

# MINERALOGIJA

## sistematika

ZNANOST O OKOLIŠU

2006/07

# Klasifikacija minerala

- Minerali se na temelju dominantnog aniona odnosno anionske grupe dijele u mineralne razrede:

1. samorodni elementi
2. sulfidi, selenidi, teluridi
3. oksidi, oksihidroksidi, hidroksidi
4. halogenidi
5. karbonati
6. nitrati
7. jodati
8. borati
9. sulfati, selenati, telurati, kromati
10. fosfati, arsenati, vanadati
11. molibdati, volframati
12. silikati
13. organski minerali

ZAŠTO?

kemijska sistematika  
sličnost svojstava  
postanak

# Mineralni tip

- Unutar razreda minerali se dijele na mineralne tipove prema stehiometriji tj. omjeru kationa i aniona, odnosno prema dodatnim anionima. Tako se npr. karbonati dijele na:
  - karbonate tipa  $ACO_3$
  - karbonate tipa  $AB(CO_3)_2$
  - karbonate tipa  $A_2B_2(CO_3)_3$
  - kisele karbonate
  - karbonate s vodom
  - karbonate s dodatnim anionima.

# Mineralna grupa i mineralna vrsta

- Mineralne grupe čine minerali s istim tipom strukture
  - karbonati tipa  $ACO_3$  dijele na grupu kalcita i grupu aragonita.
- Grupe se dalje dijele na mineralne vrste odnosno minerale
  - grupu kalcita čine:
    - kalcit  $CaCO_3$
    - magnezit  $MgCO_3$
    - smithsonit  $ZnCO_3$
    - rodokrozit  $MnCO_3$
    - siderit  $FeCO_3$
    - otavit  $CdCO_3$
    - sferokobaltit  $CoCO_3$
    - gaspeit  $NiCO_3$ .



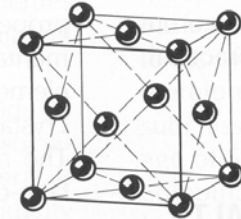
# Samorodni elementi

- jednostavni sastav i struktura
- rijetki minerali nastaju u specifičnim uvjetima, ali neki su ekonomski vrlo značajni
- danas se zna da se mnogo elemenata može javiti u prirodi u takvom obliku, ali samo neki dolaze u značajnijim koncentracijama
  - zlato, srebro, bakar
  - grafit i dijamant

# zlato - Au, srebro - Ag, bakar - Cu

- isti tip strukture – ccp, holodrija k.s., slična svojstva

- morfologija (kristali - heksaedar, oktaedar, romp.dodekaedar; dendritične forme, neregularni agregati – grumenje, zrna)
- velika gustoća, kovkost, slitine
- mekani, metalni sjaj
- dobri vodiči struje i topline

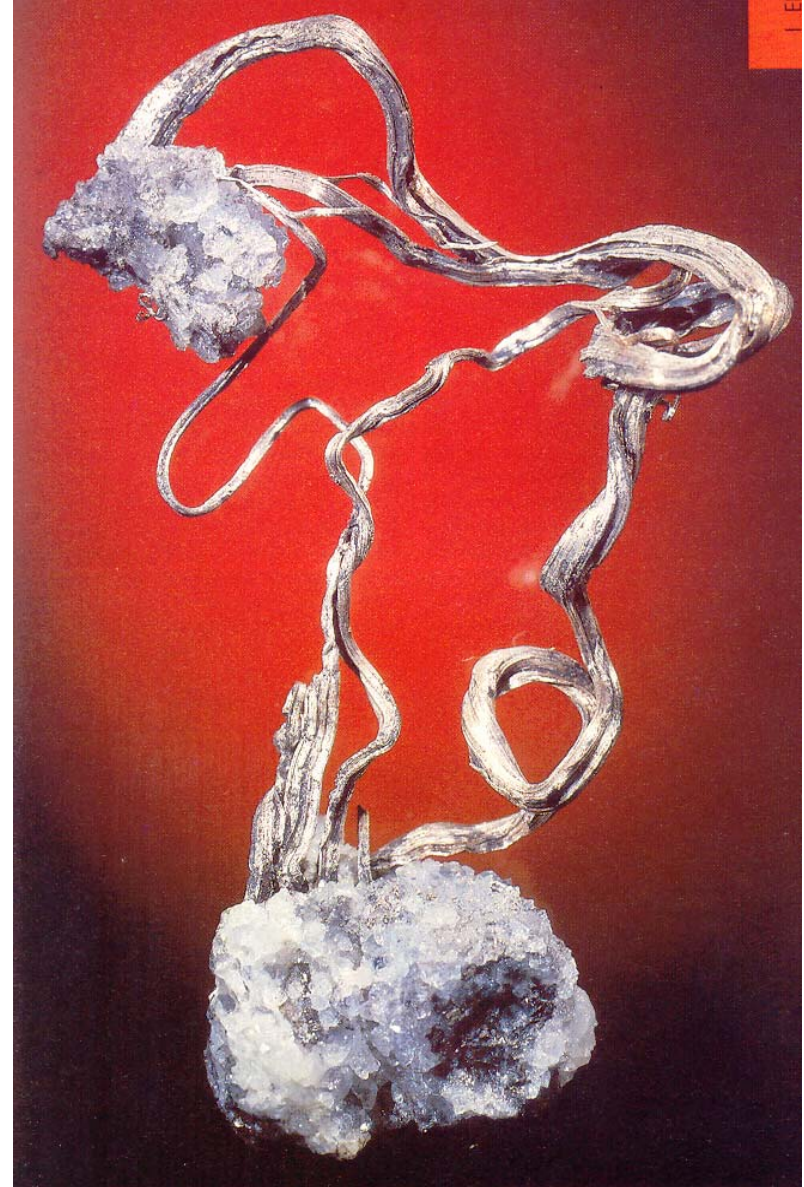
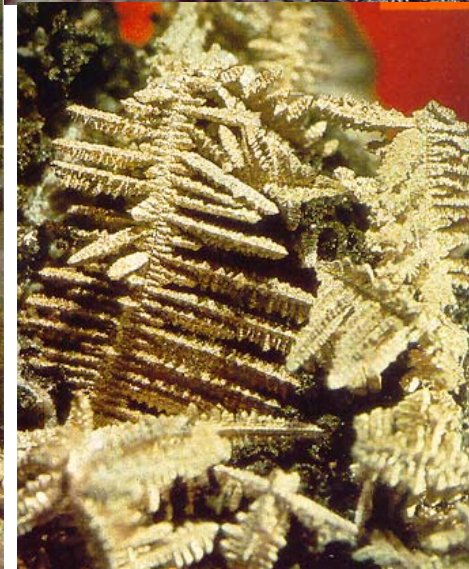


