

SISTEMATSKA MINERALOGIJA

XIII.3. CIKLOSILIKATI



Doc. dr. sc. Andrea Čobić

Sistematska mineralogija (36213)

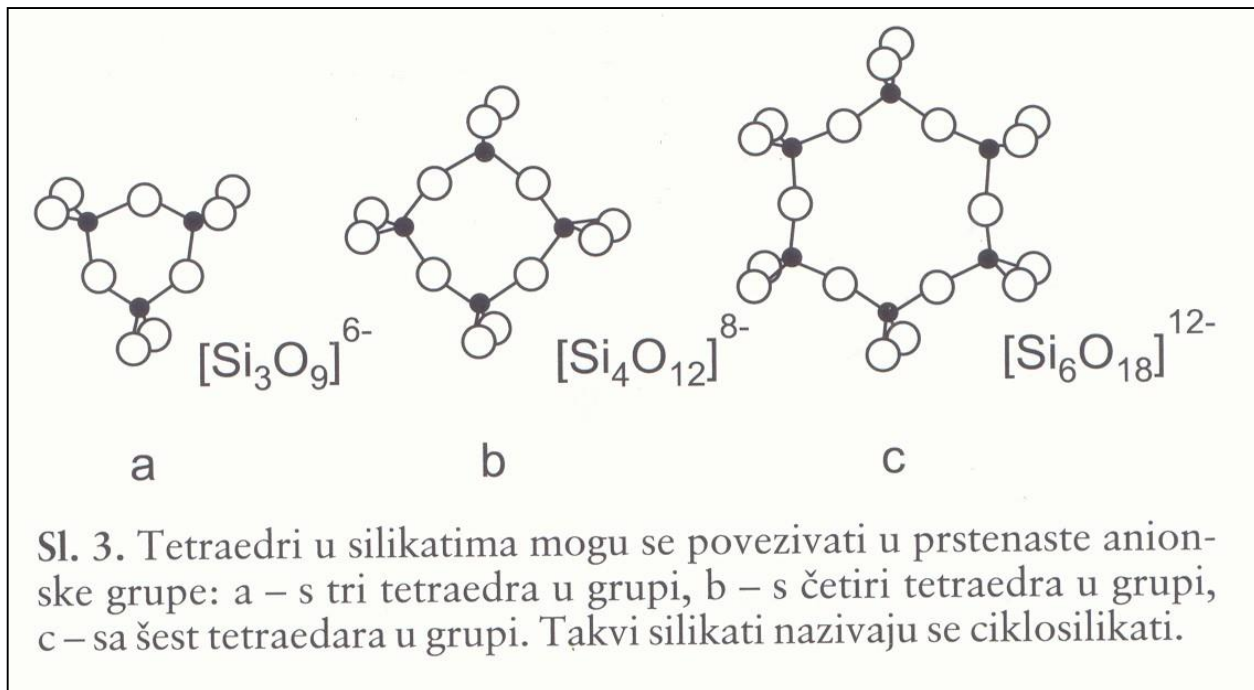
Akad. god. 2024./2025.

CIKLOSILIKATI

- SiO_4 povezani u prstenove s omjerom $\text{Si}:\text{O}=1:3$

Tri konfiguracije:

1. **Si_3O_9 prsten** (npr. benitoit, $\text{BaTiSi}_3\text{O}_9$)
2. **Si_4O_{12} prsten** – rijetko (npr. papagoit $\text{Ca}_2\text{Cu}_2\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{12}(\text{OH})_4$)
3. **Si_6O_{18} prsten** – česti ciklosilikati poput berila, turmalina



XIII. 3. CIKLOSILIKATI

Minerali se dijele na:

- **Ciklosilikate s izoliranim grupama $[\text{Si}_3\text{O}_9]^{6-}$**
 3. 1. Grupa benitoita
- **Ciklosilikate s izoliranim grupama $[\text{Si}_4\text{O}_{12}]^{8-}$**
 3. 2. Grupa aksinita
- **Ciklosilikate s izoliranim grupama $[\text{Si}_6\text{O}_{18}]^{12-}$**
 3. 3. Grupa berila
 3. 4. Grupa cordierita (kordijerita)
 3. 5. Grupa turmalina
 3. 6. Dioptas, $\text{Cu}^{2+}_6\text{Si}_6\text{O}_{12} \cdot 6(\text{OH})_2$

XIII. 3. CIKLOSILIKATI

XIII. 3. 1. GRUPA BENITOITA

3. 1. 1. **Benitoit** $\text{BaTi} [\text{Si}_3 \text{O}_9]$

3. 1. 2. Bazirit $\text{BaTi} [\text{Si}_3 \text{O}_9]$

3. 1. 3. Pabstit $\text{Ba}(\text{Sn}, \text{Ti}) [\text{Si}_3 \text{O}_9]$

XIII. 3. CIKLOSILIKATI

XIII. 3. 1. GRUPA BENITOITA

BENITOIT $\text{BaTi}[\text{Si}_3\text{O}_9]$

KRISTALNI SUSTAV: Heksagonski

KRISTALNI RAZRED: $6\ 2\ m$

PROSTORNA GRUPA: $P6_2c$

HABITUS: sitni kristali, pločasti po $\{0001\}$

TVRDOĆA: $6\frac{1}{2}$

GUSTOĆA: 3.64-3.68

KALAVOST: Dobra po $\{1011\}$.

