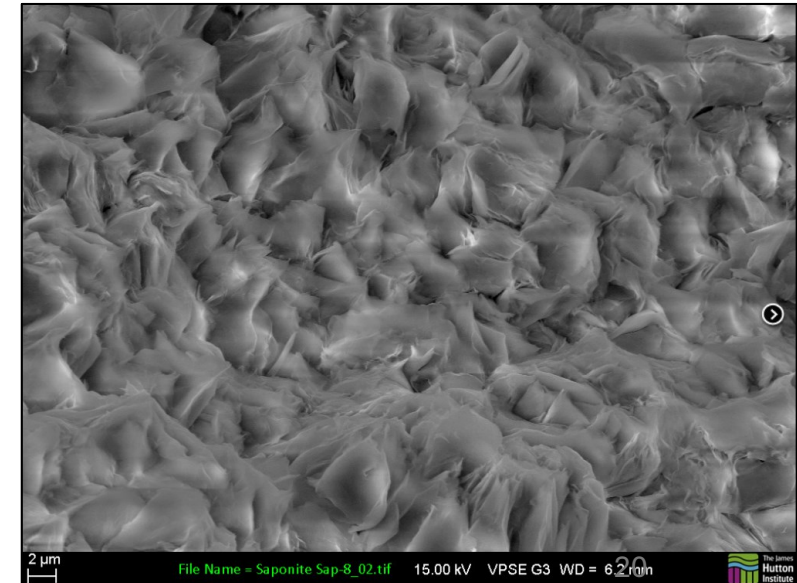
Lom: -

Boja: bijela, žućkasto-bijela, zelenkasta

Crt: -

Sjaj: mastan do zemljast (agregati)

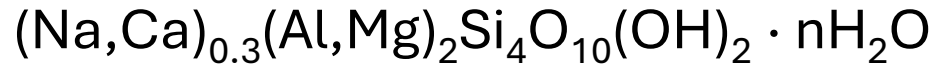
Pojavljivanje: **bentonit** = stijena nastala alteracijom piroklastičnog materijala u alkalnom vodenom okolišu;
alteracija vulkanskog stakla



Razred 13. Silikati – struktura

Podrazred: filosilikati – Grupa smektita

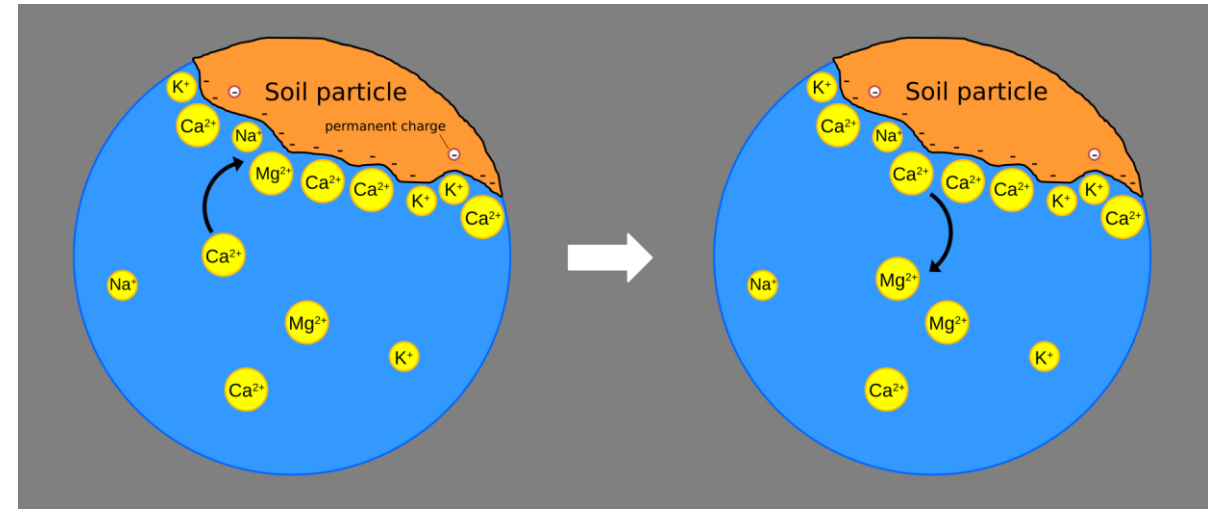
SMEKTITI MONTMORILLONIT



Kapacitet kationske zamjene (engl. *cation-exchange capacity*, **CEC**) = svojstvo materijala kod kojeg u vodenoj otopini iz strukture izlaze kationi, a na njihovo mjesto ulaze drugi kationi iz otopine

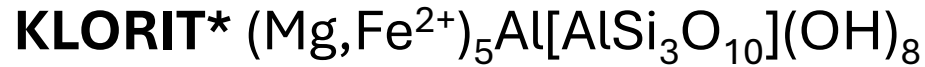
Upotreba: u isplakama za bušotine;
u odlagalištima otpada (nepropusne barijere);
pročišćivanje otpadnih voda;
farmacija (vezivni materijal u tabletama);
vezivni materijal za talioničke kalupe;
dodatak gnojivima

Dodatno: **bubreće gline** – geotehnički problemi (klizišta, tuneli)



Razred 13. Silikati – struktura

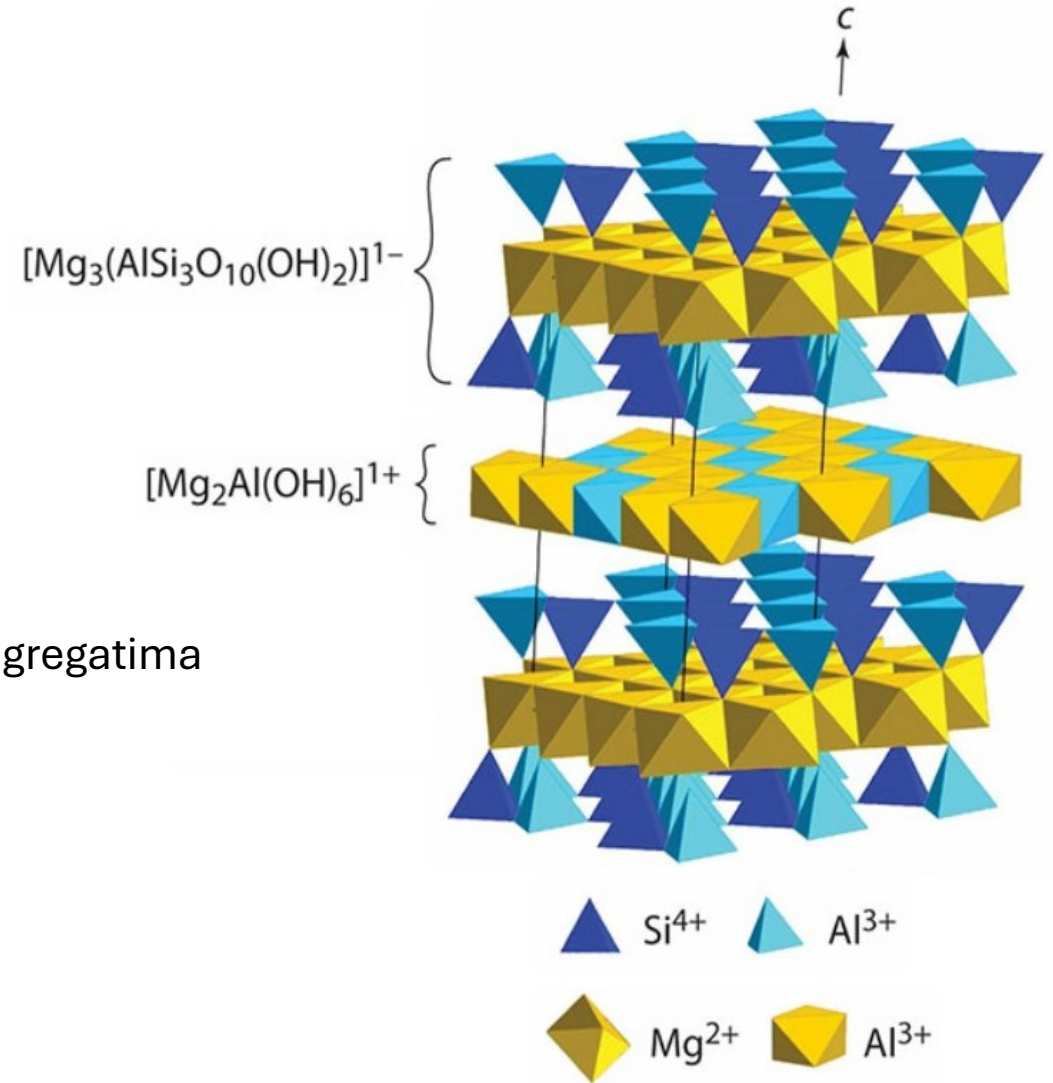
Podrazred: filosilikati – Grupa klorita



* najčešće Mg-Fe serija čvrstih otopina:

- **KLINOKLOR** $\text{Mg}_5\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_8$
- **CHAMOSIT** $\text{Fe}^{2+}_5\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_8$

Kristalni sustav:	monoklinski (2/m), neki triklinlinski
Habitus:	listićasti kristali, uglavnom u sitnolistićastim agregatima
Tvrdoća:	2 – 2 ½
Gustoća:	2,6 – 3,3
Kalavost:	savršena po {001}
Lom:	neravan
Boja:	zelena u raznim nijansama, rjeđe žut, bijel
Crt:	bijel
Sjaj:	staklast do sedefast
Pojavljivanje:	u metamorfnim stijenama niskog stupnja (pr. kloritni škriljavci), sekundarni u magmatskim stijenama (alteracija Mg-Fe silikata)
Dodatno:	savitljivi i plastični listići

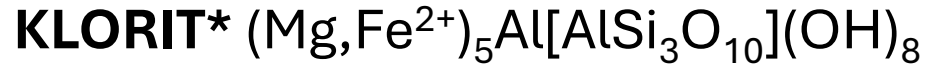


struktura klorita

Izvor slike: Klein & Philpotts (2013)

Razred 13. Silikati – struktura

Podrazred: filosilikati – Grupa klorita



* najčešće Mg-Fe serija čvrstih otopina:

- **KLINOKLOR** $\text{Mg}_5\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_8$
- **CHAMOSIT** $\text{Fe}^{2+}_5\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_8$

Kristalni sustav: monoklinski (2/m), neki triklinlinski

Habitus: listićasti kristali, uglavnom u sitnolistićastim agregatima

Tvrdoća: 2 – 2 ½

Gustoća: 2,6 – 3,3

Kalavost: savršena po {001}

Lom: neravan

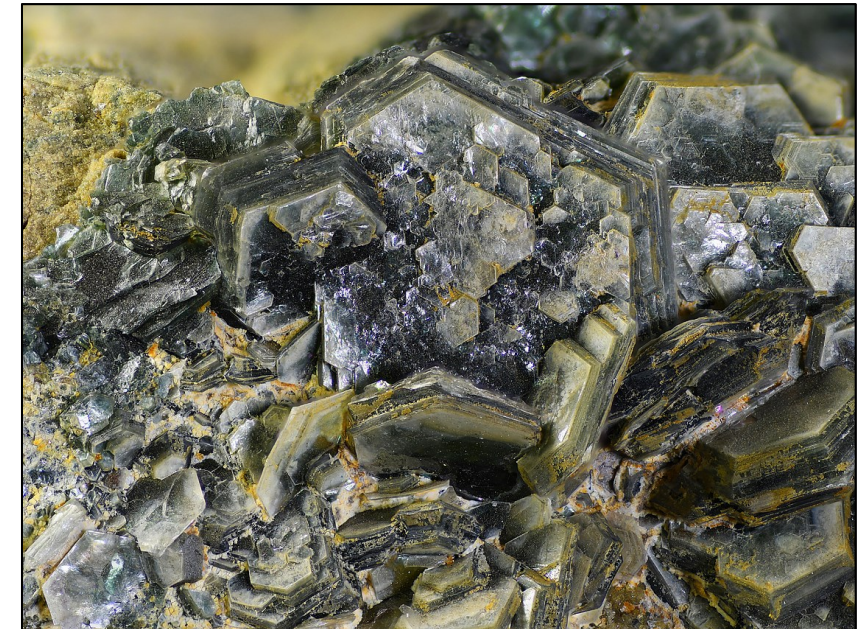
Boja: zelena u raznim nijansama, rjeđe žut, bijel

Crt: bijel

Sjaj: staklast do sedefast

Pojavljivanje: u metamorfnim stijenama niskog stupnja (pr. kloritni škriljavci), sekundarni u magmatskim stijenama (alteracija Mg-Fe silikata)

Dodatno: savitljivi i plastični listići



Izvor fotografija: <https://www.mindat.org>, <https://www.alexstrekeisen.it/>

Razred 13. Silikati – struktura

Podrazred: filosilikati – Grupa kaolina-serpentina – Kaolinski minerali

KAOLINIT $\text{Al}_2[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$

Kristalni sustav: trikliniski ($\bar{1}$)

Habitus: vrlo sitni listićasti kristali;
u frakciji čestica gline ($< 2 \mu\text{m}$)

Tvrdoća: 2 – 2 ½

Gustoća: 2,68

Kalavost: savršena po {001}

Lom: neravan

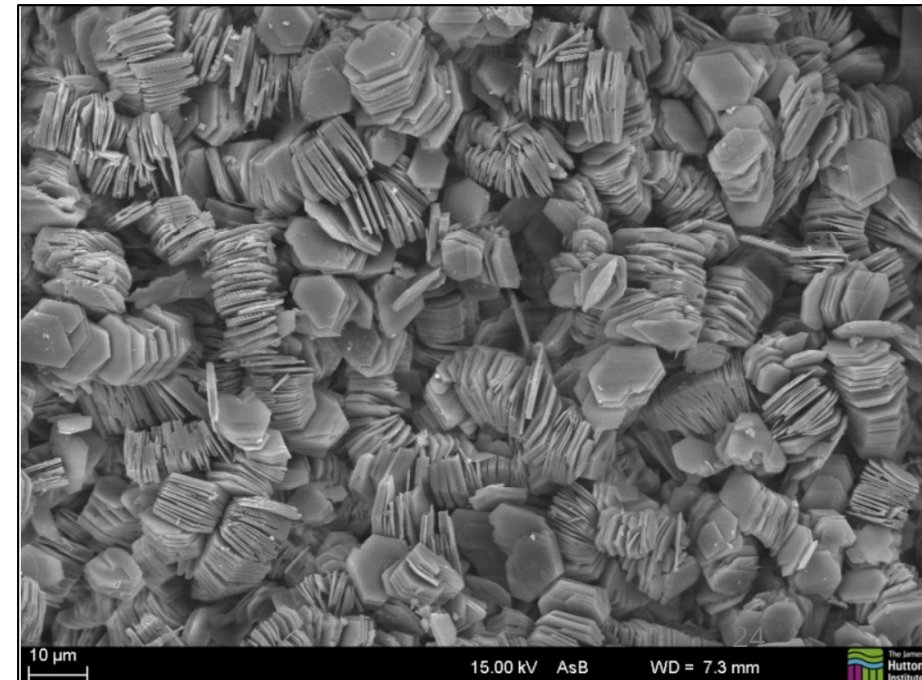
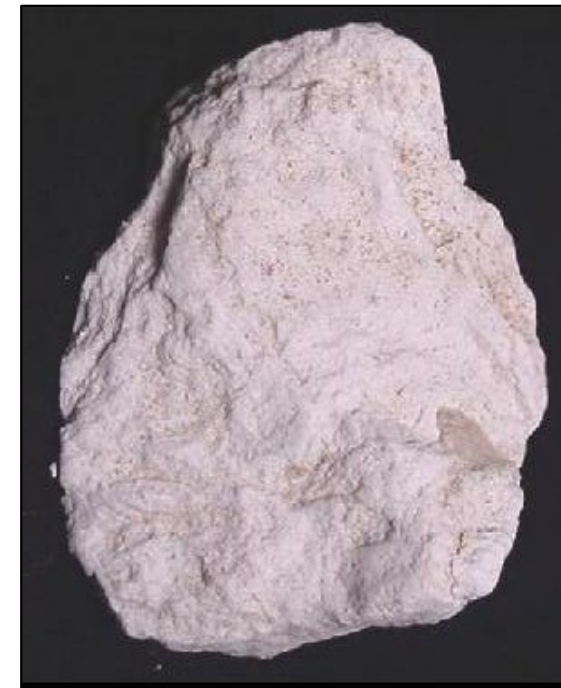
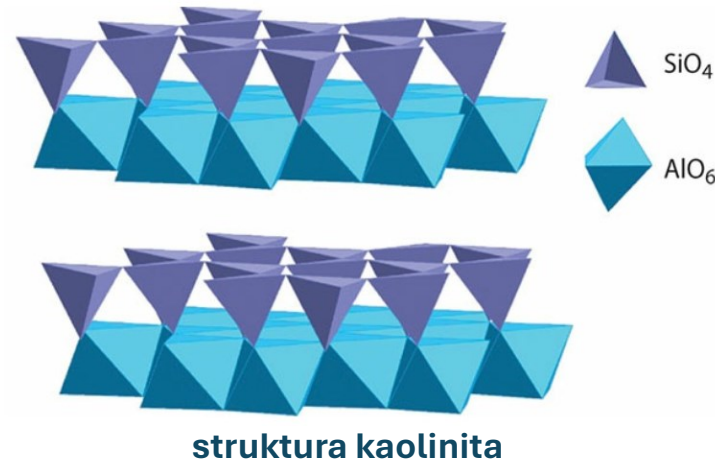
Boja: bijel, obojan od nečistoća