neregularni agregati

	T	G	boja
zlato	2½	19,2	žuta
srebro	3	10,5	srebrna - oksidira
bakar	3	8,7	crvena - prevlake

gorsko zlato – naplavljeno zlato

# zlato, srebro





# Zlato

- vrlo rijetko je kemijski čisto – pad gustoće, promjena boje – čistoća zlata – u karatima ili u promilima
- javlja se u hidrotermalnim žilama, ili kao isprano u tzv. rezistatima
- zlato je primješano i u drugim mineralima pa se dobiva kao nusprodukt u proizvodnji npr Cu
- JAR, SAD, Rusija, Kanada
- monetarni standard, nakit, kontakti u elektroničkoj opremi, stomatologija

## podjela sedimenata na temelju ponašanja minerala i elemenata pri trošenju

	rezistati	hidrolizati	oksidati	redukati	precipitati	evaporiti
elementi	Si	Al, Si, Fe	Fe, Mn	Fe, S	Ca, Mg	Ca, Mg, Na, K
minerali	kvarc, akcesorni minerali	minerali glina, Al-hidroksidi	hematit, goethit, piroluzit	pirit, siderit	kalcit, aragonit, dolomit	gips, anhidrit, halit, silvit, salitra

# ionski potencijal

- ponašanje elemenata pri trošenju ovisi o tzv. ionskom potencijalu  
ionski potencijal = nabo / radijus

prema njemu razlikujemo 3 grupe iona:  
<3 - topivi kationi  
3-10 - hidroliziraju – koloidi  
>10 - topivi kompleksni anioni