LOM: Ljušturast.

BOJA: Svjetloplava do tamnoplava ili zelenoplava. Crt je bijel.

SJAJ: Staklast.

POJAVLJIVANJE: metamorfne stijene (glaukofanski škriljavac)



mindat.org (photo by Allan Young)

XIII. 3. 2. GRUPA AKSINITA

3. 2. 1. Fero-aksinit $\text{Ca}_2\text{Fe}^{2+}\text{Al}_2(\text{BO}_3)[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH})$
3. 2. 2. Magnezio-aksinit $\text{Ca}_2\text{MgAl}_2(\text{BO}_3)[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH})$
3. 2. 3. Manganaksinit $\text{Ca}_2\text{Mn}^{2+}\text{Al}_2(\text{BO}_3)[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH})$
3. 2. 4. Tinzenit $(\text{Ca},\text{Mn}^{2+},\text{Fe}^{2+})_3\text{Al}_2(\text{BO}_3)[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH})$



XIII. 3. CIKLOSILIKATI

XIII. 3. 2. GRUPA AKSINITA

FERO-AKSINIT $\text{Ca}_2\text{Fe}^{2+}\text{Al}_2(\text{BO}_3)[\text{Si}_4\text{O}_{12}](\text{OH})$

KRISTALNI SUSTAV: Triklinski

KRISTALNI RAZRED: $\bar{1}$

PROSTORNA GRUPA: $P\bar{1}$

HABITUS: tanki oštri kristali; često kristalni agregati, masivan, lamelaran, zrnat

TVRDOĆA: $6\frac{1}{2}$ - 7

GUSTOĆA: 3.25-3.28

KALAVOST: Dobra po $\{100\}$, a slaba po $\{001\}$, $\{110\}$ i $\{011\}$.

LOM: Neravan do ljušturast.

BOJA: Smedeljubičasta, plava, crvena, rjeđe zelenosiva. Crt je bijel.

SJAJ: Staklast.

POJAVLJIVANJE: u šupljinama granita, u kontaktnim zonama granitnih intruzija



XIII. 3. 3. GRUPA BERILA

3. 3. 1. **Beril** $\text{Be}_3\text{Al}_2 [\text{Si}_6 \text{O}_{18}]$

3. 3. 2. Pezzottait $\text{Cs}(\text{Be}_2\text{Li})\text{Al}_2 [\text{Si}_6 \text{O}_{18}]$

3. 3. 3. Indialit $\text{Al}_3\text{Mg}_2[\text{AlSi}_5 \text{O}_{18}]$ – dimorfan sa cordieritom

3. 3. 4. Stoppaniit $(\text{Fe},\text{Al},\text{Mg})_4 (\text{Be}_6\text{Si}_{12}\text{O}_{36})(\text{H}_2\text{O})_2(\text{Na},\square)$

3. 3. 5. Bazzit (bacit) $\text{Be}_3(\text{Sc},\text{Al})_2 [\text{Si}_6 \text{O}_{18}]$



XIII. 3. CIKLOSILIKATI

XIII. 3. 3. GRUPA BERILA

BERIL $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$

KRISTALNI SUSTAV: Heksagonski

KRISTALNI RAZRED: 6/m 2/m 2/m

PROSTORNA GRUPA: P6/mmc

HABITUS: prizmatski, često vertikalno prutani kristali, obično kombinacija $\{10\bar{1}0\}$ i $\{0001\}$

TVRDOĆA: $7\frac{1}{2}$ -8

GUSTOĆA: 2.63-2.97 (povećava se ulaskom stranih iona i smanjenjem udjela Be)

KALAVOST: Po $\{0001\}$ slaba.

LOM: Školjkast, ljušturast, neravan.