Crt: bijel

Sjaj: agregati zemljastog sjaja

Pojavljivanje: uvijek sekundarnog porijekla, nastaje trošenjem ili hidrotermalnom izmjenom primarnih alumosilikata (npr. feldspata); u tlima

Dodatno: važan industrijski mineral (pr. proizvodnja papira i keramike, porculana)



Razred 13. Silikati – struktura

Podrazred: filosilikati – Grupa kaolina-serpentina – Serpentinski minerali

SERPENTINI* $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$

Kristalni sustav:	monoklinski (2/m)
Habitus:	sitni listićasti kristali, masivni gusti agregati, finovlaknasti agregati (krizotil)
Tvrdoća:	2 ½ – 3 ½
Gustoća:	2,55 – 2,60
Kalavost:	savršena po {001}
Lom:	neravan
Boja:	blijedi do svijetlozeleni, tamnije obojeni (sivo, smeđe, crno) od fino raspršenog magnetita
Crt:	bijel
Sjaj:	mastan, svilenkast kod krizotila
Pojavljivanje:	sekundarnog porijekla, hidrotermalna izmjena ultrabazičnih stijena
Dodatno:	serpentiniti = stijene građene od serpentina; industrijski mineral - azbest

* Grupa od 10-ak mineralnih vrsta, od kojih su u prirodi najčešći:

- **LIZARDIT** $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$ – najčešći
- **KRIZOTIL** $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$
- **ANTIGORIT** $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$



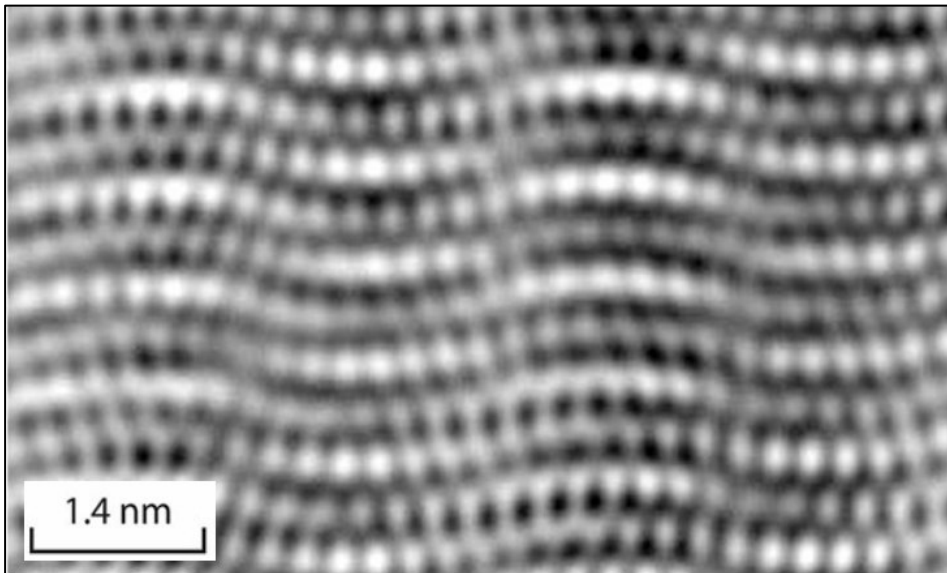
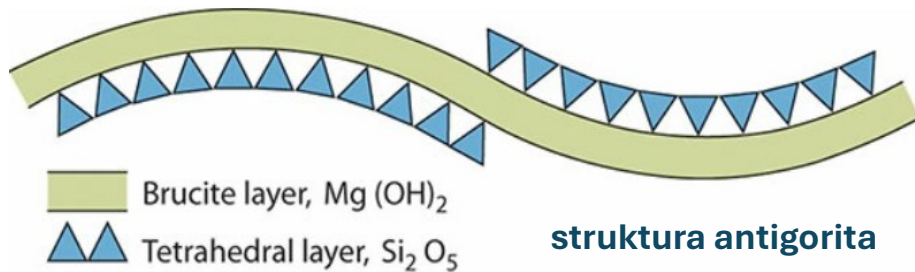
Razred 13. Silikati – struktura

Podrazred: filosilikati – Grupa kaolina-serpentina –
Serpentinski minerali

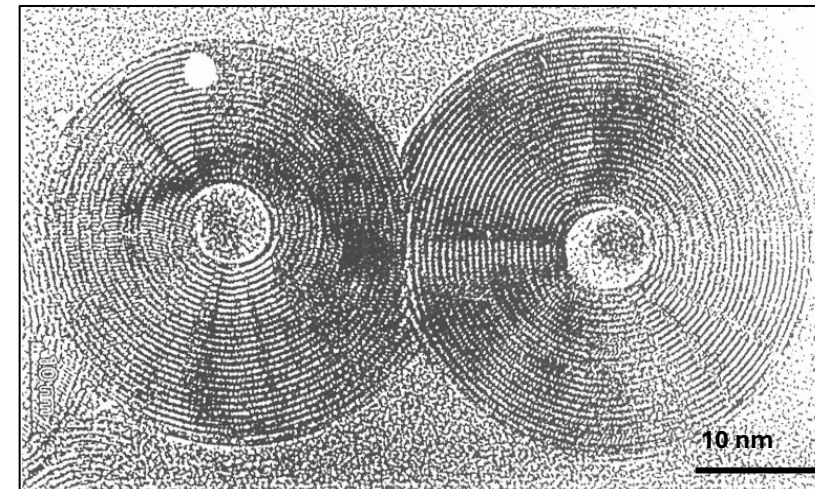
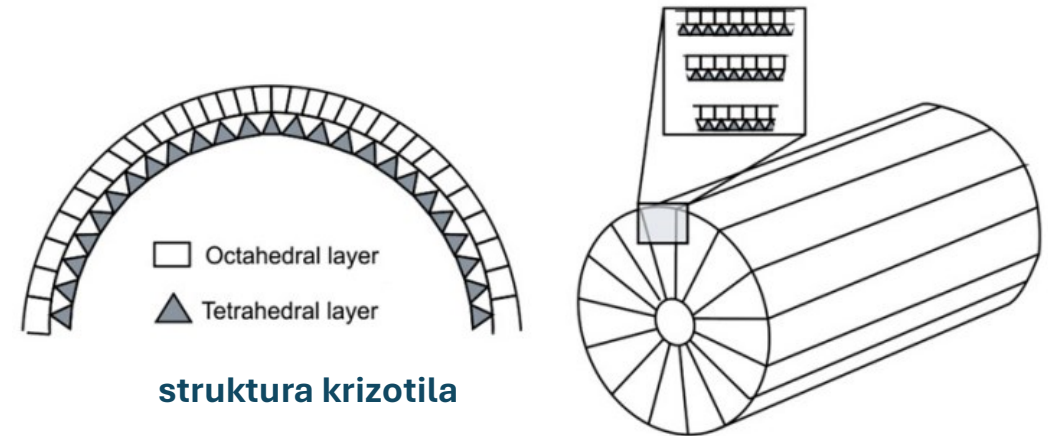
SERPENTINI* $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$

* Grupa od 10-ak mineralnih vrsta, od kojih su u prirodi najčešći:

- **LIZARDIT** $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$ – najčešći
- **KRIZOTIL** $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$
- **ANTIGORIT** $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$



Fotografija dobivena pomoću HRTEM-a.



Fotografija dobivena pomoću HRTEM-a, poprečni presjek iglice krizotila.

Preuzeto iz Slovenec i Bermanec (2003).

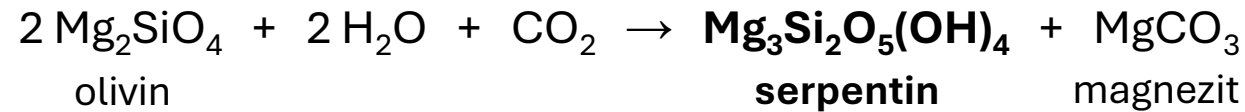
Razred 13. Silikati – struktura

Podrazred: filosilikati – Grupa kaolina-serpentina –
Serpentinski minerali

SERPENTINI* $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$

* Grupa od 10-ak mineralnih vrsta, od kojih su u prirodi najčešći:

- **LIZARDIT** $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$ – najčešći
- **KRIZOTIL** $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$
- **ANTIGORIT** $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$



Razred 13. Silikati – struktura

Azbest = forma!

→ određeni silikatni minerali koji imaju visoko vlaknastu (azbestnu) strukturu

→ omjer d:š barem 3:1 (i do 10.000:1)

1) **serpentine** (filosilikati) = serpentine azbest

- krizotil $\text{Mg}_3[\text{Si}_2\text{O}_5](\text{OH})_4$
- bijeli azbest, 95 % tržišta



2) **amfiboli** (inosilikati) = amfibolski azbest

- ribeokit (krokidolit) $\text{Na}_2\text{Fe}^{2+}_3\text{Fe}^{3+}_2[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH},\text{F},\text{Cl})_2$
- amosit, $\text{Fe}^{2+}_2\text{Fe}^{2+}_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$
- antofilit, $\text{Mg}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$
- tremolit, $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$
- aktinolit $\text{Ca}_2(\text{Mg},\text{Fe})_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$
- plavi azbest (krokidolit)



- ! otporni na toplinu
- ! kemijski inertni
- ! posjeduju visoka svojstva električne izolacije
- ! dovoljno fleksibilni za tkanje

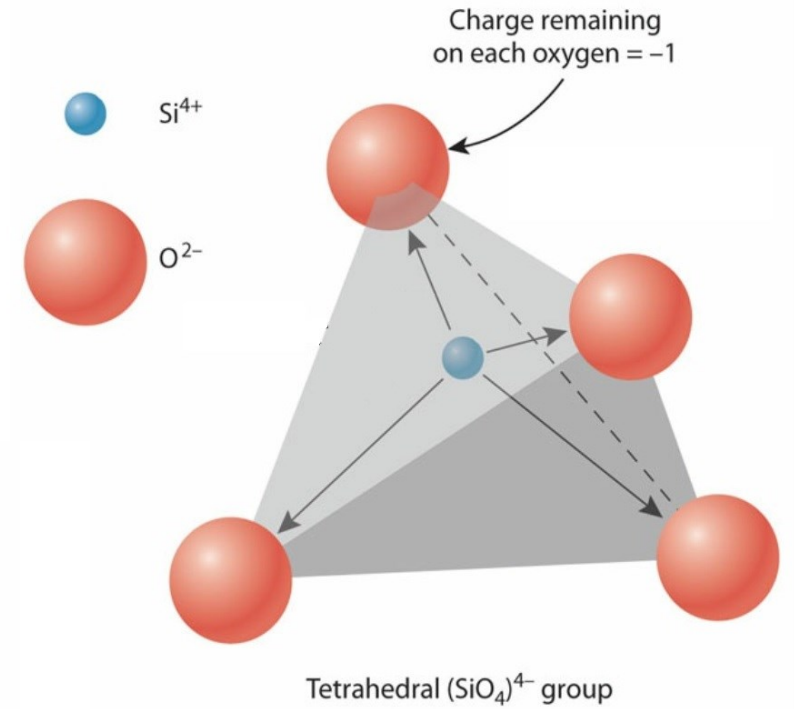
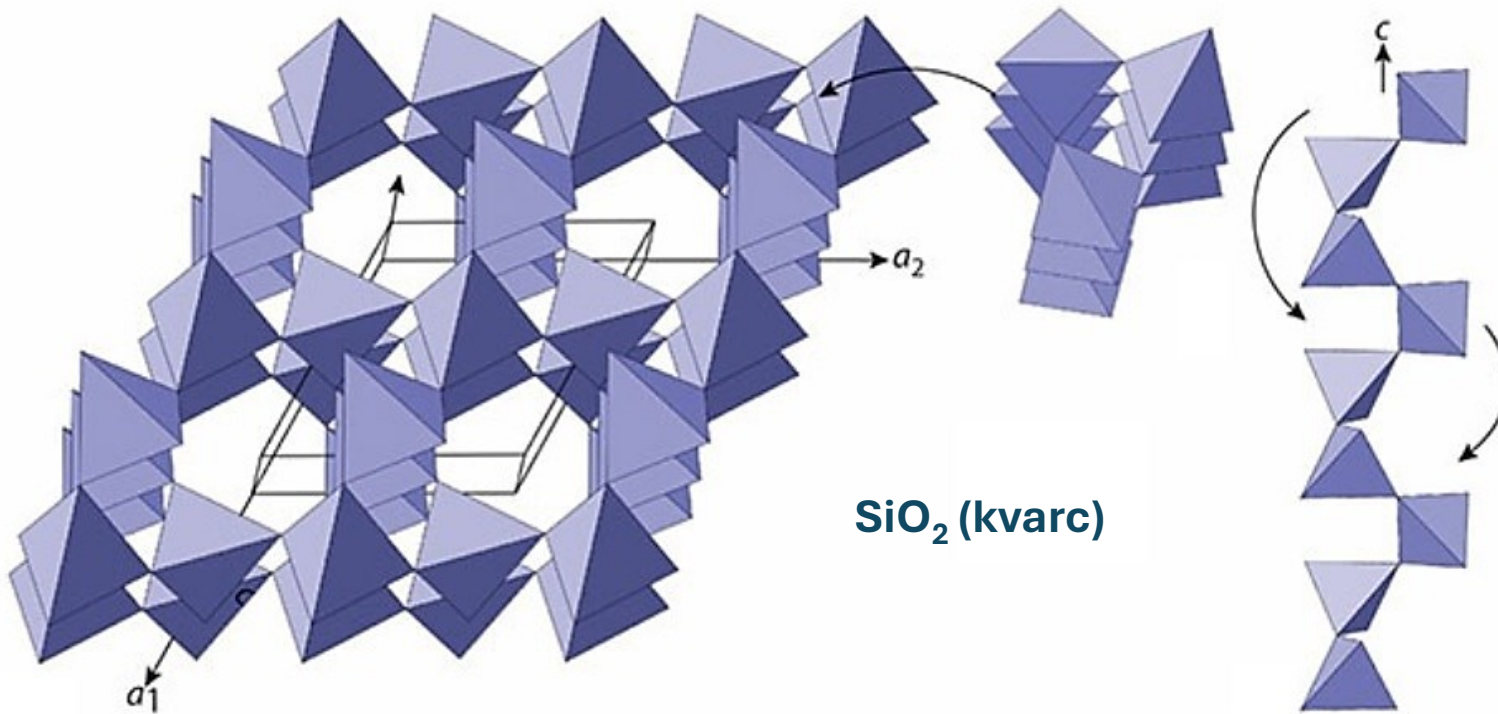
serpentine (krizotilski) azbest



Razred 13. Silikati – struktura

Podrazred: tektosilikati

! Svi tetraedri SiO_4 međusobno povezani preko **sva četiri vrha** zajedničkim atomima → trodimenzionalni kostur



Kvarc nije silikat!