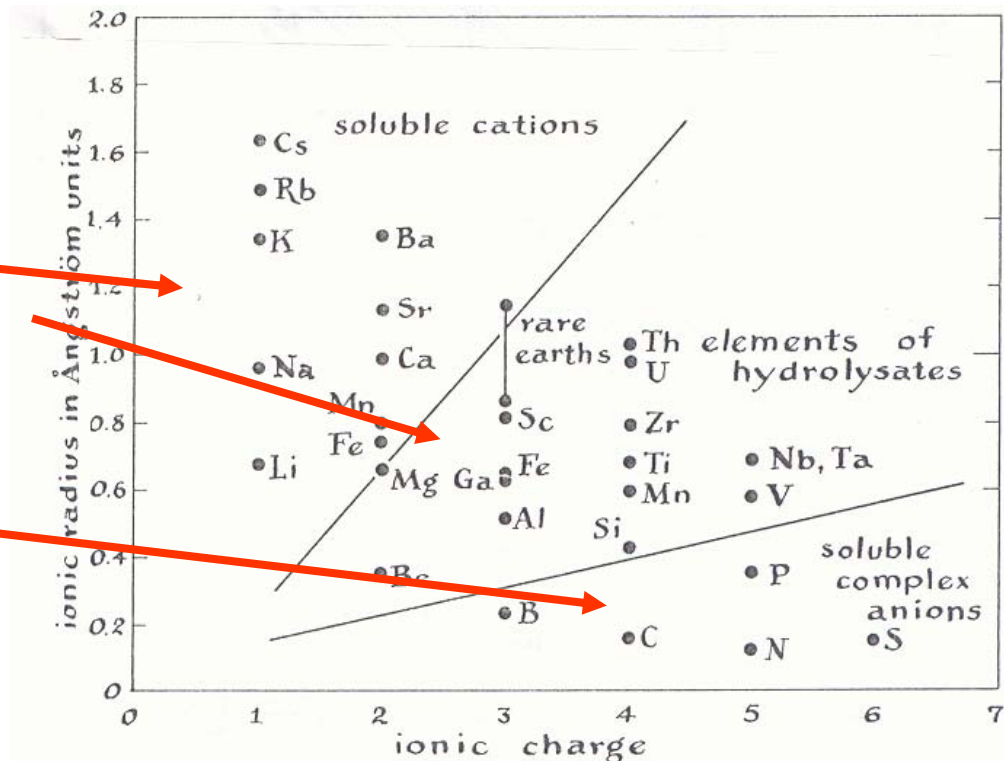


Figure 5-3 Ionic potential and the behavior of elements in sedimentary processes.

# rudni i jalovinski minerali - ruda

- ruda je mineralni agregat koji sadrži korisne komponente
- rudni minerali su oni koji se u nekom rudnom ležištu vade, a oni koji su nekorisni su jalovinski
- rudni minerali su izvor pojedinih elementa
- mineralne sirovine su ekonomski korisni materijali koji služe kao sirovine u industriji, ali ne služe kao izvor kemijskih elementa npr. pijesci, kamen, sol, drago kamenje, lapor, gips

# rudno ležište

- rudno ležište – područje u kojem postoji povišena koncentracija nekog elementa u odnosu na prosječni sastav tog elementa u Zemljinoj kori
- koliko puta mora biti veća koncentracija ovisi prvenstveno o ekonomskim (količina rude, cijena, infrastruktura), ali ponekad i o političkim faktorima
- rudna pojava – pojava rude koju nije moguće ekonomski eksploatirati



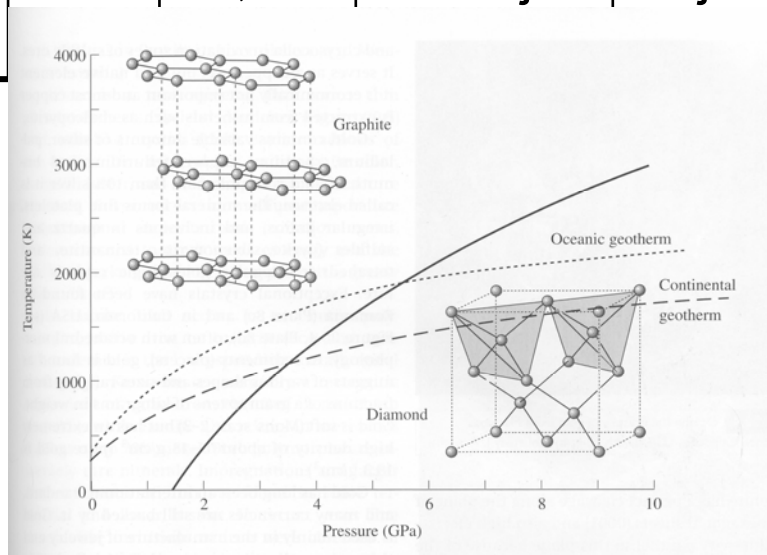
# koncentracija elemenata u kori i u rudi

element	konc. u mag. stijenama %	koncentracija u rudi	faktor obogaćenja
Fe	5,0	50	10
Cu	0,007	0,5-5	70-700
Zn	0,013	1,3-13	100-1000
Pb	0,0016	1,6-16	1000-10000
Au	0,0000005	0,0000015-0,01 pijesci - stijena	3-2000

# C – grafit, dijamant

- različite strukture – različita svojstva
  - morfologija
    - grafit pločasti, dijamant kristali u formi oktaedra
  - vodljivost struje (DA, NE)

		T	G	boja	sjaj	kalavost
grafit	heksago n.	1	2,23	crn	polumetalni	0001
dijaman t	kubični	10	3,52	bezbojan	dijamantni	111



- grafit
  - pločasti kristali, listićavi do zrnati agregati, savršena kalavost, mala tvrdoća, mastan opip, crna boja i crt
  - primjena – mazivo, elektrode, u čelicima, vatrostatne posude, olovke
- dijamant
  - oktaedarski kristali, zaobljenih ploha, (mikrokristalasti agregati), kalavost, dijamantni (mastan) sjaj, visoka tvrdoća, igra boja (visoki indeks loma i disperzija indeksa loma), bezbojan do nježno obojen
  - kimberliti, nanosi
  - Indija, Brazil, južna Afrika, Sibir, Australija
  - primjena dragi kamen, brusni materijal