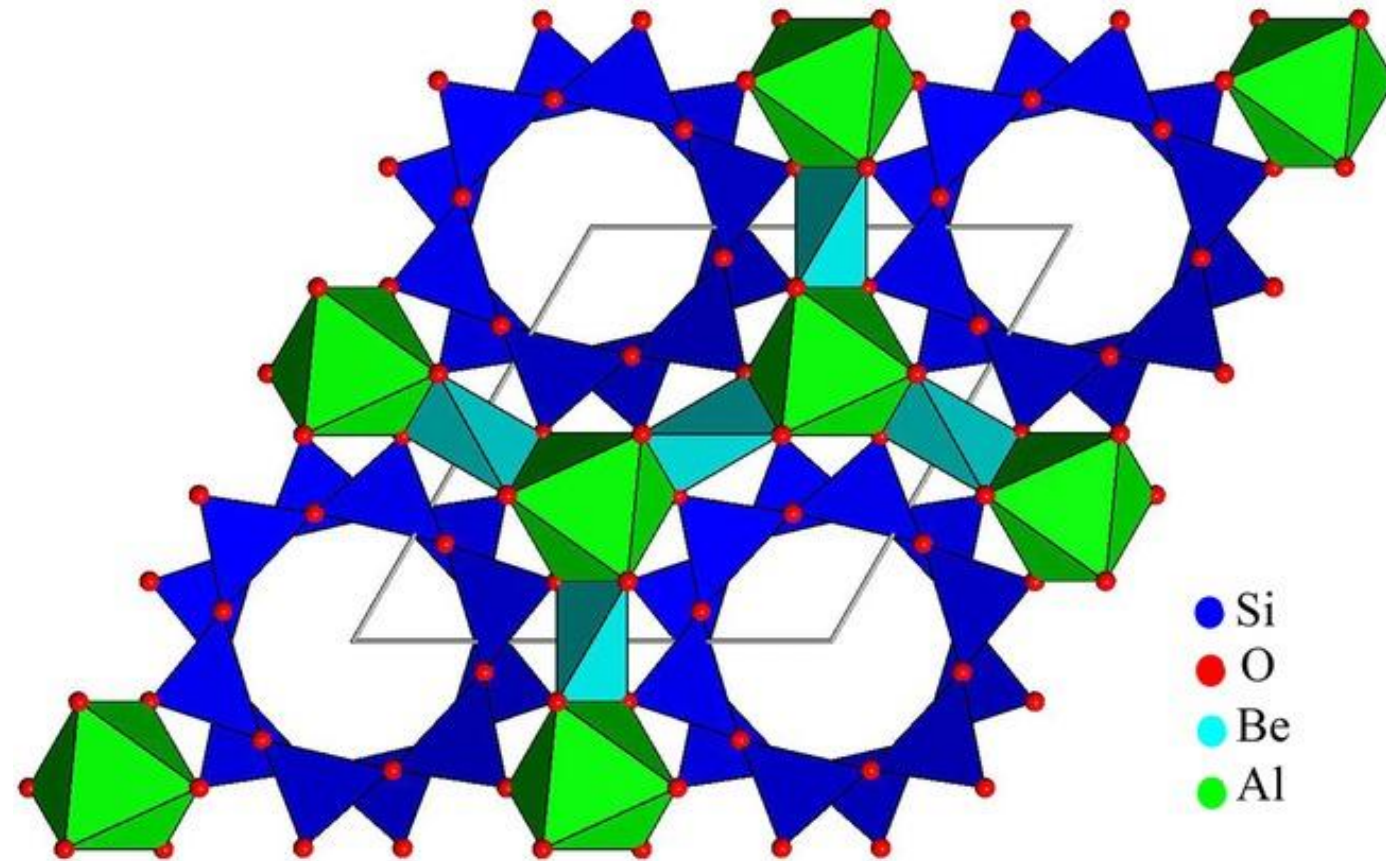
BOJA: Ovisi o sastavu. Čisti beril je bezbojan, a može doći i u zelenoj (sadrži Cr^{3+}), žutozelenoj (sadrži V^{3+}), žutoj (sadrži Fe^{3+}), plavoj (sadrži Fe^{2+}), ružičastoj i crvenoj (sadrži Cs i alkalije) boji. Crt je bijel.

SJAJ: Staklast.

POJAVLJIVANJE: u granitnim stijenama, pegmatitima, u tinjčevim škriljavcima; asociaran s rudama kositra



Struktura berila



Preuzeto iz: Arivazhagan et al. (2017), *Journal of Microscopy*, 265, 245–250

➤ BERIL ($\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$)

GOSHENIT

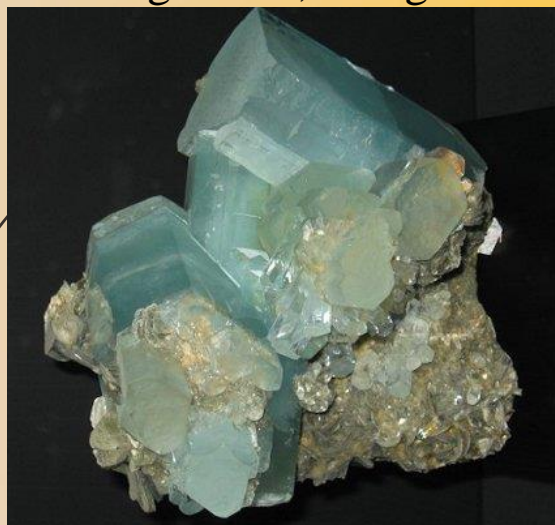
- bezbojni varijetet berila
- ime je dobio po lokalitetu gdje je pronađen – Goshen, Massachusetts (SAD), a ima ga još i u Kanadi, Brazilu i Rusiji



➤ BERIL ($\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$)

AKVAMARIN

- svijetloplavi, plavozeleni varijetet berila (obojen od prijenosa naboja $\text{Fe}^{2+} \leftrightarrow \text{Fe}^{3+}$)
- ime je dobio po lat. *aqua* = voda, lat. *mare* = more, povezano s bojom
- ima ga u pegmatitima Brazila (Corego do Gamba), na Uralu, na Madagaskaru, u Afganistanu...



ZANIMLJIVOST

➤ u jednoj pegmatitnoj žili kod Marambaje u južnom Brazilu pronađen je 1910. god. svijetloplavi, savršeno prozirni kristal akvamarina dugačak pola metra i težak 110,5 kg. Iz tog minerala izbrušeno je toliko dragulja da je svjetska potražnja za akvamarinom 3 godine bila podmirena tim kristalom



➤ BERIL ($\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$)

SMARAGD

- zeleni varijetet berila (obojen od primjese Cr^{3+})
- ime je dobio prema grč. *σμαραγδος* (smaragdos) = zeleni kamen
- za nastanak smaragda nužno je da se pegma sa berilijem probija kroz ultrabazičnu sredinu pri čemu “pokupi” krom. Takve prilike su rijetke, pa je to jedan (uz tvrdoću i boju) od razloga zašto su smaragdi tako skupi



➤ BERIL ($\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$)

SMARAGD

- glavni dobavljači smaragda danas su Kolumbija (nalazišta Muzo, Chivor, Coscas), JAR (Transvaal), Zimbabve (Sandawana), Indija, Brazil (rudnik Belmont), ...