Razred 13. Silikati – struktura

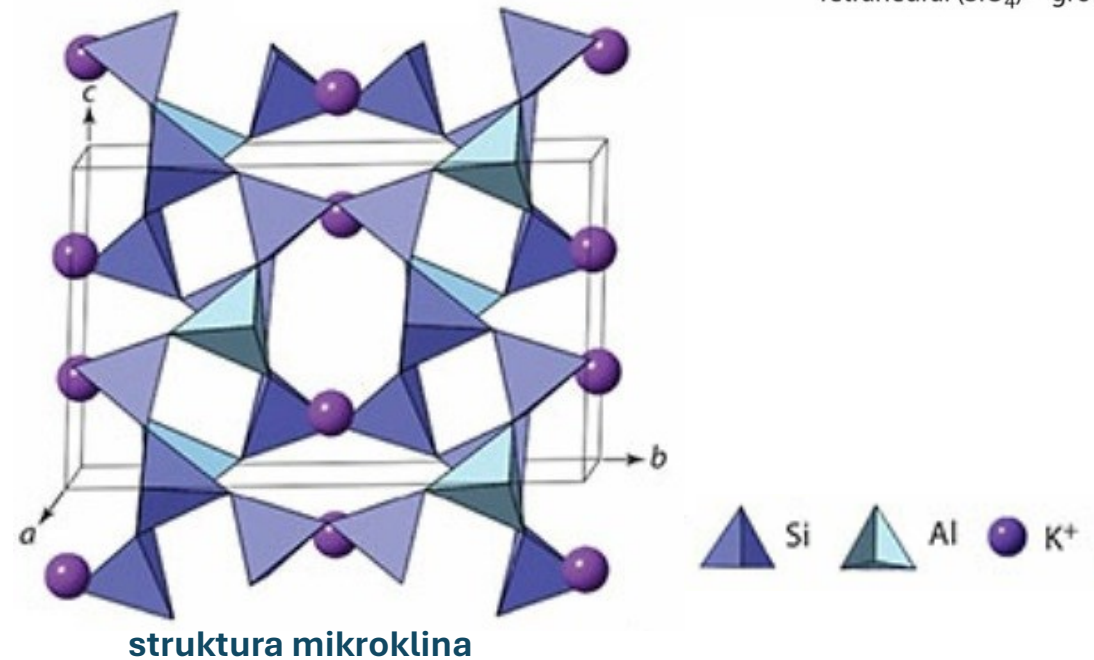
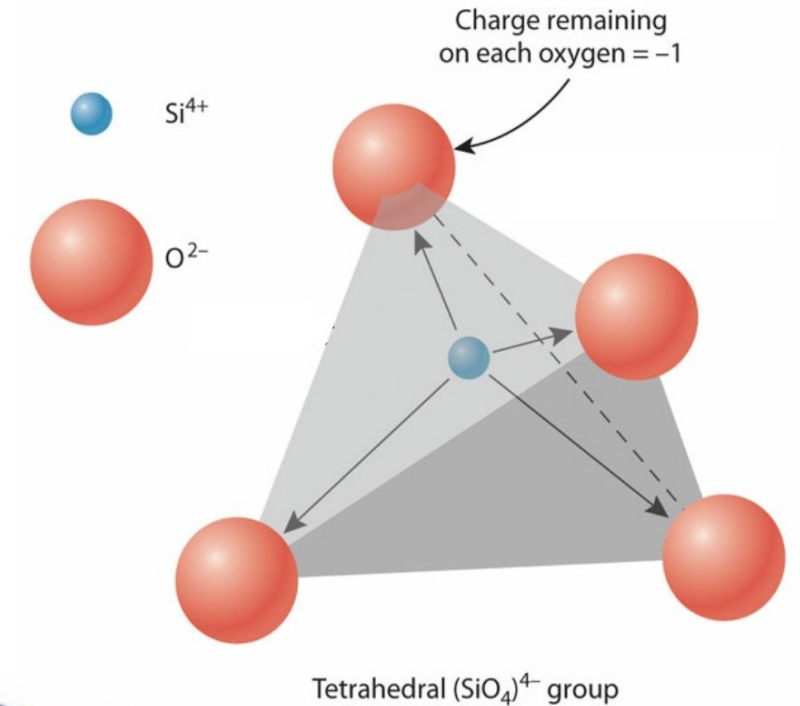
Podrazred: tektosilikati

! Svi tetraedri SiO_4 međusobno povezani preko **sva četiri vrha** zajedničkim atomima → trodimenzionalni kostur

- **Si^{4+} ($0,4 \text{ \AA}$) $\leftrightarrow$ Al^{3+} ($0,5 \text{ \AA}$)** + K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Ba^{2+} , ...
± anioni (OH^- , F^- , Cl^- , SO_4^{2-} , CO_3^{2-}) ± H_2O

→ alumosilikati

- **omjer (Si+Al):O = 1:2**
- gustoća: mala (2 – 3,5)
- tvrdća: relativno velika (5 – 6)
- boja: bezbojni, svijetlo obojeni, sivosmeđi (od Fe)



Razred 13. Silikati – klasifikacija

Podrazred: tektosilikati

Razred: **Silikati**

Podrazred: 6. **Tektosilikati** (*framework silicates*)

6.1. Grupa nefelina – kaliofilita

6.2. Grupa leucita

6.3. Grupa feldspata

- **alkalijski feldspati**
- **plagioklasi**
- **barijeve feldspati**
- **ostali feldspati**

6.4. Grupa sodalita-noseana

6.5. Obitelj skapolita

6.6. Obitelj zeolita

6.3. Grupa feldspata (glinenci)

Alkalijski feldspati (K-Fsp)

- **sanidin** $K[AlSi_3O_8]$, $(K,Na)[AlSi_3O_8]$
- **ortoklas** $K[AlSi_3O_8]$
- **mikroclin** $K[AlSi_3O_8]$
- **anortoklas** $(Na,K)[AlSi_3O_8]$

Plagioklasi (Pl)

- **albit** $Na[AlSi_3O_8]$
- **anortit** $Ca[Al_2Si_2O_8]$

Barijeve feldspati

- **celzijan** $Ba[Al_2Si_2O_8]$
- **hijalofan** $(K,Ba,Na)[Al(Al,Si)Si_2O_8]$

Ostali

Razred 13. Silikati – klasifikacija

Podrazred: tektosilikati

→ Najrasprostranjeniji minerali u Zemljinoj kori
→ Važni petrogeni minerali!

Razred: **Silikati**

Podrazred: 6. **Tektosilikati** (*framework silicates*)

6.1. Grupa nefelina – kaliofilita

6.2. Grupa leucita

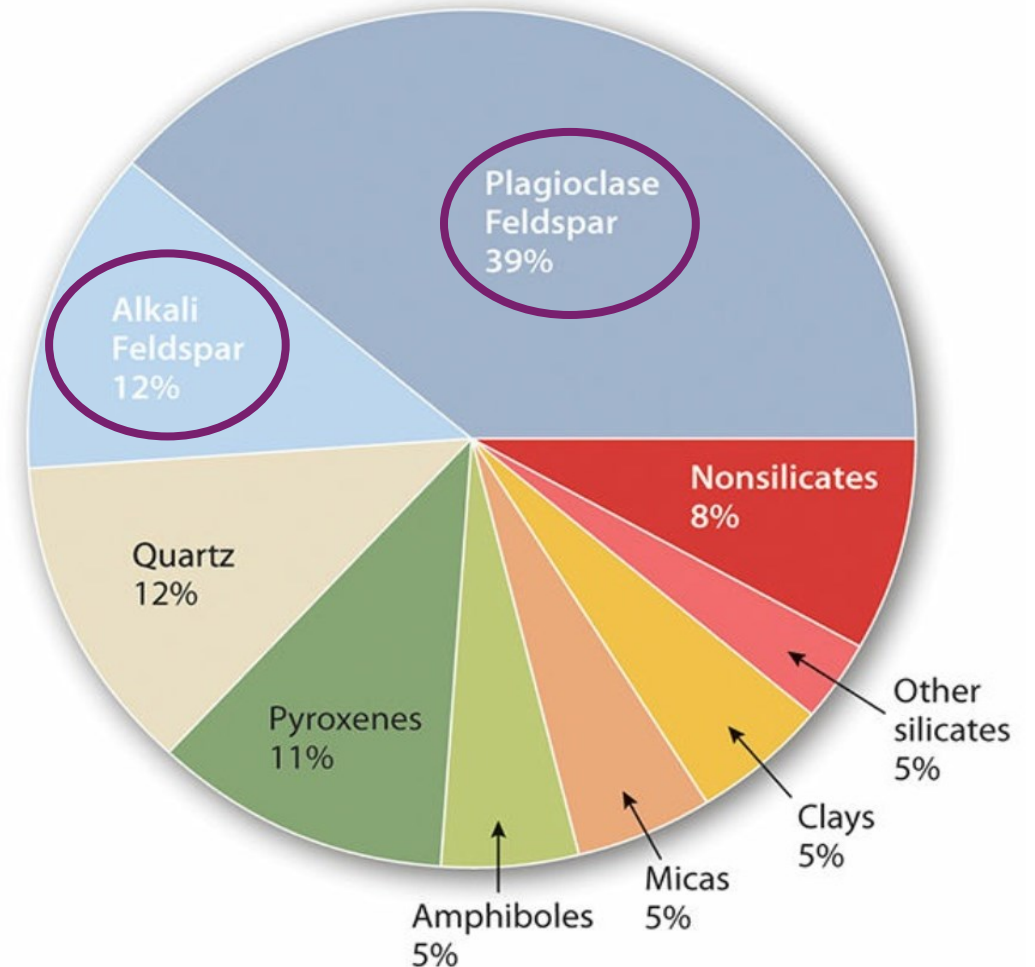
6.3. Grupa feldspata

- **alkalijski feldspati**
- **plagioklasi**
- **barijevi feldspati**
- **ostali feldspati**

6.4. Grupa sodalita-noseana

6.5. Obitelj skapolita

6.6. Obitelj zeolita



Preuzeto iz Klein & Philpotts (2013).

**udio različitih skupina minerala u sastavu
Zemljine kore**

Razred 13. Silikati

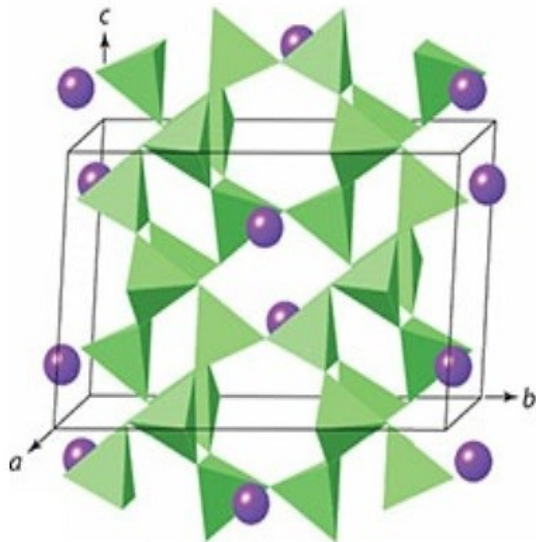
Podrazred: tektosilikati – Grupa feldspata – Alkalijski feldspati

$K[AlSi_3O_8]$ polimorfije

Polimorfizam tipa red-nered

- stupanj uređenosti uvjetovan je **temperaturom** na kojoj je došlo do kristalizacije te **brzinom hlađenja**

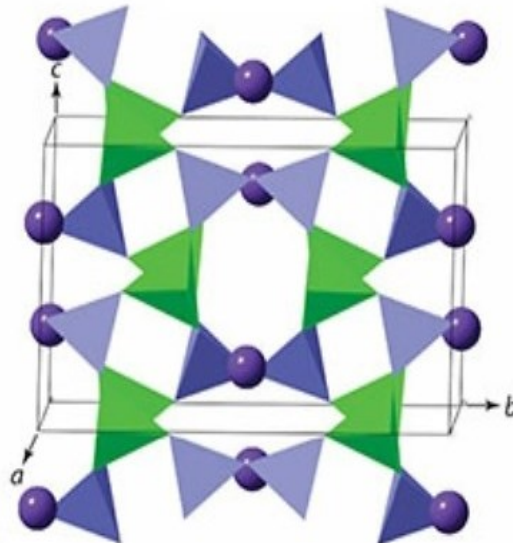
Sanidin



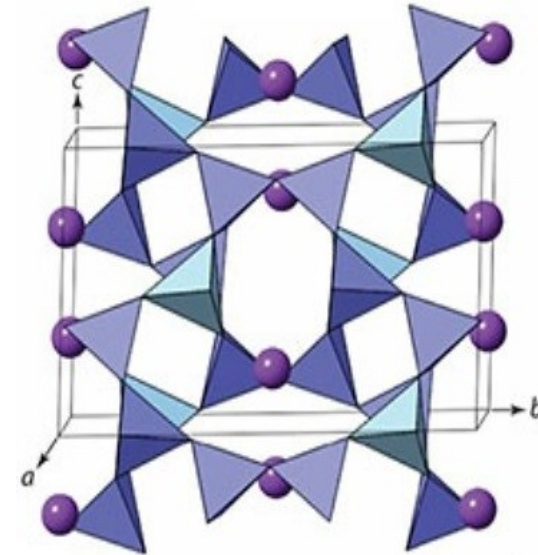
potpuno neuređena struktura

$C 2/m$

Ortoklas



Mikroclin



potpuno uređena struktura
veća uređenost → niža simetrija

$C \bar{1}$



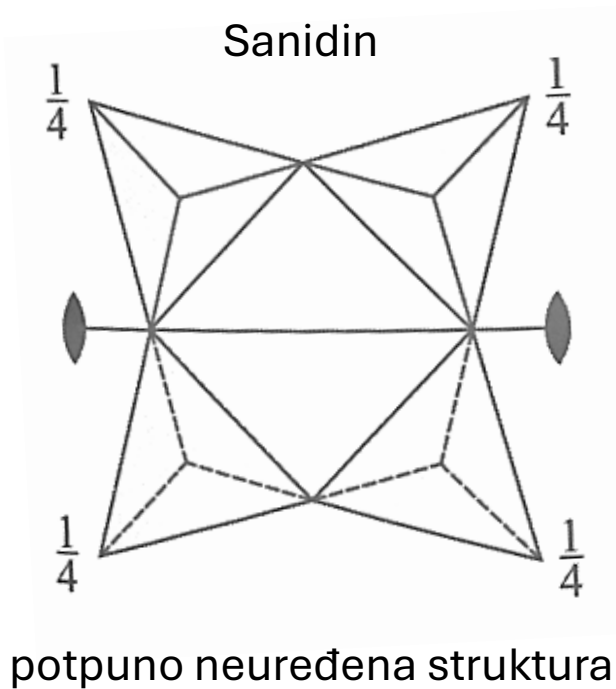
Razred 13. Silikati

Podrazred: tektosilikati – Grupa feldspata – Alkalijski feldspati

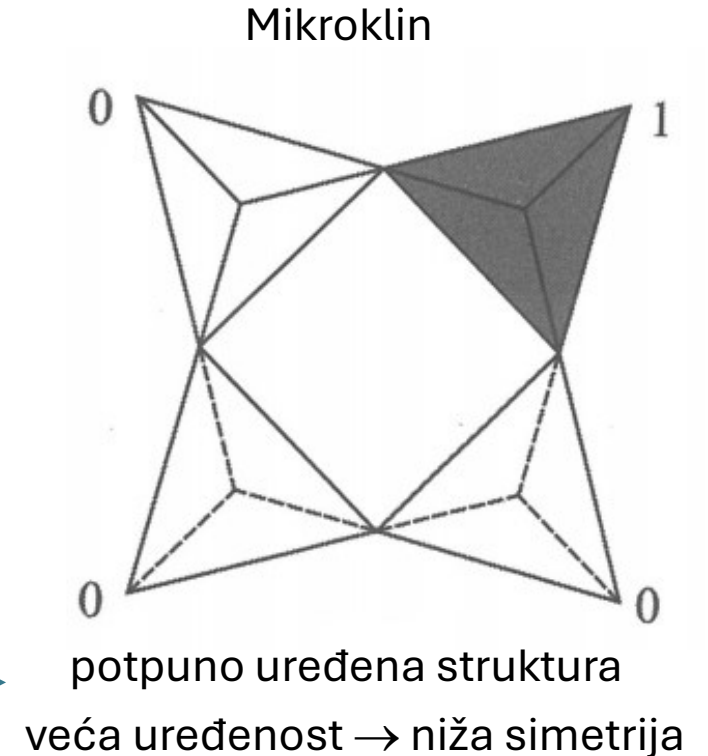
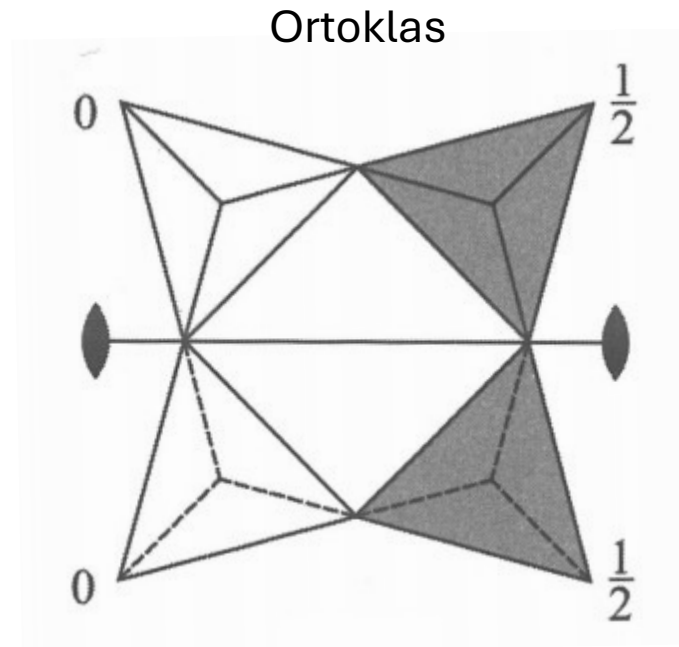
K[AlSi₃O₈] polimorfije

Polimorfizam tipa red-nered

- stupanj uređenosti uvjetovan je **temperaturom** na kojoj je došlo do kristalizacije te **brzinom hlađenja**



C 2/m



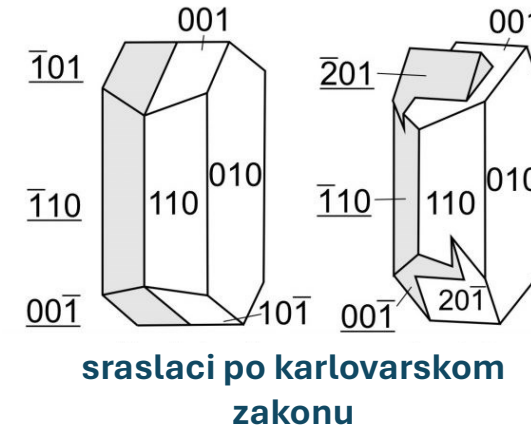
C $\bar{1}$

Razred 13. Silikati

Podrazred: tektosilikati – Grupa feldspata – Alkalijski feldspati

SANIDIN $K[AlSi_3O_8]$

- Kristalni sustav: monoklinski (2/m)
Habitus: pločasti kristali || {010}; česti karlovarski sraslaci
Tvrdća: 6
Gustoća: 2,52
Kalavost: savršena po {001}, dobra po {010}, **kut=90°**
Lom: neravan
Boja: bezbojan do bijel
Crt: bijel
Sjaj: staklast do sedefast
Pojavljivanje: kisel i neutralni **efuzivi**,
naglo hlađenje lave, **svježi**