# Drago kamenje

- svojstva
  - providnost
  - čistoća
  - sjaj, igra boja
  - boja
  - tvrdoća
- karat – 0,2 g
  - najteži dijamant Cullinan 3106 karata – 621,2 g
  - najveći brušeni Cullinan II – 530 karata

# Sulfidi

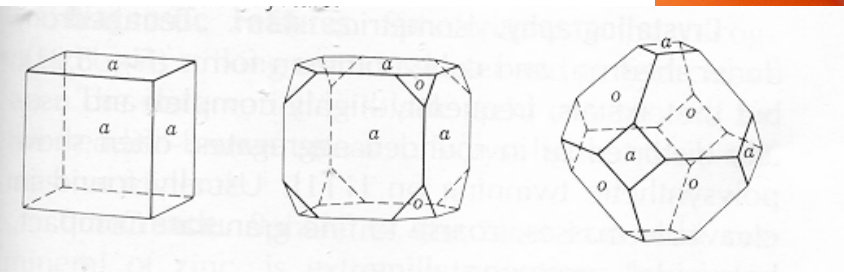
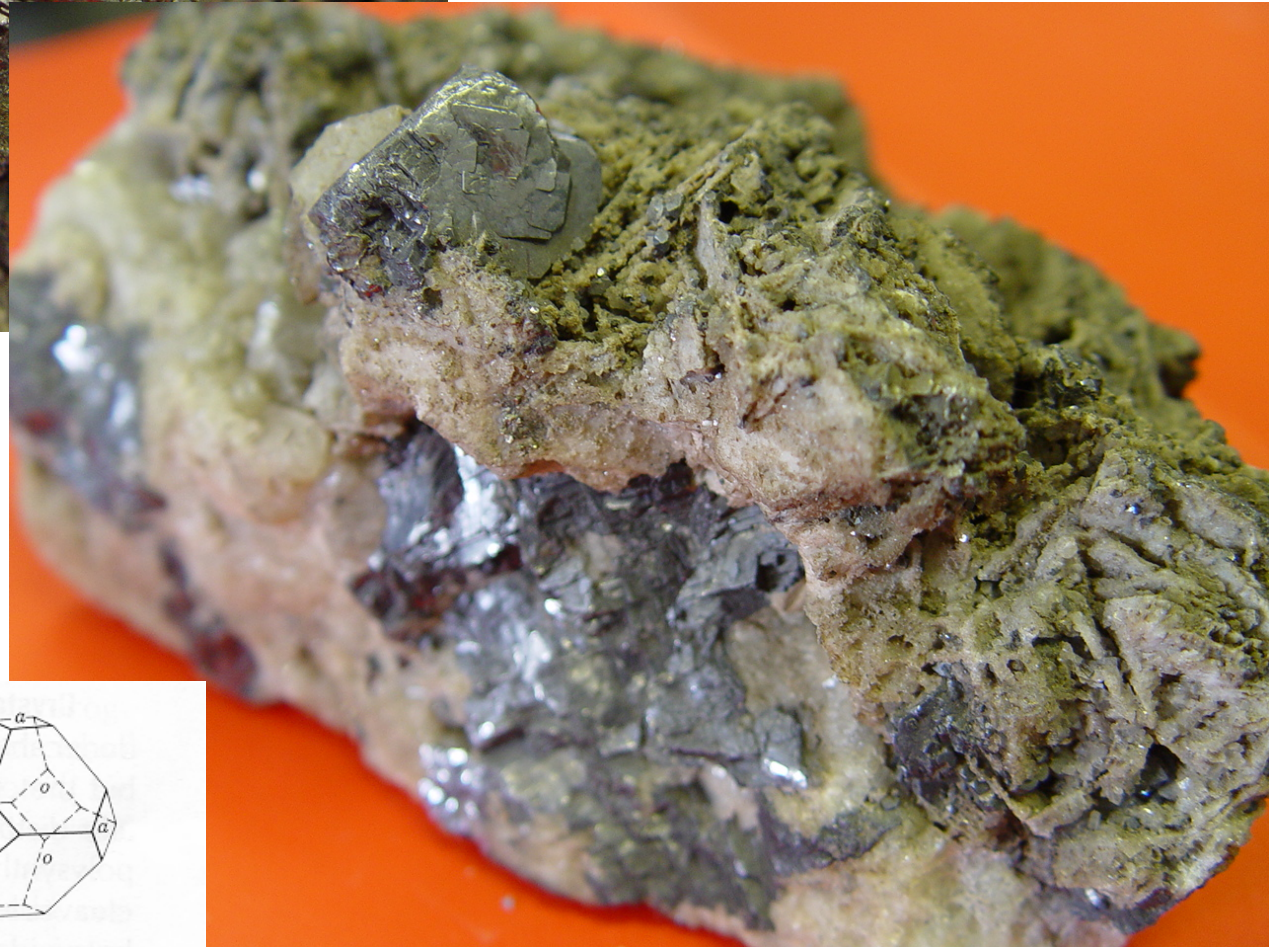
- među njima se nalaze mnogi važni rudni minerali Cu, Zn, Pb, Hg, Co, Ni
- stara podjela
  - sjajnici – jaki metalni sjaj, opaki, siva boja, crt crn, male tvrdoće (2-3), često savršena kalavost
  - pakovine – jaki metalni sjaj, opaki, svijetlih boja (žuta, crvenkasta, bijela), crn ogreb, tvrdoća 5-6, bez kalavosti, krte
  - blistavci – dijamantni sjaj, providni, male tvrdoće, kalavost, krte
  - sinjavci – tamnosivi, metalni sjaj, opaki, ogreb crn, male tvrdoće, nemaju kalavosti, krte