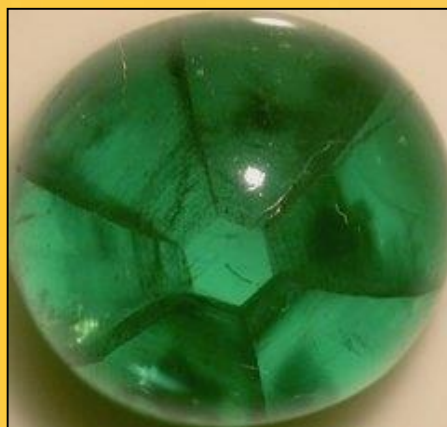
ZANIMLJIVOSTI

- jedan od najvećih i najčišćih izbrušenih smaragda težak je 136 ct i državno je vlasništvo Rusije
- poznat je i 24,38 ct težak smaragd koji je Napoleon poklonio Jozefini
- Peruanci su kao božanstvo štovali božicu Uminu koja je poprimila oblik smaragda veličine nojeva jaja

➤ BERIL ($\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$)

TRAPICHE SMARAGD

- neki smaragdi iz Kolumbije (rudnik Peña Blanca) pokazuju sektorski rast i nazivaju se “trapiche smaragdi”, a nastali su kao rezultat uklapanja albita u berilu za vrijeme usporednog rasta



➤ BERIL ($\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$)

ZELENI BERIL

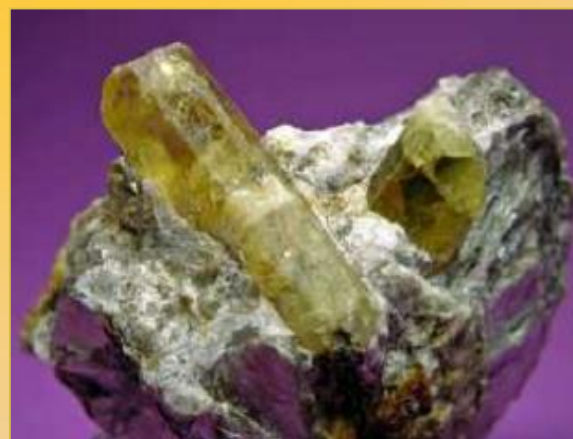
- svijetlozeleni varijetet berila obojen od primjese V^{3+}
- zeleni beril nije isto što i smaragd



➤ BERIL ($\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$)

HELIODOR

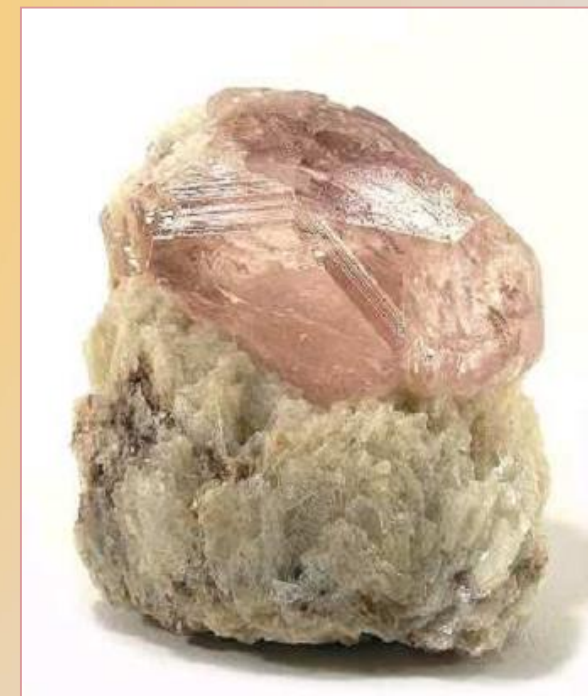
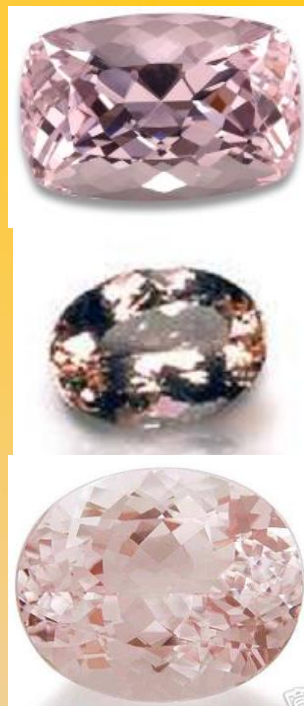
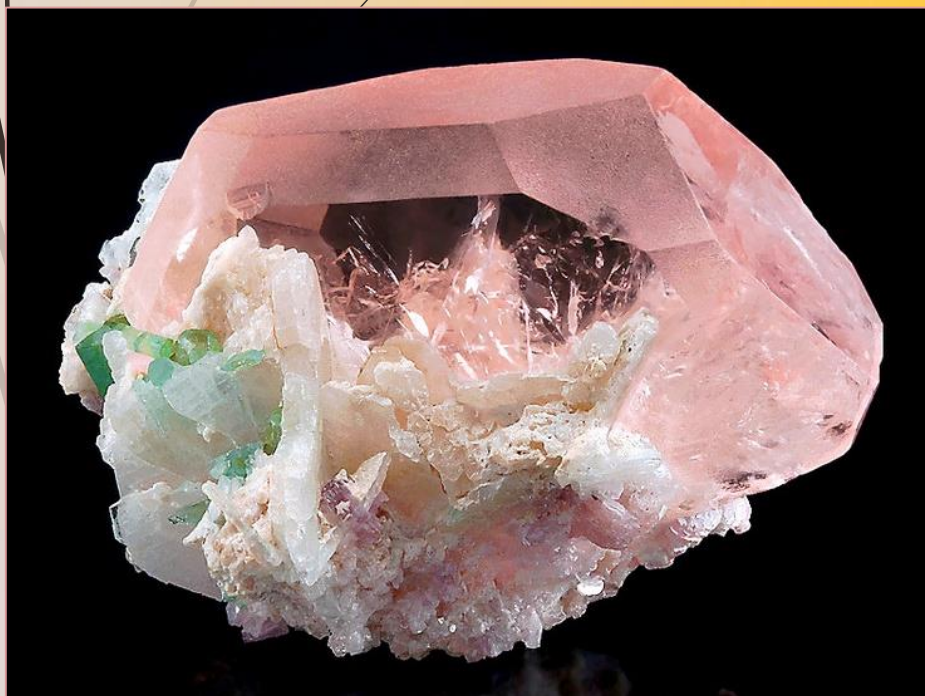
- žuti varijetet berila obojen od primjese Fe^{3+} → rezultat prijenosa naboja između Fe^{3+} koji se u ovom varijetetu nalazi kao primjesa i O^{2-}
- ime je dobio prema grč. *helios* = Sunce i grč. *doron* = dar; aludirajući na njegovu boju
- heliodor je prvi put nađen kod Rössinga u Namibiji, a ima ga još i u Brazilu, na Uralu, na Madagaskaru ...