ANORTOKLAS $(Na,K)[AlSi_3O_8]$ triklinski ($\bar{1}$), efuzivi



Razred 13. Silikati

Podrazred: tektosilikati – Grupa feldspata – Alkalijski feldspati

ORTOKLAS $K[AlSi_3O_8]$

Kristalni sustav: monoklinski (2/m)

Habitus: kratkoprizmatski kristali izduženi duž osi a ili c , pločasti kristali $\parallel \{010\}$; često u kristalima, zrnast ili kalavim masama; anhedralna zrna u stijenama

Tvrdoća: **6**

Gustoća: 2,55 – 2,63

Kalavost: savršena po $\{001\}$, dobra po $\{010\}$, **kut=90°**

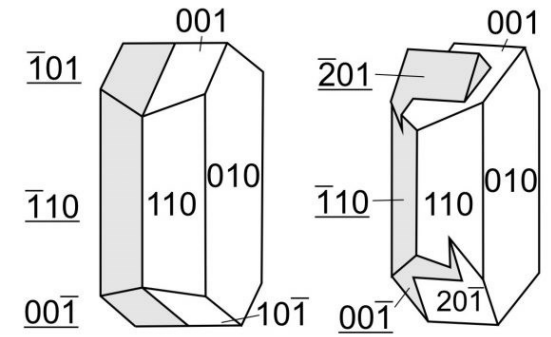
Lom: neravan do školjkast

Boja: bezbojan do bijel, sivkast, crvenkast, ružičast, zelenkast

Crt: bijel

Sjaj: staklast do sedefast

Pojavljivanje: kiseli i neutralni **intruzivi** hladjeni **na umjerenoj dubini** u Zemljinoj kori, pegmatiti



sraslaci po karlovarskom zakonu



Razred 13. Silikati

Podrazred: tektosilikati – Grupa feldspata – Alkalijski feldspati

ORTOKLAS $K[AlSi_3O_8]$ – varijeteti



mjesečev kamen (moonstone) –
pertitne lamele – adulariziranje



sunčev kamen (sunstone) –
uklopci hematita – aventuriziranje



adular – bistri bezbojni kristali
(niskotemperaturni hidrotermalni
varijetet), forma {110}

Razred 13. Silikati

Podrazred: tektosilikati – Grupa feldspata – Alkalijski feldspati

MIKROKLIN $K[AlSi_3O_8]$

Kristalni sustav: triklinski ($\bar{1}$)

Habitus: sličan ortoklasu; česta polisintetska srastanja po dva sraslačka zakona (albitni i periklinski) → lamele se sijeku gotovo pod 90° u presjeku II (001) (rešetkasta „**tartan**” struktura)

Tvrdoća: 6 – 6½

Gustoća: 2,55 – 2,63

Kalavost: savršena po {001}, dobra po {010}, kut ~ **90°**

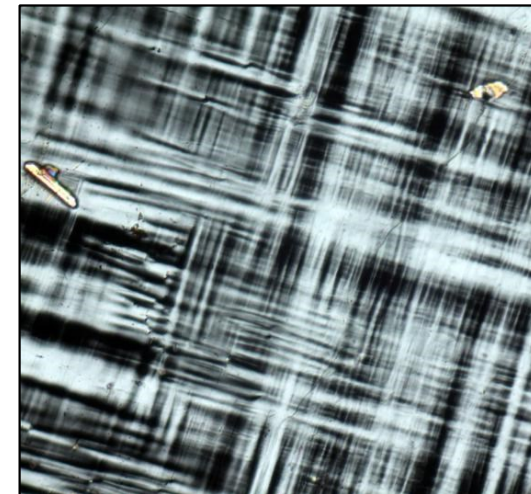
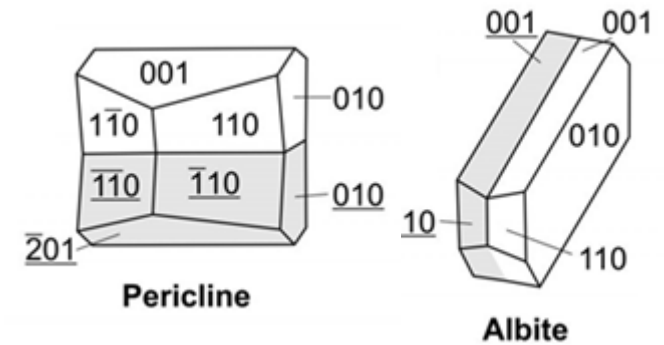
Lom: neravan

Boja: bijel, ili od fino disperznih primjesa siv ili blijedocrvenkast, zelen (var. amazonit)

Crt: bijel

Sjaj: staklast do sedefast

Pojavljivanje: kisel i neutralni **intruzivi** hlađeni na **većoj dubini**, pegmatiti, gnajsevi



Razred 13. Silikati

Podrazred: tektosilikati – Grupa feldspata – Alkalijski feldspati

MIKROKLIN $K[AlSi_3O_8]$ – varijeteti



amazonit
($2K^+ \leftrightarrow Pb^{2+} + \square$)



„pisani granit”, „klinasto pismo”
(proraščanja K-feldspata* s kvarcom)
*ortoklas ili mikroklin



Razred 13. Silikati

Podrazred: tektosilikati – Grupa feldspata – Plagioklasi

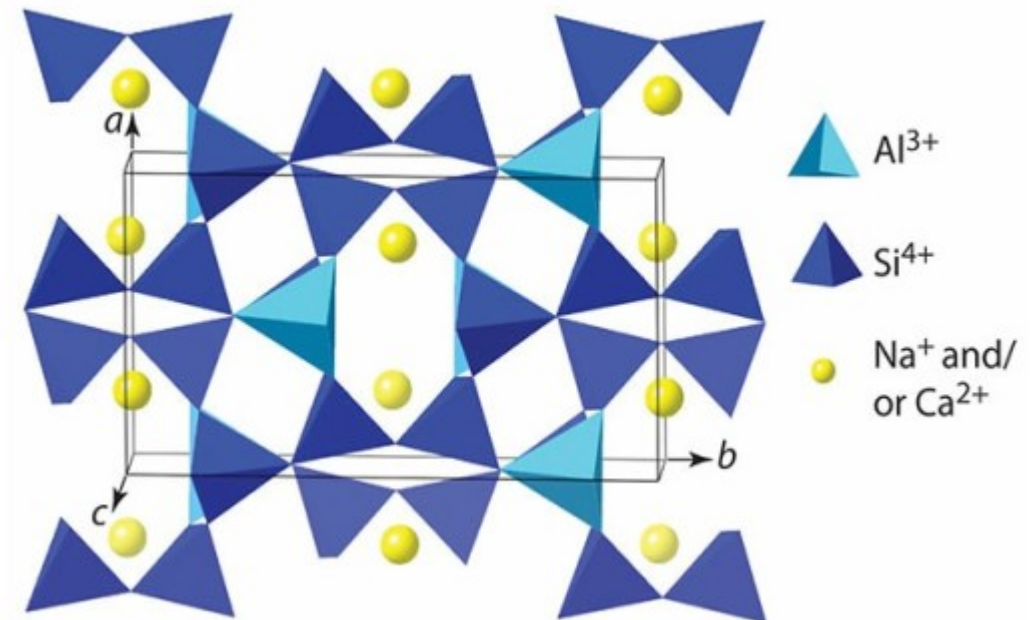
Plagioklasi

- Kristali mješanci (čvrste otopine, *solid solutions*)

- Krajnji članovi:

Albit	(Ab)	$\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$
Anortit	(An)	$\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$

albit	An_{0-10}	kiseli
oligoklas	An_{10-30}	
andezin	An_{30-50}	neutralni
labrador	An_{50-70}	
bytownit	An_{70-90}	bazični
anortit	An_{90-100}	



Razred 13. Silikati

Podrazred: tektosilikati – Grupa feldspata – Plagioklasi

ALBIT $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ – **ANORTIT** $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$

Kristalni sustav: triklinski ($\bar{1}$)

Habitus: zrnasti agregati, kristali pločasti || {010};
česti sraslaci po više sraslačkih zakona (npr. albitni zakon);
zonalna građa (bazičniji u središtu)

Tvrdoća: 6 – 6½

Gustoća: 2,62 – 2,76 (povećava se sa sadržajem Ca)

Kalavost: savršena po {001} i {010}, kut $\approx 86^\circ$

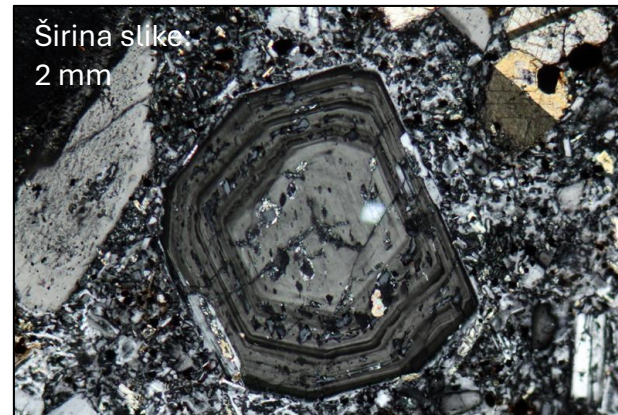
Lom: neravan do školjkast

Boja: bijela, siva, ružičasta ili zelenosiva, u nekih labradora plava
do tamnosiva

Crt: bijel

Sjaj: staklast, na plohama kalavosti sedefast
do dijamantan

Pojavljivanje: rasprostranjeni petrogeni minerali, nalaze se
u svim vrstama stijena

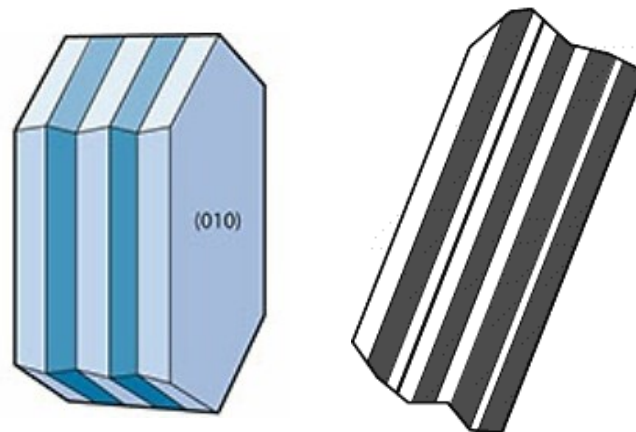
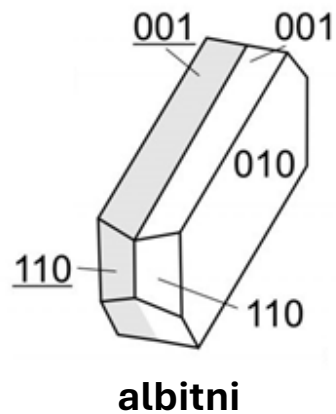
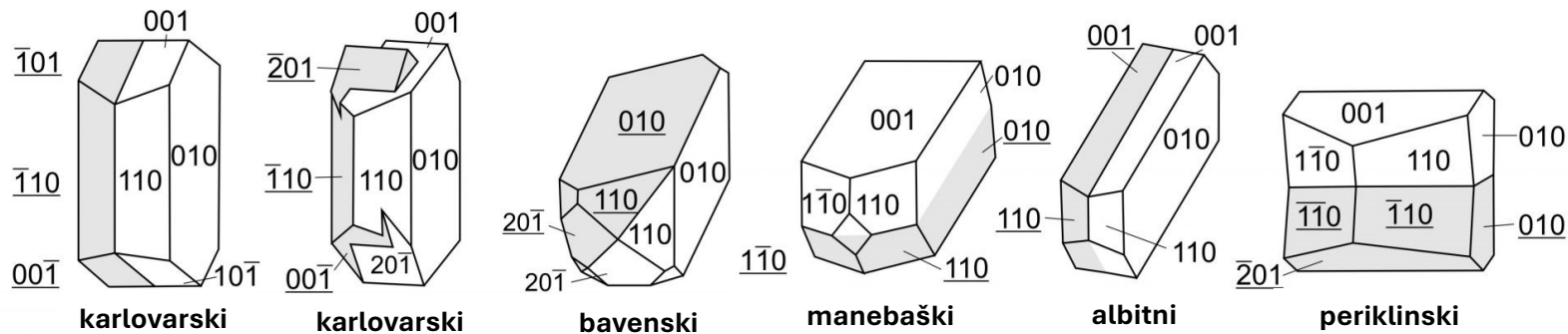


Razred 13. Silikati

Podrazred: tektosilikati – Grupa feldspata – Plagioklasi

ALBIT $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ – ANORTIT $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$

- Sraslaci – jednostavni ili posintetski

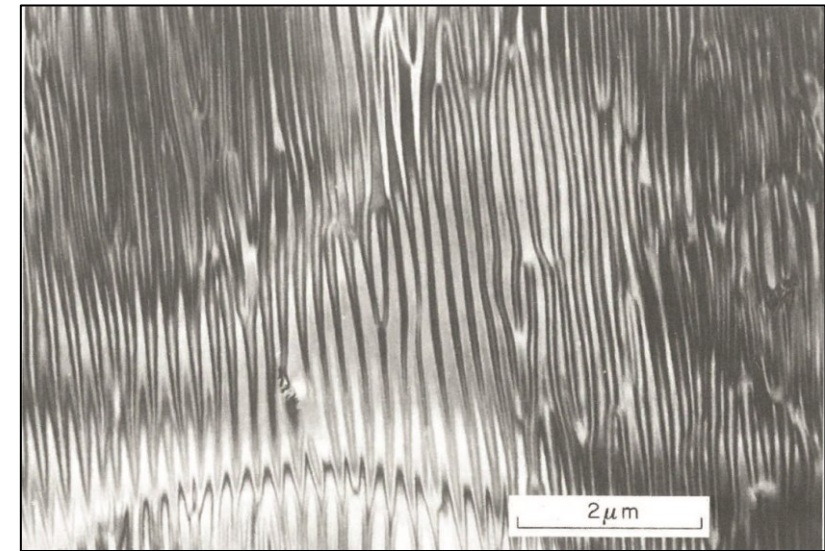


Razred 13. Silikati

Podrazred: tektosilikati – Grupa feldspata – Plagioklasi

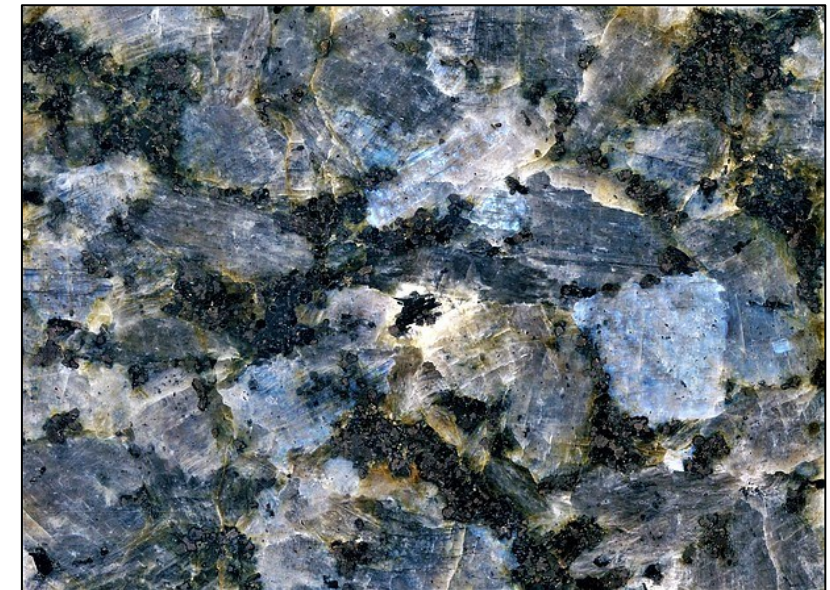
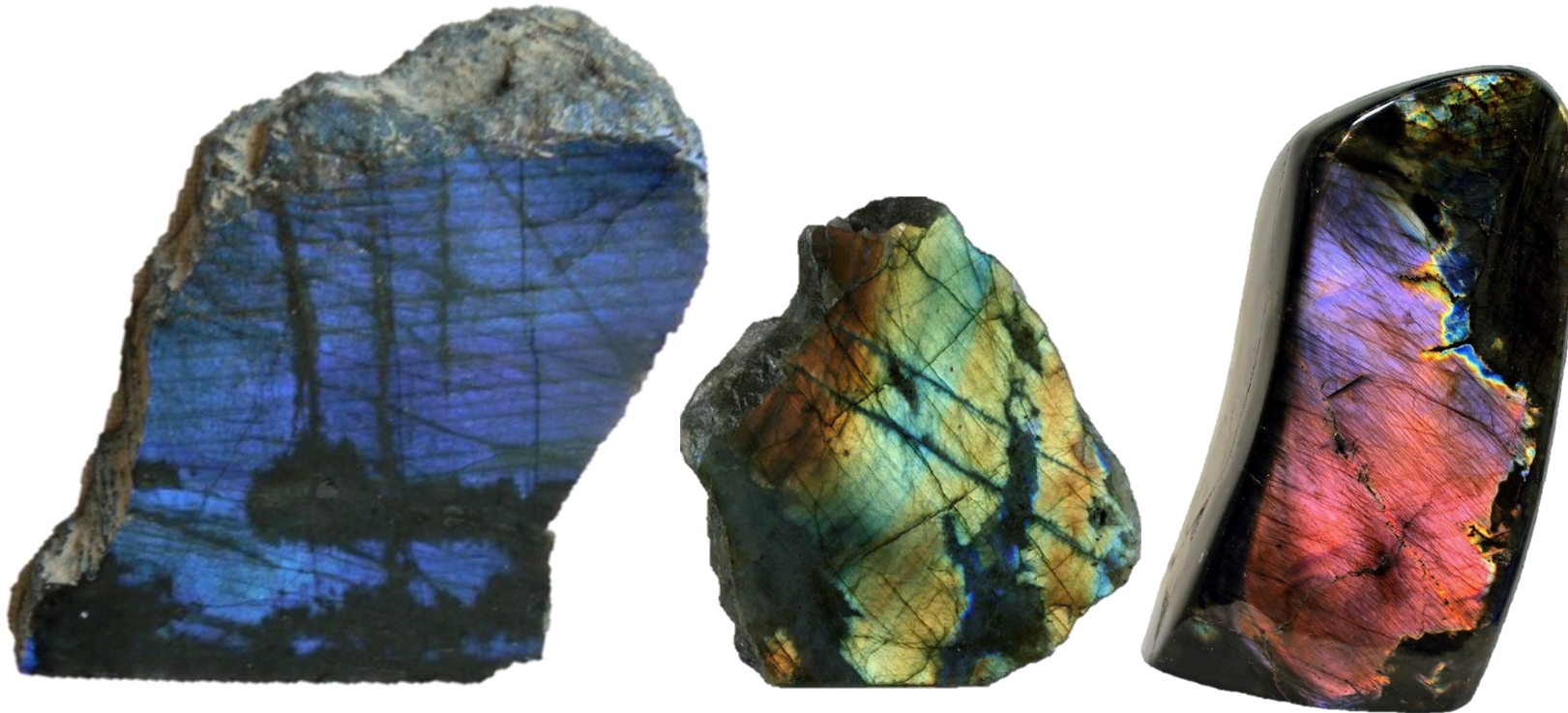
ALBIT $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ – **ANORTIT** $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$