# galenit PbS – olovni sjajnik

- kubični mineral, na kristalima plohe kocke i oktaedra, zrnati agregati
- izvanredna kalavost po {100}
- tvrdoća 2 ½ spec.tež. 7,5
- sjaj metalni boja i crt olovnosivi
- najvažniji rudni mineral olova (akumulatori, pigmenti, zaštita od zračenja) i važan rudni mineral srebra, dolazi u hidrotermalnim žilama vrlo često sa sfaleritom ZnS
- trošenjem daje cerusit  $\text{PbCO}_3$  i anglesit  $\text{PbSO}_4$
- SAD, Australija, Njemačka, Češka, Kosovo (Trepča), Makedonija, Slovenija, BiH



# galenit

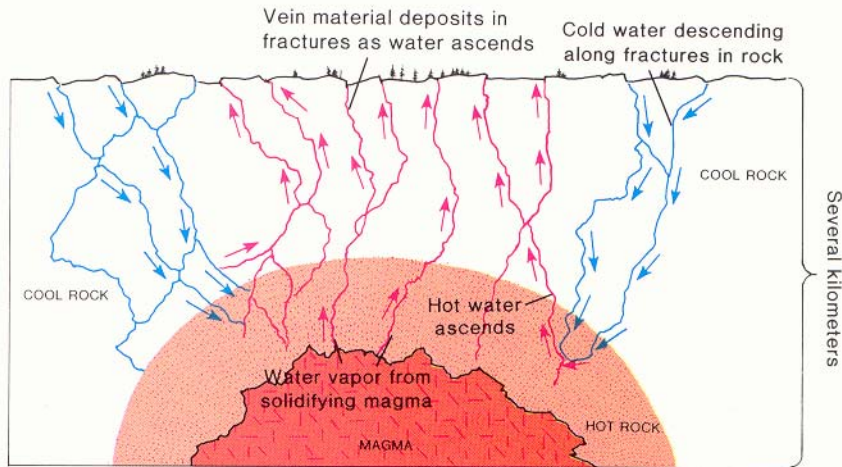


# hidrotermalne otopine

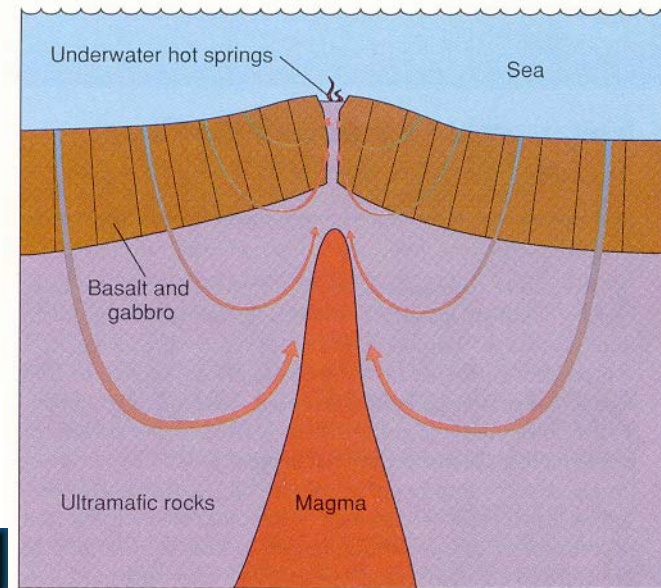
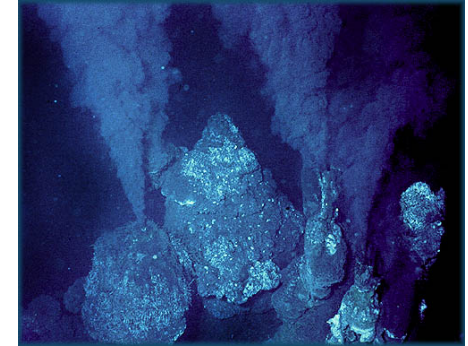
- vruće vodene otopine, kompleksnog sastava, glavni sastojci Na, K, Ca i Cl, ali nose i čitav niz drugih elemenata u manjim koncentracijama
- kristalizacijom iz njih na temp. 650-50°C nastaju hidrotermalne pojave odnosno ležišta
- voda može biti:
  - juvenilna – iz magme
  - meteorska (oceanska) – s površine
  - konatna i metamorfna – iz pora odnosno iz minerala u stijeni
- elementi potiču iz magme ili ih vruće vode izlužuju na putu kroz stijene