➤ BERIL ($\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$)

MORGANIT (VOROBEVIT)

- blijedo ružičasti varijetet berila (boju mu daje primjesa Mn^{2+} , prema nekima i Cs i Li)
- prvi naziv ovaj varijetet berila dobio je po američkom kolekcionaru minerala J. Pierpointu Morganu, a drugi po ruskom mineralogu V. I. Vorobjevu
- kristali morganita pokazuju dikroizam, koji se očituje ili u dvije nijanse ružičaste boje ili su u jednom smjeru blijedoružičasti, a u drugom bezbojni
- nalazišta: Madagaskar, u Brazil (Urucum pegmatit), u Italija (Elba), Namibija ...



➤ BERIL ($\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$)

CRVENI BERIL (BIXBIT)

- crven, tamnoružičast varijetet berila (boju mu daje primjesa Mn^{3+})
- neki smatraju da su za ovakvu boju zaslužni fluidni uklopoci
- ovakvi varijeteti berila pronađeni su u riolitima u planinama Thomas i Wah Wah u Utah-u, SAD.



XIII. 3. CIKLOSILIKATI

XIII. 3. 4. GRUPA CORDIERITA (KORDIJERITA)

3. 4. 1. **Cordierit (kordijerit)** $(\text{Mg,Fe}^{2+})_2\text{Al}_3 [\text{AlSi}_5 \text{O}_{18}]$

3. 4. 2. **Sekaninait** $(\text{Fe}^{2+},\text{Mg})_2\text{Al}_3 [\text{AlSi}_5 \text{O}_{18}]$

XIII. 3. CIKLOSILIKATI

XIII. 3. 4. GRUPA CORDIERITA (KORDIJERITA)

CORDIERIT $(\text{Mg,Fe}^{2+})_2\text{Al}_3[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$

KRISTALNI SUSTAV: Rompski

KRISTALNI RAZRED: $2/m\ 2/m\ 2/m$

PROSTORNA GRUPA: Cccm

HABITUS: kratkoprizmatski kristali, pseudoheksagonski sraaslaci po $\{110\}$;
zrnast, masivan

TVRDOĆA: $7-7\frac{1}{2}$

GUSTOĆA: 2.505

KALAVOST: Po $\{100\}$ dobra, a po $\{001\}$ i $\{010\}$ slaba. Lučenje paralelno po $\{001\}$ opaža se kod alteriranih zrna.

LOM: Poluškoljkast.

BOJA: Plav, siv ili ljubičast u raznim nijansama. Crt je bijel.

SJAJ: Staklast.

POJAVLJIVANJE: u kontaktno i regionalno metamorfoziranim stijenama porijeklom iz glinovitih sedimenata; čest u hornfelsima; u zajednici sa sillimanitom i spinelom, odnosno plagioklasom, spinelom i ortopiroksenom; u gnajsevima s granatom i sillimanitom; u nekim noritima, granitima i pegmatitima