Labradoriziranje (labradorescencija) = difrakcija i posljedično interferencija na tankim eksolucijskim lamelama ($<0,1 \mu\text{m}$) kod labradora (An_{50-70}) → **Irizacija** = pri zakretanju mineral se prelijeva u duginim bojama, tzv. **igra boja** (*play-of-color*)



Preuzeto iz Klein (2002).

eksolucijske lamele kod labradora

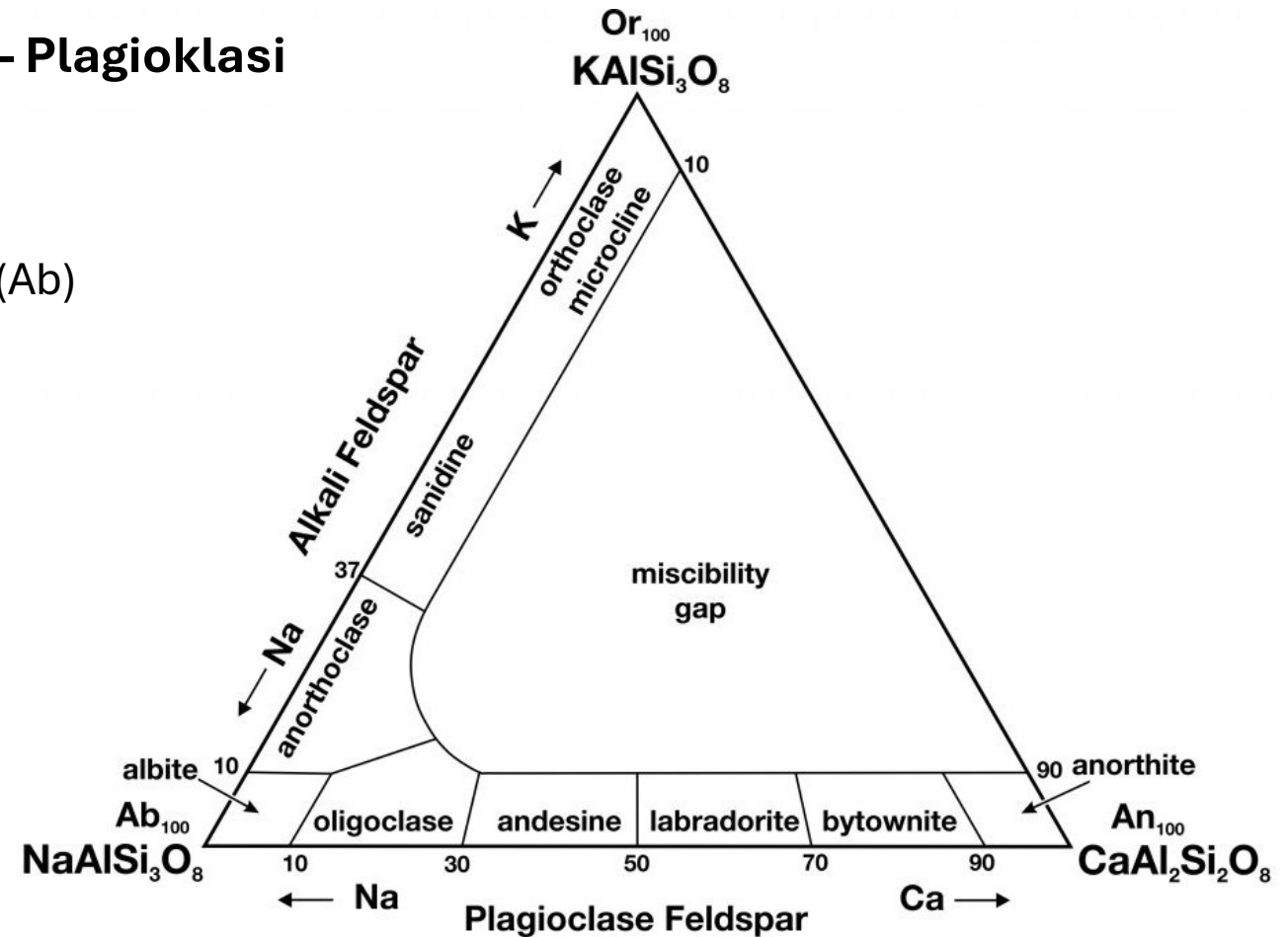
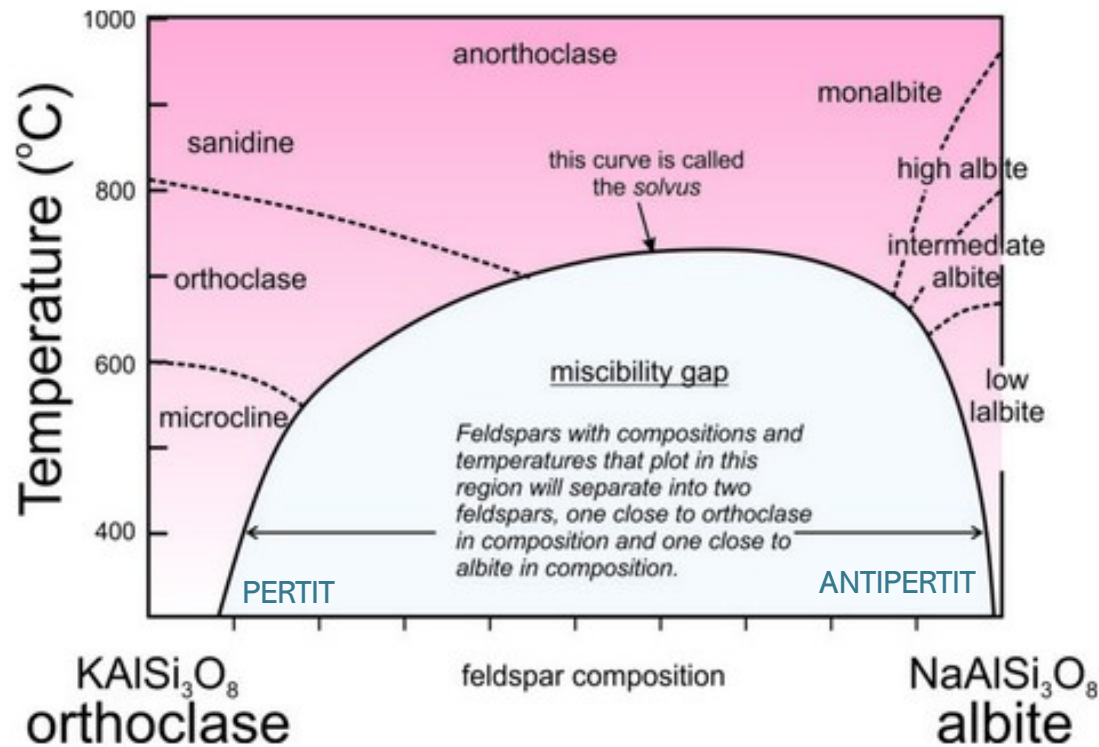


Razred 13. Silikati

Podrazred: tektosilikati – Grupa feldspata – Plagioklasi

- **pertit** – K-Fsp s lamelama Pl (Ab)
- mezoperit – približno jednaki udjeli K-Fsp i Pl (Ab)
- antipertit – Pl (Ab) s lamelama K-Fsp

sporije (duže) hlađenje → veće lamele



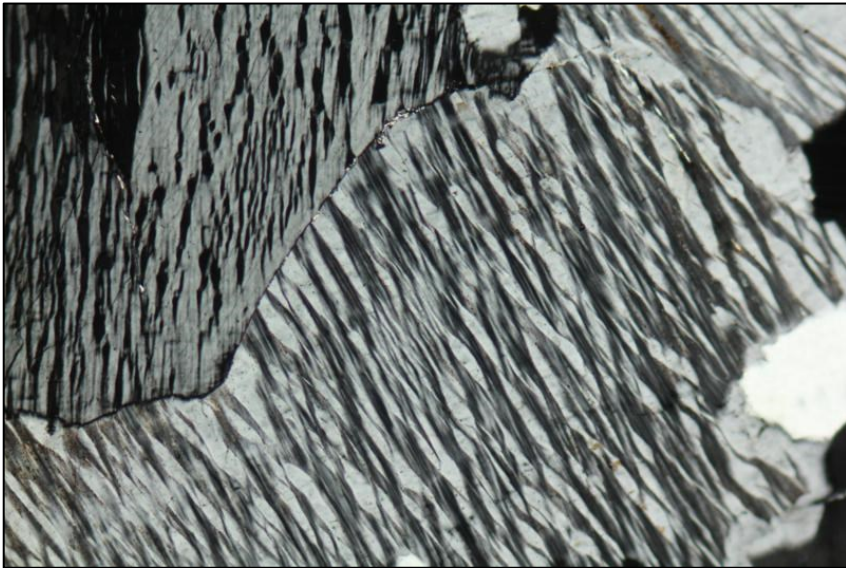
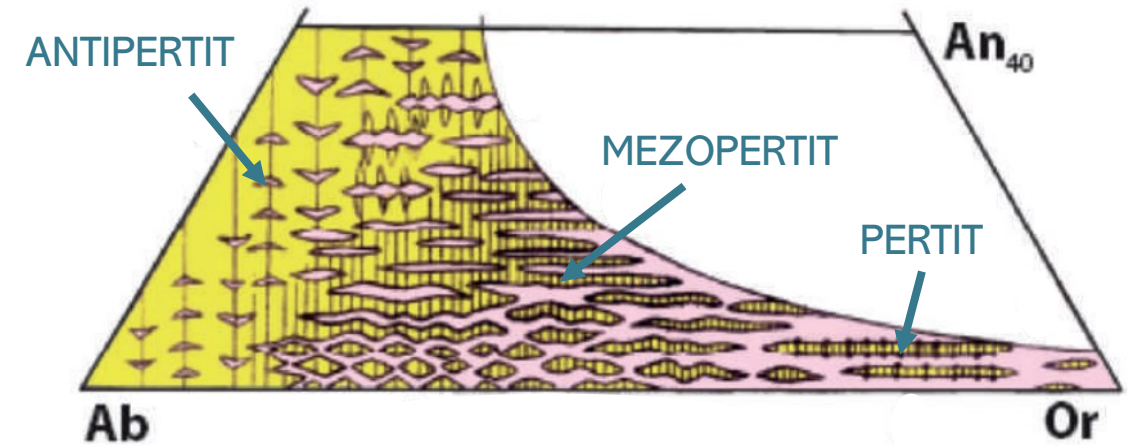
Iznimke: sanidin i anotroklas
(vrlo brzo hlađenje!)

Razred 13. Silikati

Podrazred: tektosilikati – Grupa feldspata – Plagioklasi

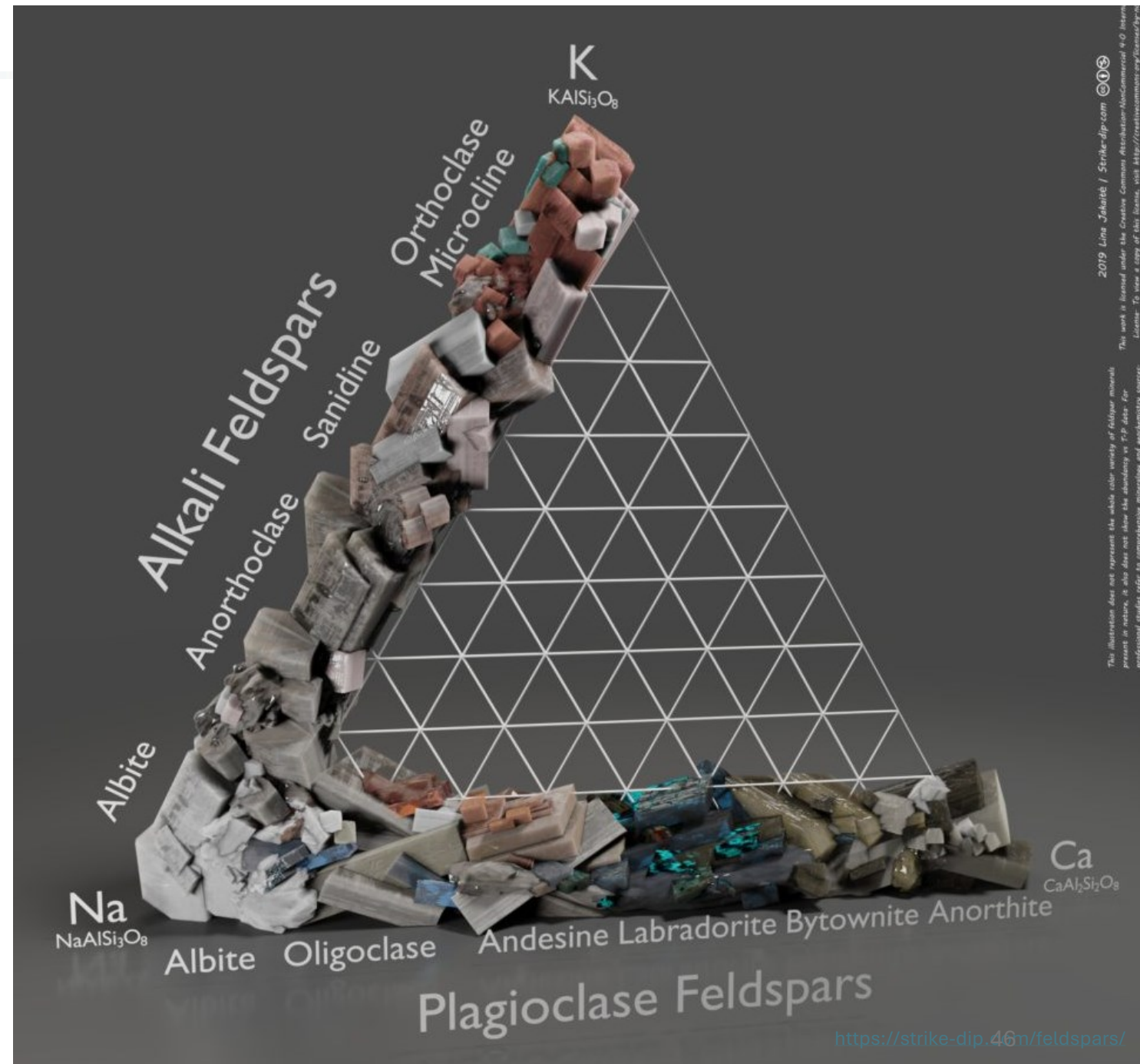
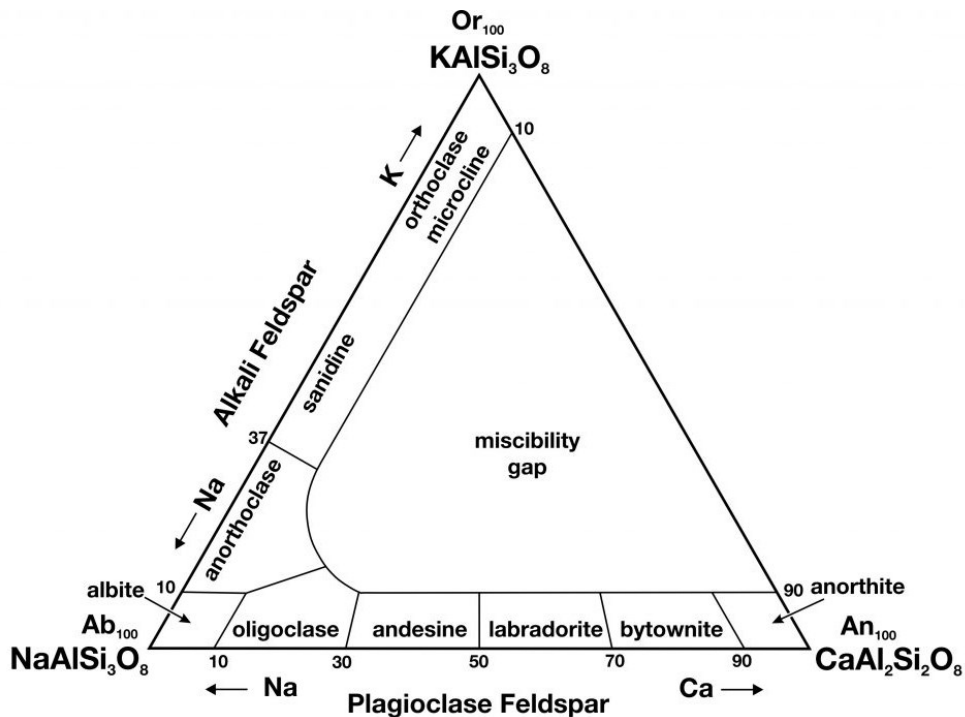
- **pertit** – K-Fsp s lamelama Pl (Ab)
- mezoperit – približno jednaki udjeli K-Fsp i Pl (Ab)
- antipertit – Pl (Ab) s lamelama K-Fsp