# hidrotermalne otopine



**Figure 7.18**  
How veins form. Cold water descends, is heated, dissolves material, ascends, and deposits material upon ascending.



**Figure 7.16**  
Cross section of a mid-oceanic ridge (diverging plate boundary). Water descends through fractures in the oceanic lithosphere, is heated by magma and hot igneous rocks, and rises.

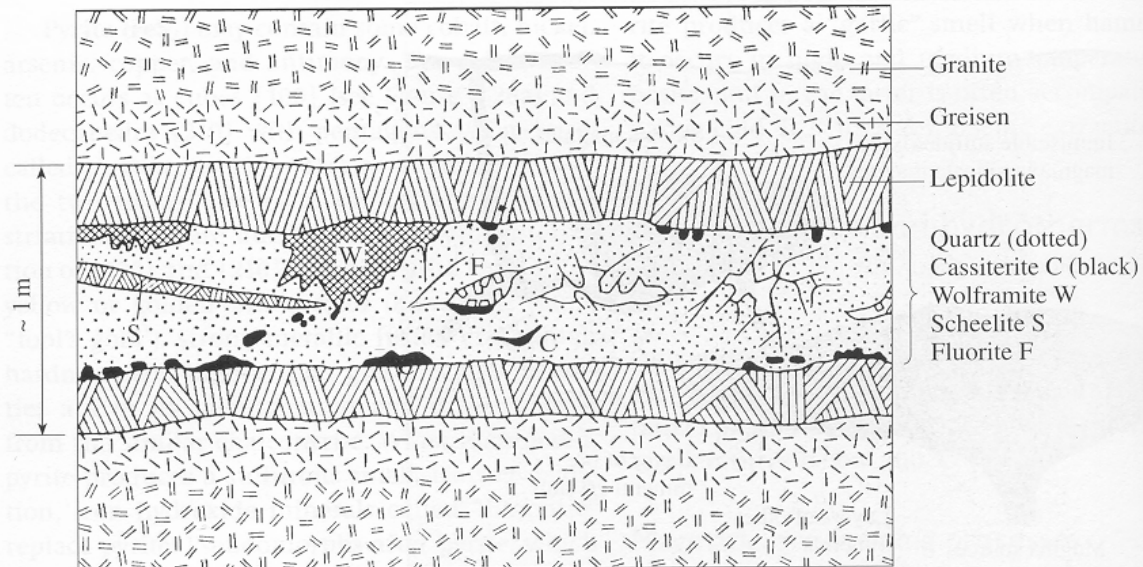


# rudni minerali u hidrotermalnim ležištima

- željezo
  - hematit  $\text{Fe}_2\text{O}_3$
  - magnetit  $\text{Fe}_3\text{O}_4$
  - pirit  $\text{FeS}_2$  Au
- bakar
  - halkopirit  $\text{CuFeS}_2$
  - bornit  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$
  - halkozin  $\text{Cu}_2\text{S}$
- cink
  - sfalerit  $\text{ZnS}$  Cd, Ga, Ge
- olovo
  - galenit  $\text{PbS}$  Ag
- zlato
  - zlato Au Ag
- živa
  - cinabarit  $\text{HgS}$
- uran
  - uraninit  $\text{UO}_2$  Ra

# hidrotermalna ležišta

- mogu biti:
  - žilnog – otopine putuju kroz pukotine u stijeni
  - raspršenog tipa – otopine putuju duž granica mineralnih zrna
- hidrotermalna ležišta su danas glavni izvor Cu, Pb, Zn, Ag, Au
- alteracij<sup>e</sup>