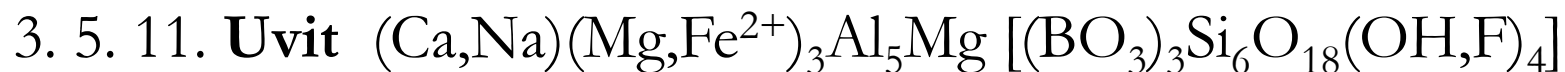
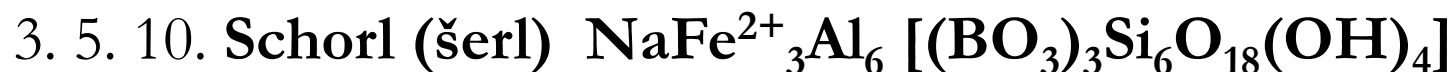
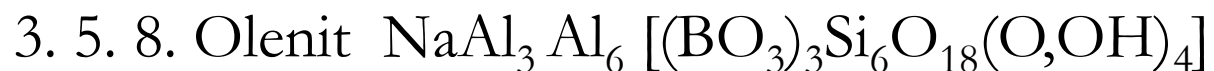
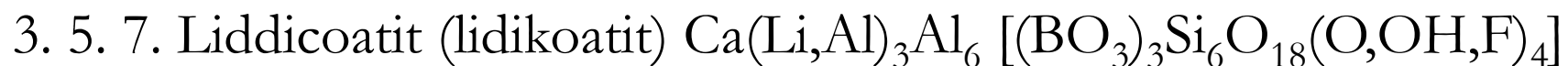
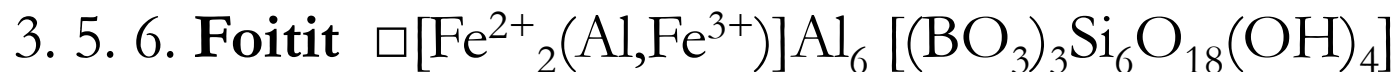
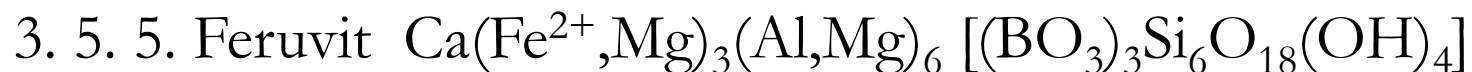
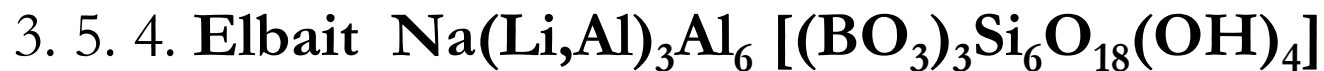
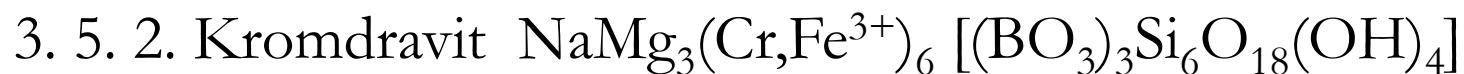
➤ **CORDIERIT** $((\text{Mg,Fe}^{2+})_2\text{Al}_3[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}])$

- stara imena su mu **DIKROIT**, koje dolazi od grč. *δικροια* (dikroia) = dvostruka boja (odlikuje se jakim dikroizmom – **plavoljubičast** - **smečkast**) te **IOLIT**, koje dolazi od grč. *ιολ* (iol) = ljubica (zbog njegove **plavoljubičaste** boje)
- upravo zbog njegove lijepe boje i izraženog dikroizma, a i zbog njegove relativno velike tvrdoće (7 – 7 ½ po Mohsu) upotrebljava se kao dragi kamen



XIII. 3. 5. GRUPA TURMALINA

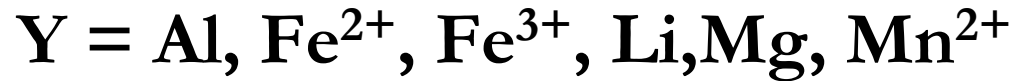
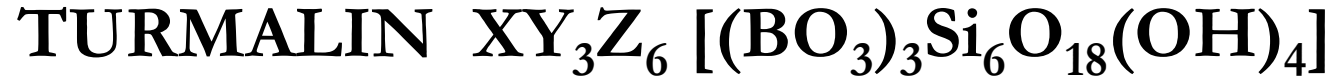
Poznati krajnji članovi iz GRUPE TURMALINA su:



XIII. 3. CIKLOSILIKATI

XIII. 3. 5. GRUPA TURMALINA

TURMALIN



- turmalini su minerali vrlo različitog sastava opće formule ovdje navedene. Neki od značajnijih krajnjih članova su:



XIII. 3. CIKLOSILIKATI

XIII. 3. 5. GRUPA TURMALINA

TURMALIN

KRISTALNI SUSTAV: heksagonski (trigonski)

KRISTALNI RAZRED: 3m

PROSTORNA GRUPA: R3m

HABITUS: prizmatski kristali vertikalno prutani (trigonska i heksagonksa prizma); hemimorfija izražena; radijalni ili paralelni agregati; masivan

TVRDOĆA: 7¹/₂

GUSTOĆA: 2.9-3.3

KALAVOST: Nema.