sporije (duže) hlađenje → veće lamele



Razred 13. Silikati

Podrazred: tektosilikati – Grupa feldspata – Plagioklasi



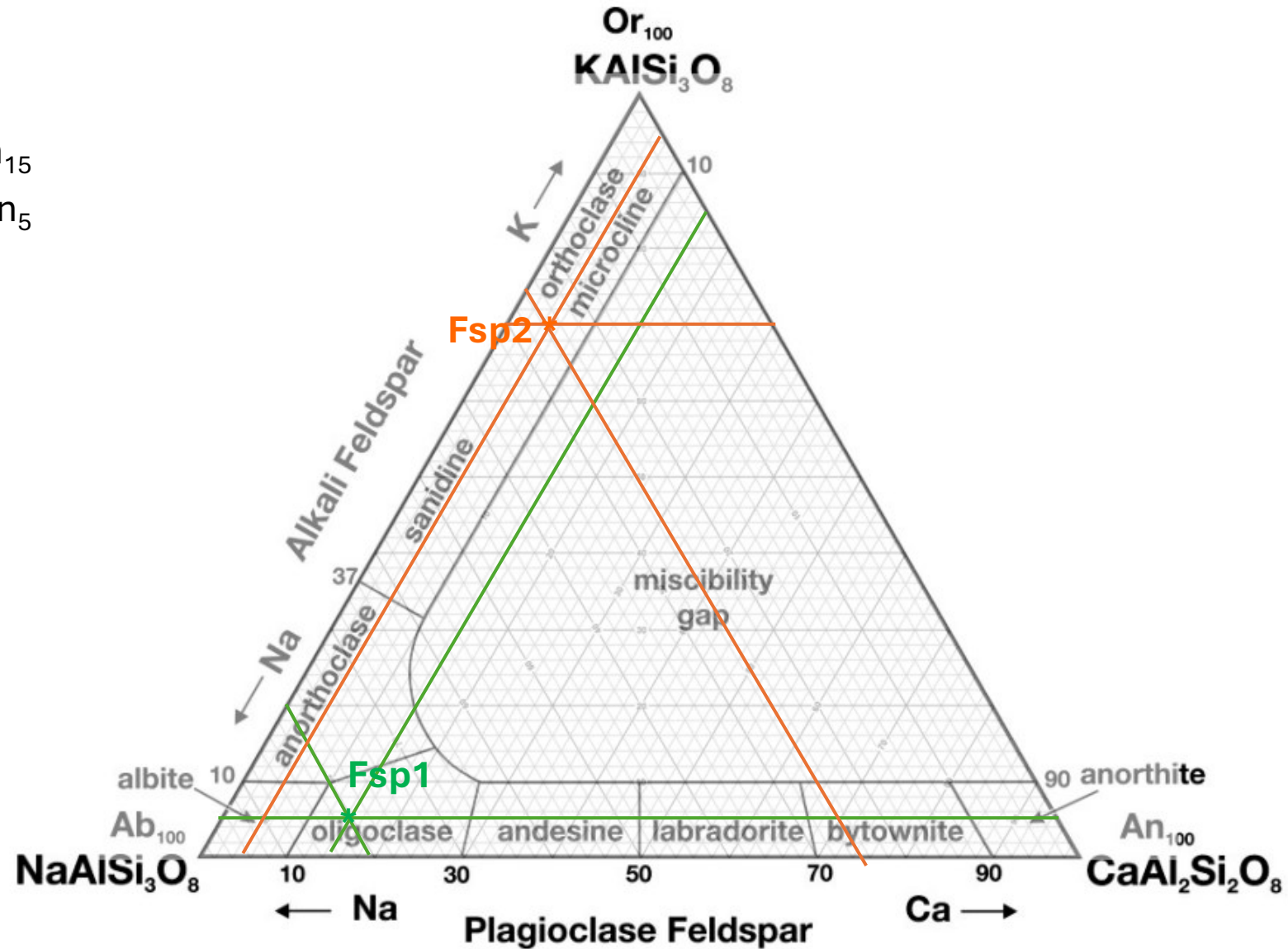
Razred 13. Silikati

Podrazred: tektosilikati – Grupa feldspata

Zadatak:

Fsp1: Or₅Ab₈₀An₁₅

Fsp2: Or₇₀Ab₂₅An₅



Razred 13. Silikati

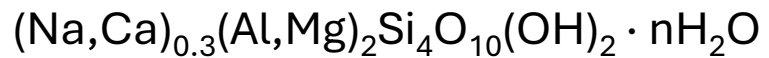
Podrazred: tektosilikati – Grupa feldspata (glinenci)

! Trošenje alkalijskih feldspata → minerali glina

1. Minerali glina koji sadrže alkalije

→ illit $K_{0.65}Al_{2.0}[Al_{0.65}Si_{3.35}O_{10}](OH)_2$

→ smektit



2. Minerali bez alkalija

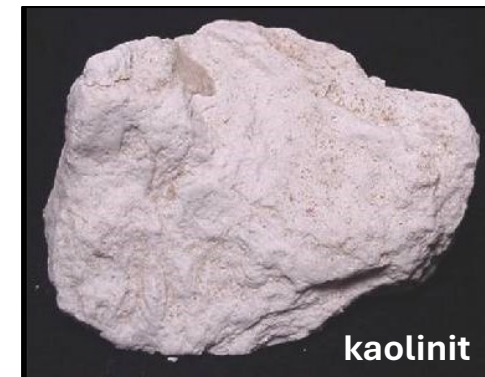
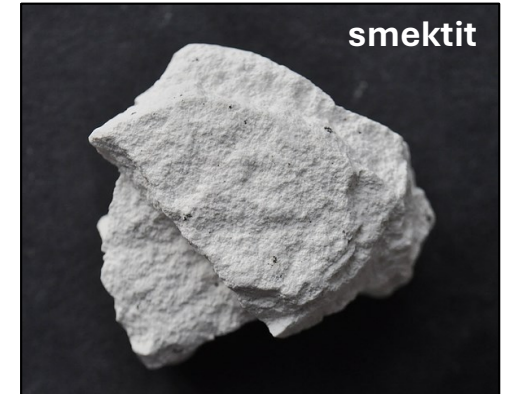
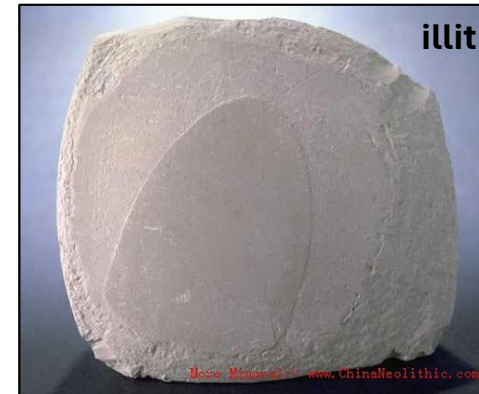
→ kaolinit $Al_2Si_2O_5(OH)_4$

3. Izluživanje silike

→ lateriti i boksiti

gibbsit $Al(OH)_3$

diaspor, böhmit $AlO(OH)$



Razred 13. Silikati

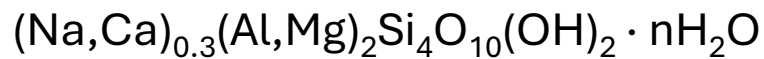
Podrazred: tektosilikati – Grupa feldspata (glinenci)

! Trošenje alkalijskih feldspata → minerali glina

1. Minerali glina koji sadrže alkalije

→ illit $K_{0.65}Al_{2.0}[Al_{0.65}Si_{3.35}O_{10}](OH)_2$

→ smektit



2. Minerali bez alkalija

→ kaolinit $Al_2Si_2O_5(OH)_4$

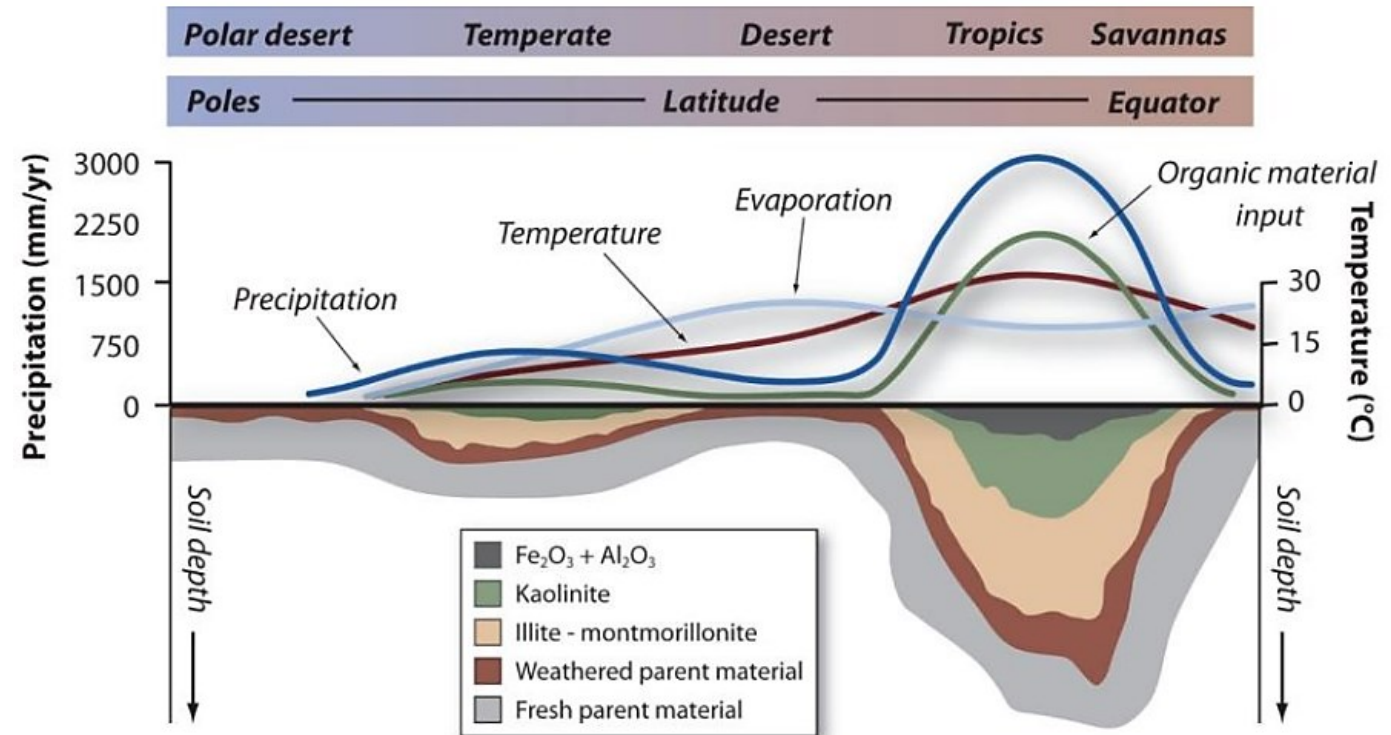
3. Izluživanje silike

→ lateriti i boksiti

gibbsit $Al(OH)_3$

diaspor, böhmit $AlO(OH)$

! U uvjetima tople i vlažne klime.



Razred 13. Silikati

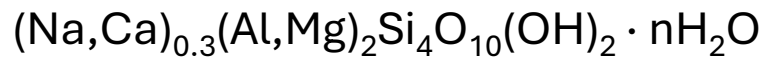
Podrazred: tektosilikati – Grupa feldspata (glinenci)

! Trošenje alkalijskih feldspata → minerali glina

1. Minerali glina koji sadrže alkalije

→ illit $K_{0.65}Al_{2.0}[Al_{0.65}Si_{3.35}O_{10}](OH)_2$

→ smektit



2. Minerali bez alkalija

→ kaolinit $Al_2Si_2O_5(OH)_4$

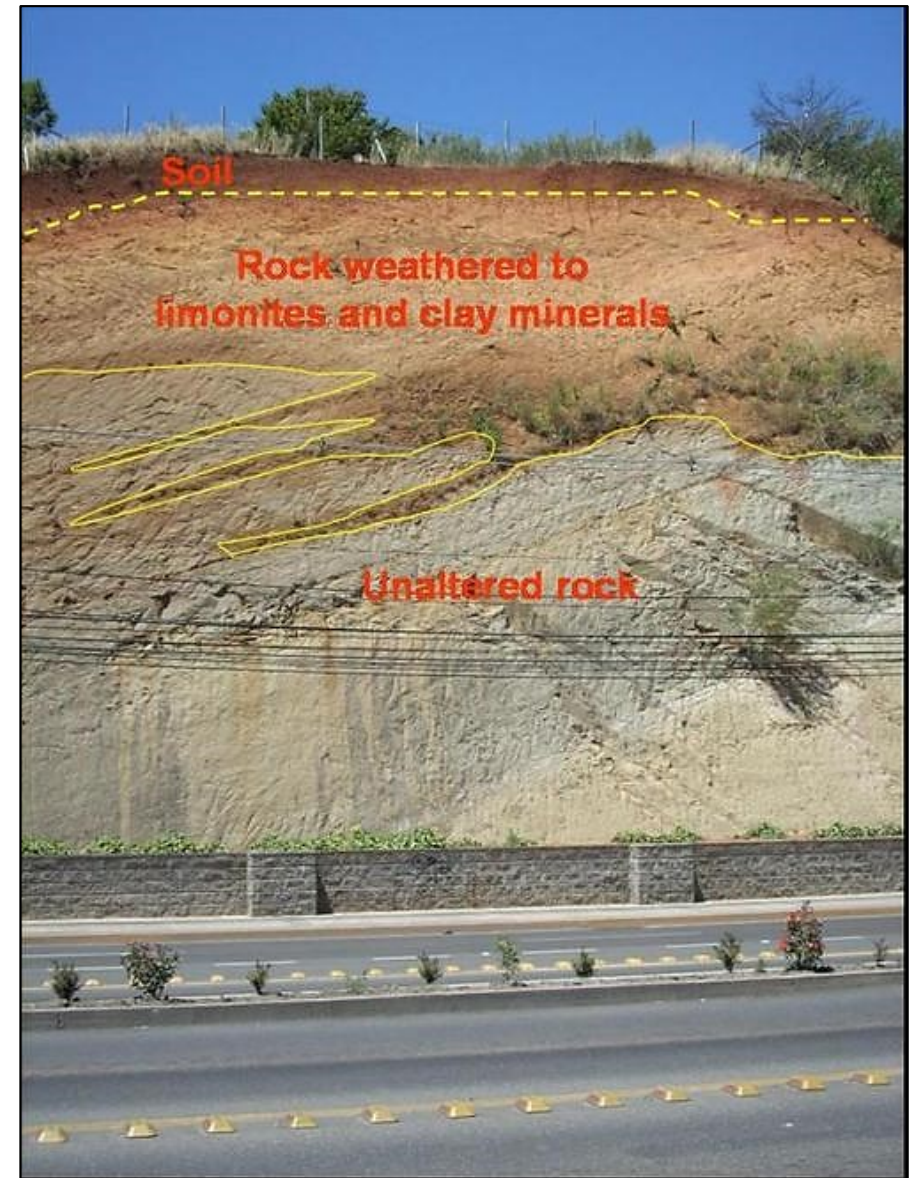
3. Izluživanje silike

→ lateriti i boksiti

gibbsit $Al(OH)_3$

diaspor, böhmit $AlO(OH)$

! U uvjetima tople i vlažne klime.