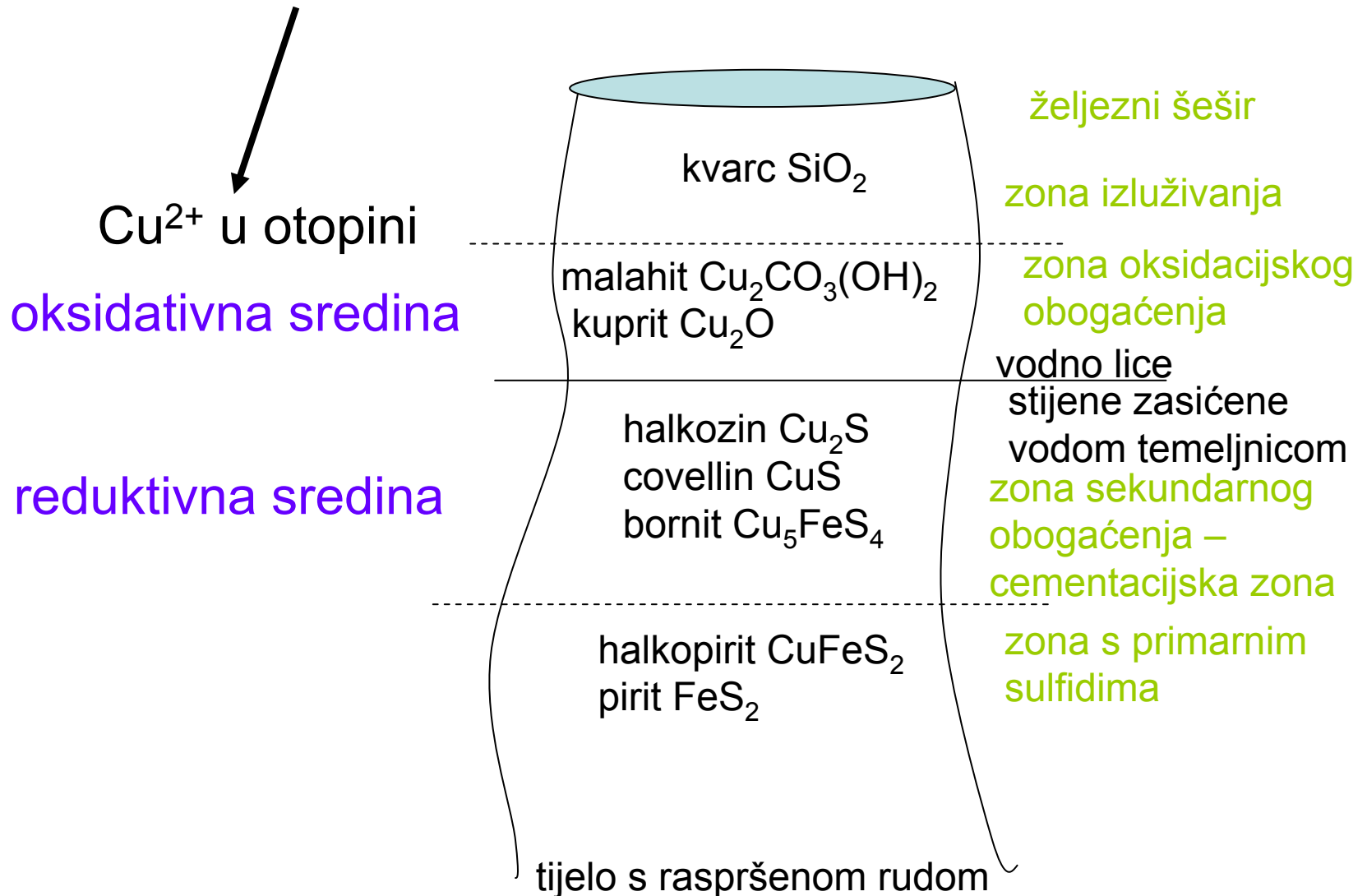
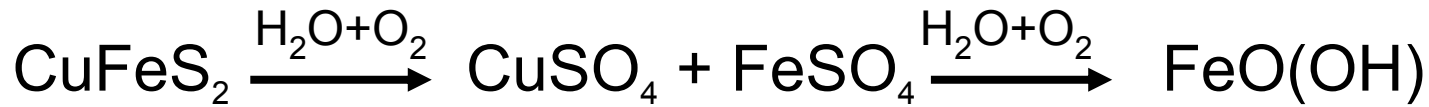




- velika jalovišta
- uslijed djelovanja atmosferilija dolazi do oksidacije i ispiranja metala iz stijena te do porasta kiselosti voda

rudnik Cu Bingham Canyon, Utah – širok cca. 3 km, dubok cca.900 m.