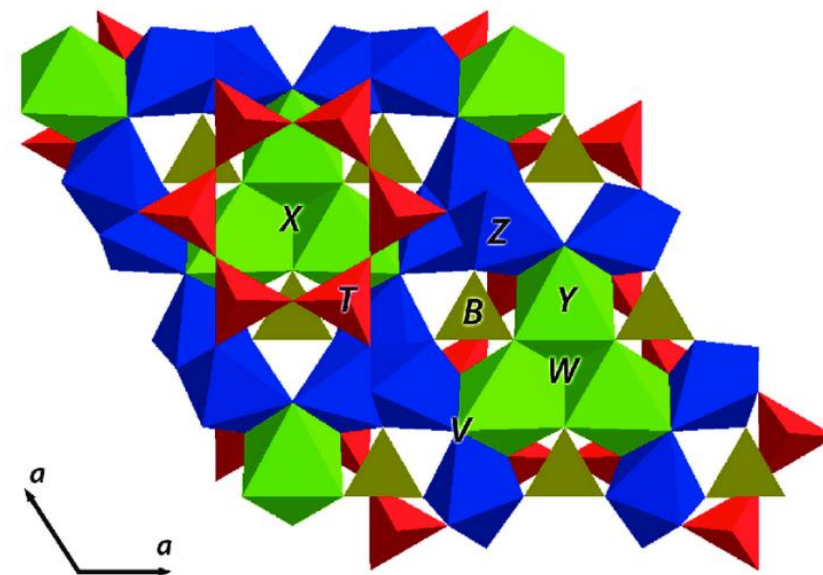
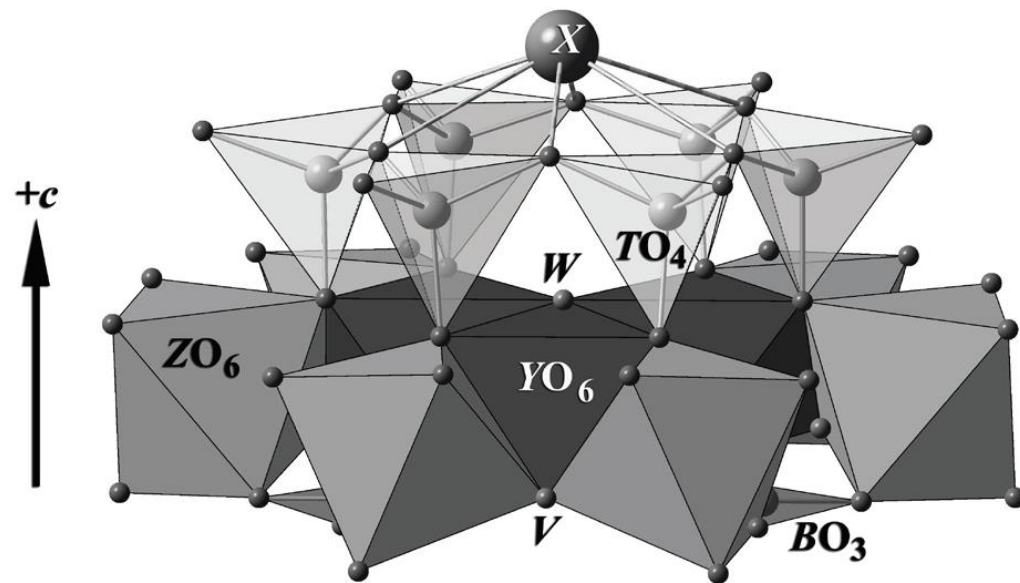
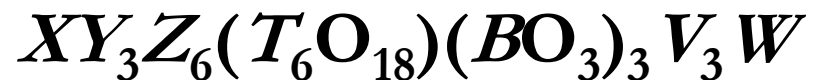
LOM: Neravan.

BOJA: Boje su obično u tamnijim nijansama. Ovisno o sastavu, turmalini su poznati u svim bojama spektra. Mogu biti bezbojni, ružičasti do crveni ili zeleni (elbait), smeđi do crni (dravit), tamnozeleni do crni (schorl). Uobičajena je i zonalna obojenost (uočava se u poprečnim presjecima), a boja se može mijenjati i uzduž kristala. Crt je bijel (dravit, elbait), smeđ (schorl).

SJAJ: Staklast.

POJAVLJIVANJE: granitni pegmatiti; akcesorni mineral u magmatskim i metamorfnim stijenama

Struktura turmalina



X = Na, Ca, K, □

Y = Al, Li, Fe²⁺, Mg, Mn²⁺, Fe³⁺, V³⁺, Cr³⁺, Ti⁴⁺

Z = Al, Mg, Cr³⁺, V³⁺, Fe³⁺

T = Si, Al, B

V = OH⁻, O²⁻

W = F⁻, O²⁻, OH⁻

XIII. 3. CIKLOSILIKATI

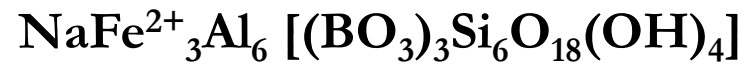
XIII. 3. 5. GRUPA TURMALINA

TURMALIN



XIII. 3. CIKLOSILIKATI - XIII. 3. 5. GRUPA TURMALINA

TURMALIN – SCHORL (ŠERL)



➤ GRUPA TURMALINA $(XY_3Z_6[(BO_3)_3Si_6O_{18}(OH)_4])$

AKROIT

- bezbojni varijetet turmalina
- ime mu dolazi od grč. $\alpha\chi\rho\omega\mu\alpha$ (akroma) = bez boje
- upravo zbog toga što je bezbojan, ne pokazuje dikroizam
- akroit je zapravo varijetet elbaita, a može se pronaći u pegmatitima Madagaskara i u mjestu Pala (Kalifornija, SAD)
- kristali akroita koji su na jednom kraju **crno** obojeni nazivaju se “**mrtvačka glava**”
- kristali akroita koji su na jednom kraju **crveno** obojeni nazivaju se “**turska glava**”