Izvor slike: <https://www.geo.fu-berlin.de>

Razred 13. Silikati

Podrazred: tektosilikati – Grupa feldspata – Barijevi feldspati

CELZIJAN $\text{Ba}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$

HIJALOFAN $(\text{K}, \text{Ba}, \text{Na})[\text{Al}(\text{Al}, \text{Si})\text{Si}_2\text{O}_8]$

Kristalni sustav: monoklinski (2/m)

Habitus: lijepi kristali, razvijena prizma {110}, obično bez {010};
hijalofan u sraslacima oblika pagoda

Tvrdoća: 6 – 6½

Gustoća: 2,6 – 3,45

Kalavost: savršena po {001}, dobra po {010}, kut = 90°

Lom: neravan do školjkast

Boja: bezbojni, žućkasti

Crt: bijel

Sjaj: staklast do dijamantan

Pojavljivanje: rijetki minerali; u hidrotermalnim žilama;
nalazište Busovača (BiH)



hijalofan



Razred 13. Silikati – klasifikacija

Podrazred: tektosilikati

Razred: **Silikati**

Podrazred: 6. **Tektosilikati** (*framework silicates*)

6.1. Grupa nefelina – kaliofilita

6.2. Grupa leucita

6.3. Grupa feldspata

- alkalijski feldspati
- plagioklasi
- barijevi feldspati
- ostali feldspati

6.4. Grupa sodalita-noseana

6.5. Obitelj skapolita

6.6. Obitelj zeolita

feldspatoidi

- u stijenama nezasićenima/podzasićenima sa $\text{SiO}_2 \rightarrow$ **nikada u asocijaciji s kvarcom!**
 $\rightarrow$ bazične i neutralne alkalijske stijene



leucit + kvarc $\rightarrow$ K-feldspat



nefelin + kvarc $\rightarrow$ albit

Razred 13. Silikati – klasifikacija

Podrazred: tektosilikati – Feldspatoidi

6.1. Grupa nefelina – kaliofilita

6.1.1. **Nefelin** $\text{KNa}_3[\text{AlSiO}_4]_4$

6.1.2. Yoshiokait (jošiokait) $\text{Ca}[(\text{Al},\text{Si})_2\text{O}_4]$

6.1.3. Kalsilit $\text{K}[\text{AlSiO}_4]$, polimorfan s trikalsilitom $(\text{K},\text{Na})[\text{AlSiO}_4]$, kaliofilitom $(\text{K},\text{Na})[\text{AlSiO}_4]$ i panunzitom $(\text{K},\text{Na})[\text{AlSiO}_4]$

6.2. Grupa leucita

6.2.1. **Leucit** $\text{K}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$

6.2.2. Amonioleucit $(\text{NH}_4\text{K})[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$

6.4. Grupa sodalita-noseana

6.4.1. **Sodalit** $\text{Na}_8[(\text{AlSiO}_4)_6]\text{Cl}_2$

6.4.2. Nosean $\text{Na}_8[(\text{AlSiO}_4)_6]\text{SO}_4$

6.4.3. Haüyn (haijin) $(\text{Na},\text{Ca})_{4-8}[(\text{AlSi})_6(\text{O},\text{S})_{24}](\text{SO}_4,\text{Cl})_{1-2}$

6.4.4. Lazurit $(\text{Na},\text{Ca})_{7-8}[(\text{AlSi})_{12}(\text{O},\text{S})_{24}][(\text{SO}_4)(\text{Cl},\text{OH})_2]$

Razred 13. Silikati

Podrazred: tektosilikati – Feldspatoidi

NEFELIN $\text{KNa}_3[\text{AlSiO}_4]_4, (\text{Na}, \text{K})[\text{AlSiO}_4]$

Kristalni sustav:	heksagonski (6)
Habitus:	rijetki mali prizmatski kristali; zrnast, masivan
Tvrdoća:	5½ – 6
Gustoća:	2,60 – 2,63
Kalavost:	slabo izražena
Lom:	ljušturast do neravan
Boja:	bezbojan do bijel, ponekad sivkast do zelenkast, narančasti od alteracija
Crt:	bijel
Sjaj:	sedefast, na prijelomu mastan
Pojavljivanje:	u magmatskim stijenama s manje SiO_2 , a bogatima alkalijama



Razred 13. Silikati

Podrazred: tektosilikati – Feldspatoidi

LEUCIT $K[AlSi_2O_6]$

- Kristalni sustav: kubičan (iznad 605 °C, m3m)
tetragonski (ispod 605 °C, 4/m)
- Habitus: česti kristali s formom deltoidskog ikositetraedra {211}
leucitoedar
- Tvrdoća: $5\frac{1}{2} - 6$
- Gustoća: 2,47 – 2,50
- Kalavost: slabo izražena
- Lom: ljušturast
- Boja: bijel do svijetlosiv
- Crt: bijel
- Sjaj: staklast
- Pojavljivanje: općenito dosta rijedak mineral
u većim količinama u recentnim lavama
u stijenama osiromašenim SiO_2



Razred 13. Silikati

Podrazred: tektosilikati – Feldspatoidi

SODALIT $\text{Na}_8[(\text{AlSiO}_4)_6]\text{Cl}_2$

NOSEAN $\text{Na}_8[(\text{AlSiO}_4)_6]\text{SO}_4$

HAÜYN $(\text{Na,Ca})_4[(\text{AlSi})_6(\text{O,S})_4]_{24}(\text{SO}_4,\text{Cl})_{1-2}$

LAZURIT $(\text{Na,Ca})_{7-8}[(\text{AlSi})_{12}(\text{O,S})_{24}][(\text{SO}_4)(\text{Cl,OH})_2]$

Kristalni sustav: kubični ($4\bar{3}m$)

Habitus: rijetki dodekaedrijski kristali; zrnast, masivan

Tvrdoća: $5\frac{1}{2} - 6$

Gustoća: 2,30 – 2,50

Kalavost: slaba do nejasna po {110}

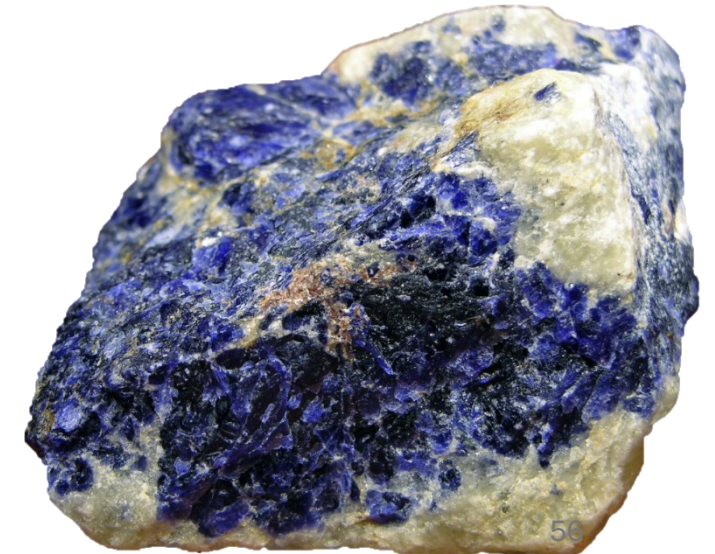
Lom: ljušturast do neravan

Boja: tamnoplava, siva, žuta, zelena...

Crt: bijel

Sjaj: staklast

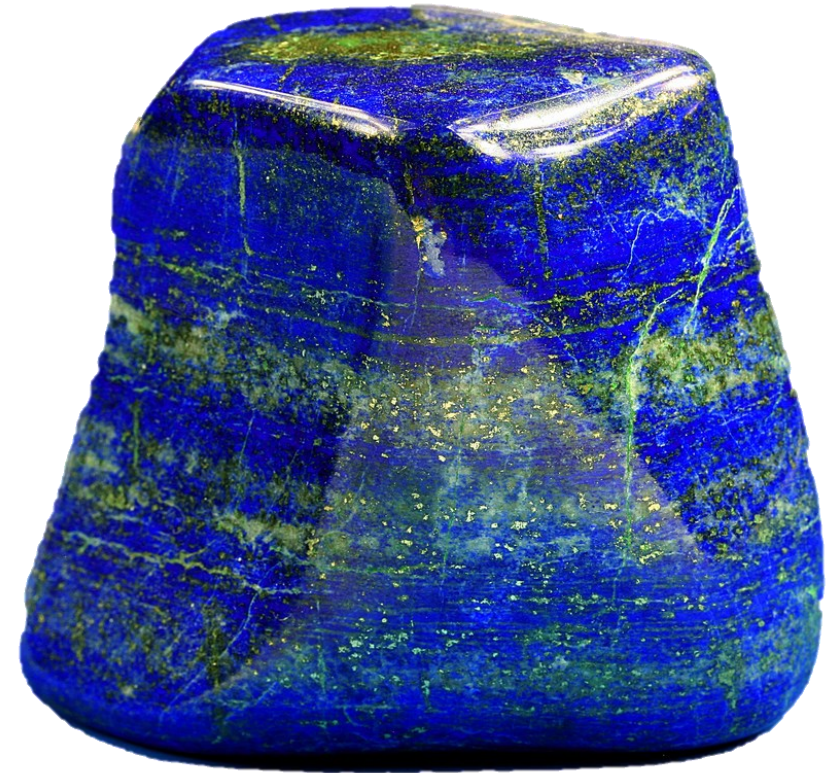
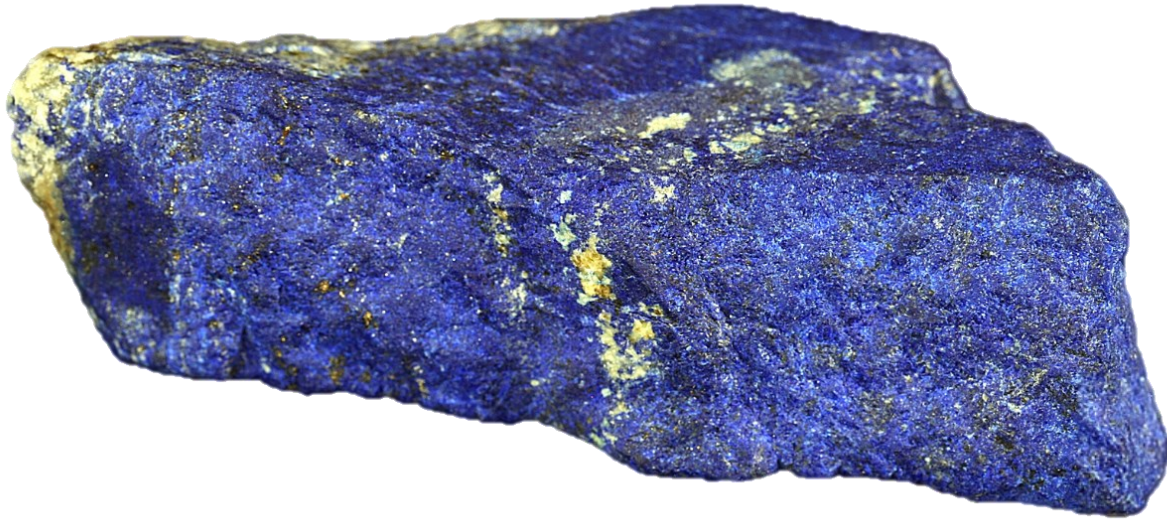
Pojavljivanje: sodalit, nosean, haüyn – s ostalim feldspatoidima u
alkalijskim magmatskim stijenama osiromašenima SiO_2 ;
lazurit – metamorfne stijene (kontaktni metasomatizam)



Razred 13. Silikati

Podrazred: tektosilikati – Feldspatoidi

LAZURIT $(\text{Na,Ca})_{7-8}[(\text{AlSi})_{12}(\text{O,S})_{24}][(\text{SO}_4)(\text{Cl,OH})_2]$



ukrasni kamen ***lapis lazuli*** (lazurit + kalcit + pirit + ...)
pigment za izradu plave boje (ultramarin)

Razred 13. Silikati – struktura

Podrazred: tektosilikati – Obitelj zeolita

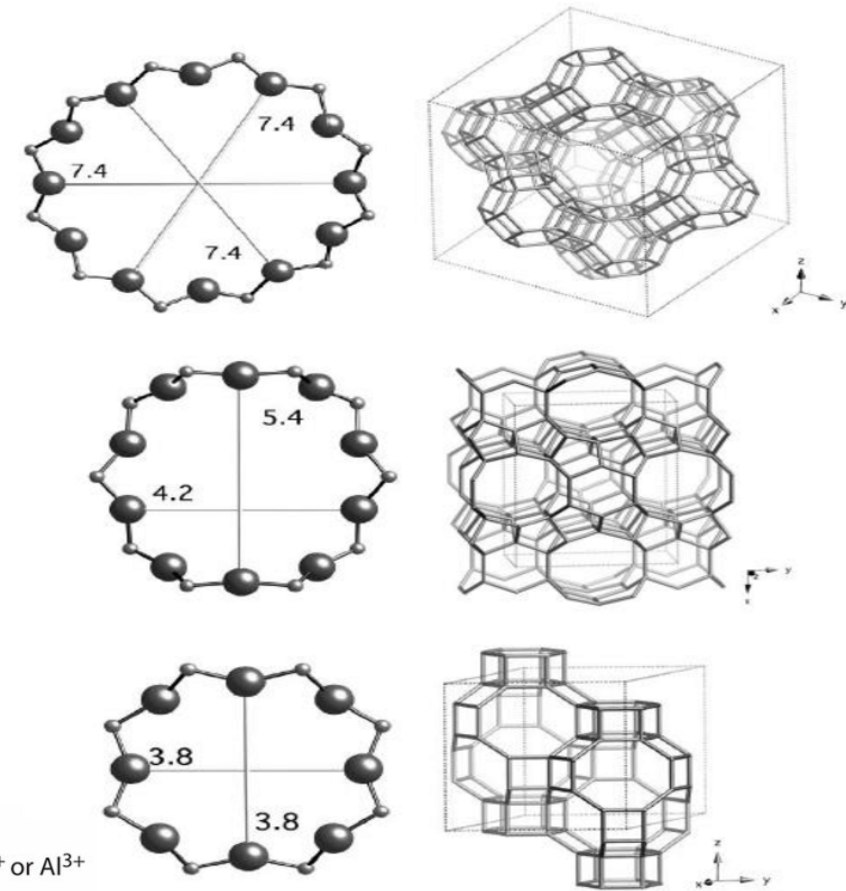
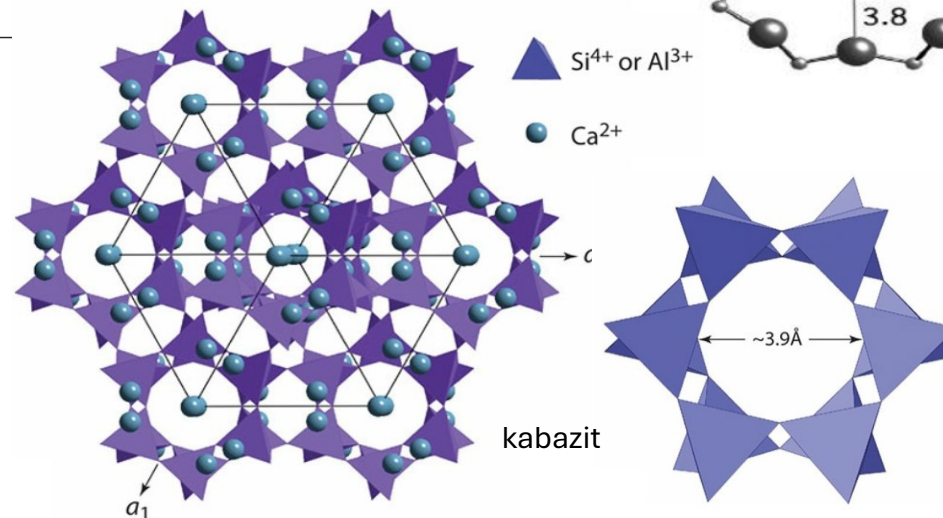
ZEOLITI

Opća formula: $(\text{Na}_2, \text{K}_2, \text{Ca}, \text{Ba})[(\text{Al}, \text{Si})\text{O}_2]_x \cdot n\text{H}_2\text{O}$

- alumosilikati s rešetkastom strukturom i šupljinama okupiranima vodom i velikim ionima (Na^+ , Ca^{2+} , K^+ , Ba^{2+} , Be^{2+} , Mg^{2+} , ...)
- mogućnost izmjene iona
- mogućnost gubljenja i ponovnog sorbiranja vode

→ bez narušavanja kristalne strukture!

Mineral	No. of tetrahedra in rings	Approx. dimensions of widest channel (Å)
Natrolite	4, 5 and 8	2.6
Phillipsite	4 and 8	3.6
Harmotome	4 and 8	3.6
Erionite	4, 6 and 8	3.6×5.1
Chabazite	4, 6 and 8	3.8
Heulandite	4, 5, 8 and 10	3.0×7.6
Laumontite	4, 6, and 10	4.0×5.3
Gmelinite	4, 6, 8 and 12	7.0
Mordenite	4, 5, 8 and 12	7.0
Faujasite	4, 6 and 12	7.4



Razred 13. Silikati

Podrazred: tektosilikati – Obitelj zeolita

ZEOLITI

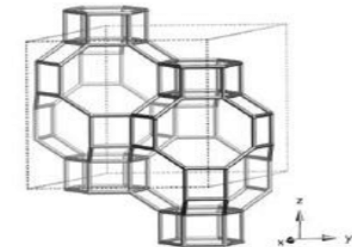
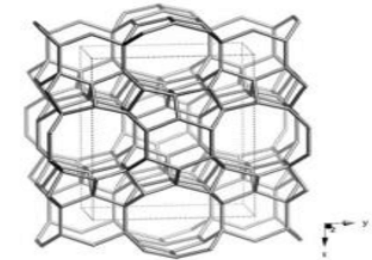
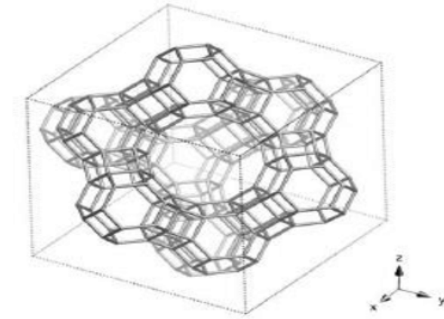
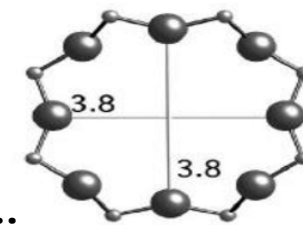
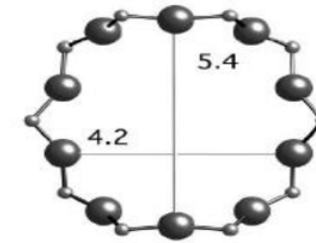
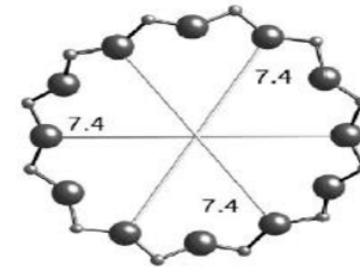
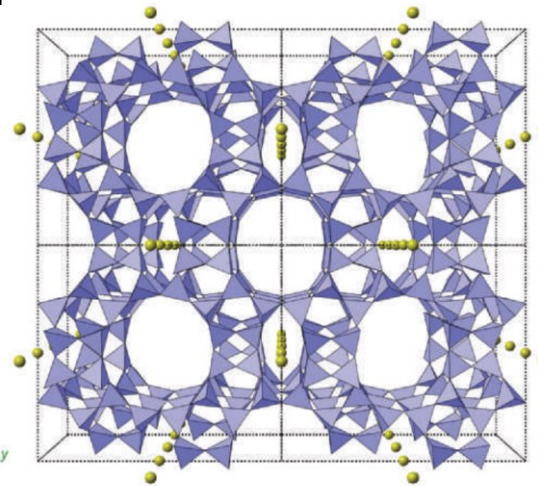
Opća formula: $(\text{Na}_2, \text{K}_2, \text{Ca}, \text{Ba})[(\text{Al}, \text{Si})\text{O}_2]_x \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Tvrdoća: $3\frac{1}{2} - 5\frac{1}{2}$

Mala gustoća: 2,0 – 2,3

Pojavljivanje:

- šupljine u vulkanskim (bazičnim) stijenama
- autigeni minerali u sedimentnim stijenama (najniže T nastanka = 4°C)
- metamorfne stijene vrlo niskog stupnja metamorfizma (zeolitni facijes)
- niskotemperaturne hidrotermalne alteracije
- dijagenetski alterirane sedimentne stijene
- devitrifikacija vulkanskog stakla
- alteracija plagioklasa u tufovima i vulkanskom pepelu (bentoniti)



Upotreba u industriji:

- izmjena kationa (CEC)
- molekularna sita
- adsorbanti
- sredstva za sušenje/održavanje vlage
- pročišćivači voda, „omekšivači” voda
- ...

Razred 13. Silikati – klasifikacija

Podrazred: tektosilikati – Obitelj zeolita

MINERAL	FORMULA	NIZ*
Amicit	$K_4Na_4[Al_8Si_8O_{32}] \cdot 10H_2O$	GIS
Amonioleucit	$(NH_4)[AlSi_2O_6]$	ANA
Analcim ili analcit	$Na[AlSi_2O_6] \cdot H_2O$	ANA
Barrerit	$Na_2[Al_2Si_7O_{18}] \cdot 6H_2O$	STI
Bellbergit (belbergit)	$(K,Ba,Sr)_2Sr_2Ca_2(Ca,Na)_4[Al_{18}Si_{18}O_{72}] \cdot 30H_2O$	EAB
Bikitait	$Li[AlSi_2O_6] \cdot H_2O$	BIK
Boggsit (bogzit)	$Ca_8Na_3[Al_{19}Si_{77}O_{192}] \cdot 70H_2O$	BOG
Brewsterit (brusterit) (niz) <i>Brewsterit-Sr</i> <i>Brewsterit-Ba</i>	$(Sr,Ba)_2[Al_4Si_{12}O_{32}] \cdot 10H_2O$	BRE
Chiavennit	$CaMn[Be_2Si_5O_{13}(OH)_2] \cdot 2H_2O$	CHI
Cowlesit	$Ca[Al_2Si_3O_{10}] \cdot 5,3H_2O$	
Dahiardit (niz) <i>Dahiardit-Ca</i> <i>Dahiardit-Na</i>	$(Ca_{0,5},Na,K)_{4,5}[Al_{4,5}Si_{20-19}O_{48}] \cdot 13H_2O$	DAC
Edingtonit	$Ba[Al_2Si_3O_{10}] \cdot 4H_2O$	EDI
Epistilbit	$(Ca,Na_2)[Al_2Si_4O_{12}] \cdot 4H_2O$	EPI
Erionit (niz) <i>Erionit-Na</i> <i>Erionit-K</i> <i>Erionit-Ca</i>	$K_2(Na,Ca_{0,5})_8[Al_{10}Si_{26}O_{72}] \cdot 30H_2O$	ERI
Faujasit (niz) <i>Faujasit-Na</i> <i>Faujasit-Ca</i> <i>Faujasit-Mg</i>	$(Na,Ca_{0,5},Mg_{0,5},K)_4[Al_xSi_{12-x}O_{24}] \cdot 16H_2O$	FAU
Ferierit (niz) <i>Ferierit-Mg</i> <i>Ferierit-K</i> <i>Ferierit-Na</i>	$(K,Na,Mg_{0,5},Ca_{0,5})_6[Al_6Si_{30}O_{72}] \cdot 8H_2O$	FER
Garronit	$NaCa_{2,5}[Al_6Si_{10}O_{32}] \cdot 14H_2O$	GIS
Gaultit	$Na_4[Zn_2Si_7O_{18}] \cdot 5H_2O$	VSV
Gismondin	$Ca[Al_2Si_2O_8] \cdot 4,5H_2O$	GIS
Gmelinit (niz) <i>Gmelinit-Na</i> <i>Gmelinit-Ca</i> <i>Gmelinit-K</i>	$(Na_2Ca,K_2)_4[Al_8Si_{16}O_{48}] \cdot 22H_2O$	GME
Gobbinsit	$Na_5[Al_5Si_{11}O_{32}] \cdot 12H_2O$	GIS

MINERAL	FORMULA	NIZ*
Gonnardit	$(Na,Ca)_{6,8}[(Al,Si)_{20}O_{40}] \cdot 12H_2O$	NAT
Goosecreekit	$Ca[Al_2Si_6O_{16}] \cdot 5H_2O$	GOO
Gottardiit	$Na_3Mg_3Ca_5[Al_{19}Si_{117}O_{272}] \cdot 93H_2O$	NES
Kabazit (niz) <i>Kabazit-Ca</i> <i>Kabazit-Na</i> <i>Kabazit-K</i>	$(Ca_{0,5},Na,K)_4[Al_4Si_8O_{24}] \cdot 12H_2O$	CHA
Harmotom	$(Ba_{0,5},Ca_{0,5},K,Na)_5[Al_5Si_{11}O_{32}] \cdot 12H_2O$	PHI
Heulandit (hjulendit) (niz) <i>Heulandit-Ca</i> <i>Heulandit-Sr</i> <i>Heulandit-Na</i> <i>Heulandit-K</i>	$(Ca_{0,5},Sr_{0,5},Ba_{0,5},Mg_{0,5},Na,K)_9[Al_9Si_{27}O_{72}] \cdot \approx 24H_2O$	HEU
Hsianghualit	$Li_2Ca_3[Be_3Si_3O_{12}] \cdot F_2$	ANA
Kalborsit	$K_6[Al_4Si_6O_{20}] \cdot B(OH)_4Cl$	?EDI
Klinoptilolit (niz) <i>Klinoptilolit-K</i> <i>Klinoptilolit-Na</i> <i>Klinoptilolit-Ca</i>	$(Na,K,Ca_{0,5},Sr_{0,5},Ba_{0,5},Mg_{0,5})_6[Al_6Si_{30}O_{72}] \cdot \approx 20H_2O$	HEU
Laumontit (lomontit)	$Ca_4[Al_8Si_{16}O_{48}] \cdot 18H_2O$	LAU
Leucit	$K[AlSi_2O_6]$	ANA
Levyn (niz) <i>Levyn-Ca</i> <i>Levyn-Na</i>	$(Ca_{0,5},Na,K)_6[Al_6Si_{12}O_{36}] \cdot \approx 17H_2O$	LEV
Lovdarit	$K_4Na_{12}[Be_8Si_{28}O_{72}] \cdot 18H_2O$	LOV
Maricopait	$(Pb,Ca_2)[Al_{12}Si_{36}(O,OH)_{100}] \cdot n(H_2O,OH)$	MOR
Mazzit	$(Mg_{2,5}K_2Ca_{1,5})[Al_{10}Si_{26}O_{72}] \cdot 30H_2O$	MAZ
Merlinoit	$K_5Ca_2[Al_9Si_{23}O_{64}] \cdot 22H_2O$	MER
Mezolit	$Na_{16}Ca_{16}[Al_{48}Si_{72}O_{240}] \cdot 64H_2O$	NAT
Montesomma	$K_9[Al_9Si_{23}O_{64}] \cdot 10H_2O$	MON
Mordenit	$(Na_2,Ca,K_2)_4[Al_8Si_{40}O_{96}] \cdot 28H_2O$	MOR
Mutinait	$Na_3Ca_4[Al_{11}Si_{85}O_{192}] \cdot 60H_2O$	MFI
Natroilit	$Na_2[Al_2Si_3O_{10}] \cdot 2H_2O$	NAT
Offretit	$CaKMg[Al_5Si_{13}O_{36}] \cdot 16H_2O$	OFF
Paranatroilit	$Na_2[Al_2Si_3O_{10}] \cdot 3H_2O$	NAT
Parthéit	$Ca_2[Al_4Si_4O_{15}(OH)_2] \cdot 4H_2O$	PAR
Paulingit (niz) <i>Paulingit-K</i> <i>Paulingit-Ca</i>	$(K,Ca_{0,5},Na,Ba_{0,5})_{10}[Al_{10}Si_{32}O_{84}] \cdot 27-44H_2O$	PAU

MINERAL	FORMULA	NIZ*
Perlialit	$K_9Na(Ca,Sr)[Al_{12}Si_{24}O_{72}] \cdot 15H_2O$	LTL
Phillipsit (filipsit) (niz) <i>Phillipsit-Na</i> <i>Phillipsit-K</i> <i>Phillipsit-Ca</i>	$(K,Na,Ca_{0,5},Ba_{0,5})_x[Al_xSi_{16-x}O_{32}] \cdot 12H_2O$	PHI
Polucit	$(Cs,Na)[AlSi_2O_6] \cdot nH_2O, (Cs+n)=1$	ANA
Roggianit	$Ca_2[Be(OH)_2Al_2Si_4O_{13}] \cdot <2,5H_2O$	ROG
Skolecit	$Ca[Al_2Si_3O_{10}] \cdot 3H_2O$	NAT
Stellerit	$Ca[Al_2Si_7O_{18}] \cdot 7H_2O$	STI
Stilbit (niz) <i>Stilbit-Ca</i> <i>Stilbit-Na</i>	$(Ca_{0,5},Na,K)_9[Al_9Si_{27}O_{72}] \cdot 28H_2O$	STI
Terranovait	$NaCa[Al_3Si_{17}O_{40}] \cdot >7H_2O$	TER
Tetranatroilit	$(Na,Ca)_{16}[Al_{19}Si_{21}O_{80}] \cdot 16H_2O$	NAT
Thomsonit	$Ca_2Na[Al_5Si_5O_{20}] \cdot 6H_2O$	THO
Tschernichit	$Ca[Al_2Si_6O_{16}] \cdot \approx 8H_2O$	BEA
Tschörtnerit	$Ca_4(K_2,Ca,Sr,Ba)_3Cu_3(OH)_8[Al_{12}Si_{12}O_{48}] \cdot nH_2O, n \geq 20$	
Tvedalit	$(Ca,Mn)_4[Be_3Si_6O_{17}(OH)_4] \cdot 3H_2O$	
Wairakit	$Ca[Al_2Si_4O_{12}] \cdot 2H_2O$	ANA
Willhendersonit	$K_xCa_{(1,5-0,5x)}[Al_3Si_3O_{12}] \cdot 5H_2O, 0 < x < 1$	CHA
Yugavalarit	$Ca[Al_2Si_6O_{16}] \cdot 4H_2O$	YUG

Izvor: D. Slovenec & V. Bermanec (2003): Sistematska mineralogija – mineralogija silikata. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu, Denona, 359 str.

Razred 13. Silikati – klasifikacija

Podrazred: tektosilikati – Obitelj zeolita

ZEOLITI

Opća formula: $(\text{Na}_2, \text{K}_2, \text{Ca}, \text{Ba})[(\text{Al}, \text{Si})\text{O}_2]_x \cdot n\text{H}_2\text{O}$

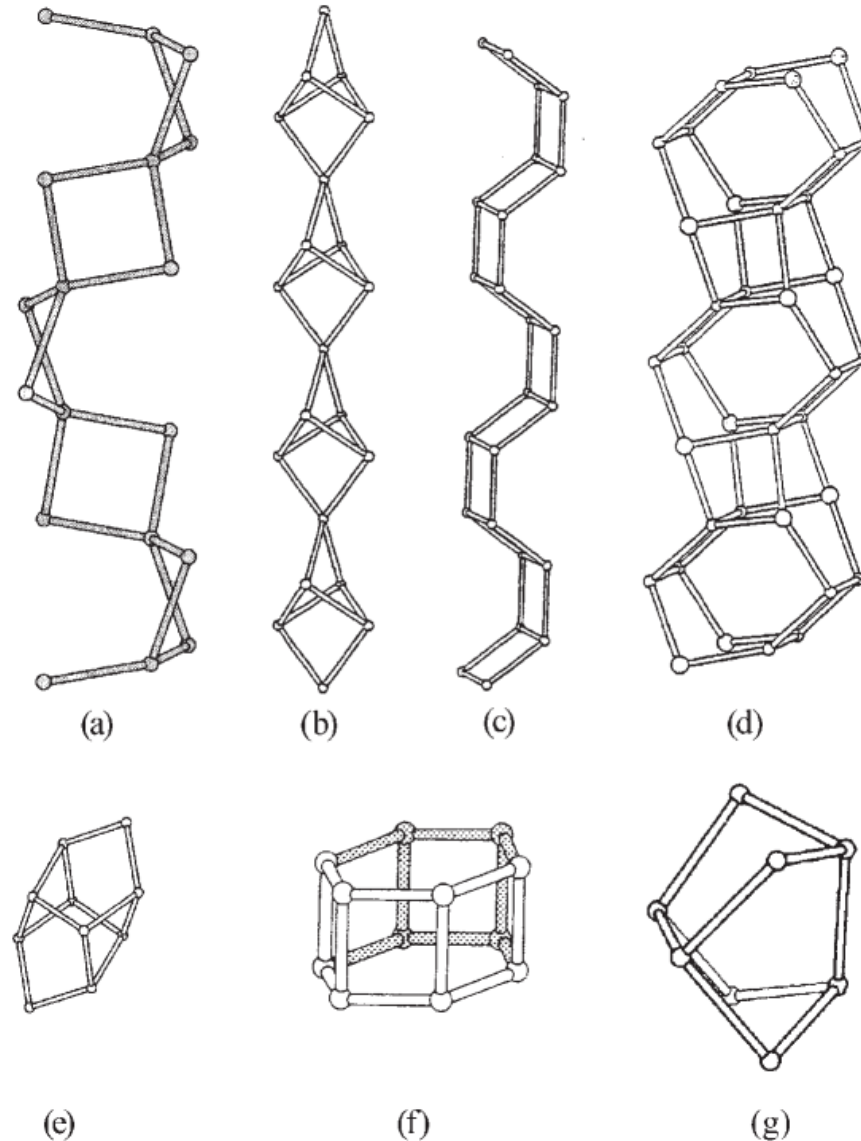
>100 vrsta i >40 različitih struktura

Podjela prema morfologiji:

- 1) Vlaknasti
- 2) Listasti
- 3) Kockasti (izometrični)

Podjela prema strukturi:

- a) Podgrupa analcima
- b) Podgrupa natrolita
- c) Podgrupa harmotoma-phillipsita
- d) Podgrupa laumonita
- e) Podgrupa heulandita
- f) Podgrupa chabazita
- g) Podgrupa mordenita



Razred 13. Silikati

Podrazred: tektosilikati – Obitelj zeolita

ZEOLITI

Opća formula: $(\text{Na}_2, \text{K}_2, \text{Ca}, \text{Ba})[(\text{Al}, \text{Si})\text{O}_2]_x \cdot n\text{H}_2\text{O}$

ANALCIM $\text{Na}[\text{AlSi}_2\text{O}_6] \cdot \text{H}_2\text{O}$

(kockasti zeoliti)

- Kristalni sustav: kubični (m3m), ali promjenjive simetrije (i do 1)
- Habitus: kubični kristali, forma {211}, deltoidski ikositetraedar
- Tvrdoća: 5 – 5½
- Gustoća: 2,29
- Kalavost: slaba po {100}
- Lom: ljušturast do neravan
- Boja: bezbojan, bijel
- Crt: bijel
- Sjaj: staklast
- Pojavljivanje: u šuplinama i mandulama efuzivnih stijena