➤ GRUPA TURMALINA $(XY_3Z_6[(BO_3)_3Si_6O_{18}(OH)_4])$

INDIGOLIT

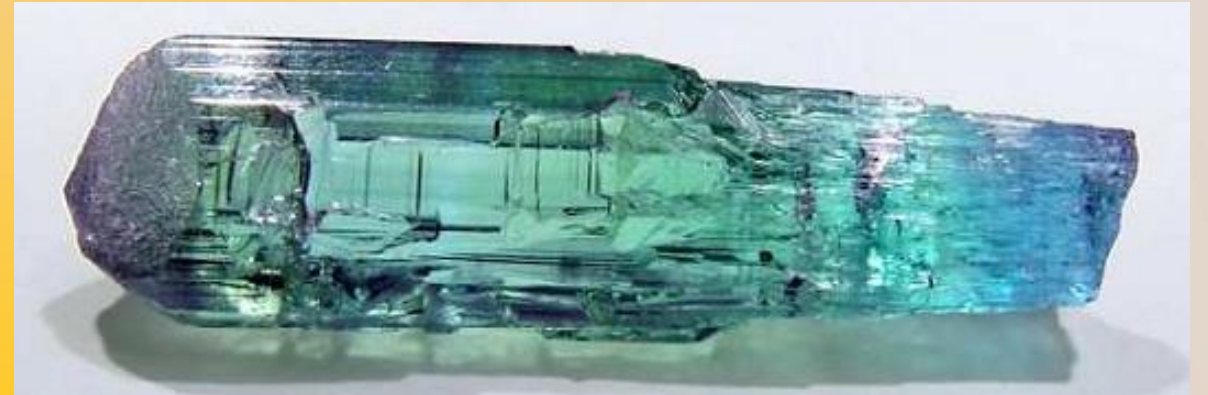
- tamnoplavi, indigoplavi varijetet turmalina
- ima ga u Sibiru, gdje dolazi u žutim glinama nastalim trošenjem granita
- također ga ima i u Brazilu, gdje ga ponekad nazivaju “brazilski safir”



➤ GRUPA TURMALINA $(XY_3Z_6[(BO_3)_3Si_6O_{18}(OH)_4])$

PARAIBA TURMALIN

- svijetloplavi varijetet turmalina
- dobio ime po brazilskoj državi Paraibi
- smatra se da boja potječe od Cu i Fe



➤ GRUPA TURMALINA $(XY_3Z_6[(BO_3)_3Si_6O_{18}(OH)_4])$

PARAIBA TURMALIN

- svijetloplavi varijetet turmalina
- dobio ime po brazilskoj državi Paraibi
- smatra se da boja potječe od Cu i Fe



➤ GRUPA TURMALINA $(XY_3Z_6[(BO_3)_3Si_6O_{18}(OH)_4])$

SIBERIT

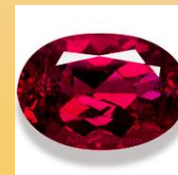
- purpurno do ljubičastoplavi varijetet turmalina
- pronađen u Sibiru po čemu je i dobio ime



➤ GRUPA TURMALINA $(XY_3Z_6[(BO_3)_3Si_6O_{18}(OH)_4])$

RUBELIT

- ružičast do crven varijetet turmalina
- ime mu dolazi od lat. *rubrum* = crveno
- nalazišta: u sedimentima nastalim trošenjem granita (Rusija), u pegmatitima (Madagaskar, Brazil)
- ponekad je u draguljarstvu poznat kao “sibirski rubin”



➤ GRUPA TURMALINA $(XY_3Z_6[(BO_3)_3Si_6O_{18}(OH)_4])$

VERDELIT

- zeleni varijetet turmalina
- nalazišta: Brazil (“brazilski smaragd”), Namibija...
- ime je dobio po svojoj zelenoj boji



➤ **GRUPA TURMALINA** $(XY_3Z_6[(BO_3)_3Si_6O_{18}(OH)_4])$

“WATERMELON” TURMALIN

- turmalin izgleda lubenice, izvana zelen, iznutra crven



XIII. 3. CIKLOSILIKATI

XIII. 3. 6. DIOPTAS, $\text{Cu}^{2+}_6\text{Si}_6\text{O}_{12} \cdot 6(\text{OH})_2$

3. 6. Dioplas $\text{Cu}^{2+}_6\text{Si}_6\text{O}_{12} \cdot 6(\text{OH})_2$



XIII. 3. CIKLOSILIKATI

XIII. 3. 6. DIOPTAS, $\text{Cu}^{2+}_6\text{Si}_6\text{O}_{12} \cdot 6(\text{OH})_2$

DIOPTAS $\text{Cu}^{2+}_6\text{Si}_6\text{O}_{12} \cdot 6(\text{OH})_2$

KRISTALNI SUSTAV: heksagonski (trigonski)

KRISTALNI RAZRED: $\bar{3}$

PROSTORNA GRUPA: $R\bar{3}$

HABITUS: kristali kombinacija prizme i romboedara

TVRDOĆA: $5\frac{1}{2}$

GUSTOĆA: 3.28-3.35

KALAVOST: Savršena po $\{10\bar{1}1\}$.

LOM: Ljušturast.

BOJA: Zelena ili plavozelena. Crt je zelen.

SJAJ: Staklast.

POJAVLJIVANJE: u zoni trošenja ležišta bakra