# željezni šešir – sekundarno obogaćenje

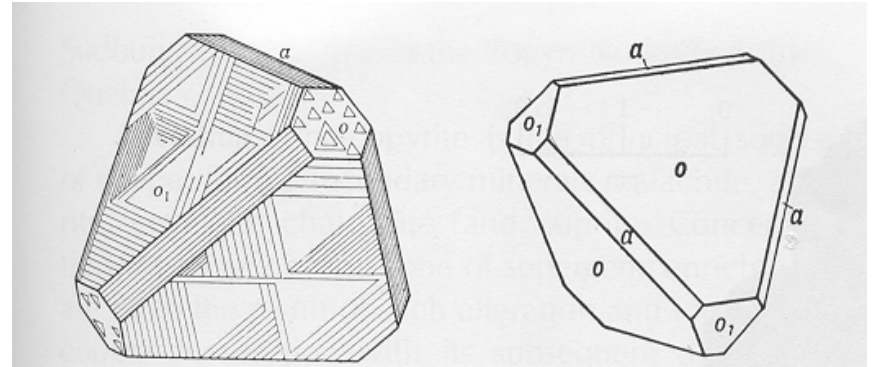
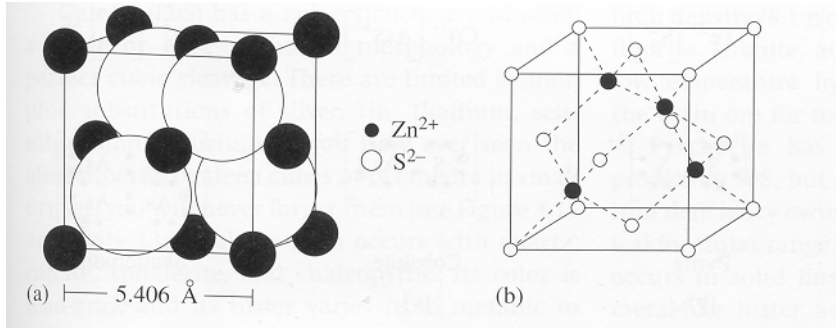


# sfalerit ZnS – cinkov blistavac

- kubični mineral, kristali tatraedarski, fino do krupnozrnati agregati, bubrežasti agregati
- izvanredna kalavost po {110}
- tvrdoća 3 ½ - 4 spec.tež. 4
- sjaj dijamantni, smolasti, polumetalan ovisno o sastavu tj. udjelu Fe
- žut, crven, crn crt bijel, žut, smeđ
- najvažniji rudni mineral cinka (galvanizacija, mjed, pigmenti, baterije) dolazi u hidrotermalnim ležištima s galenitom
- Kanada, SAD, Rusija, Australija, Poljska, Meksiko



# sfalerit



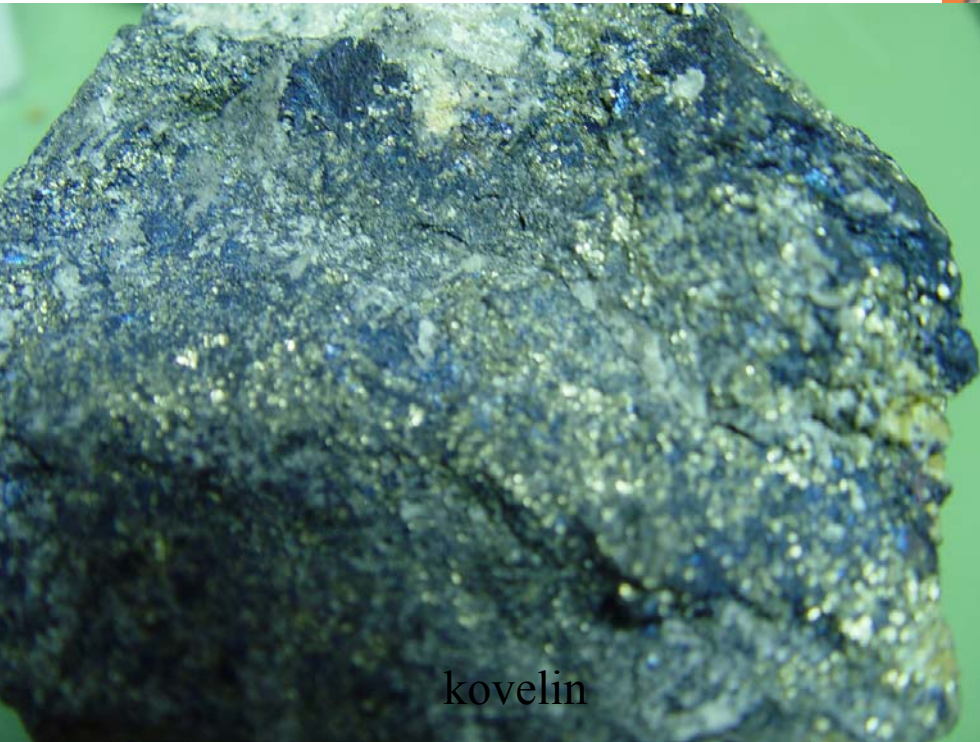
# sulfidi bakra

- **halkopirit  $\text{CuFeS}_2$  bakarna pakovina**
  - tetragonski, obično masivan,  $T=4$   $ST=4,2$  metalni sjaj, mjedenožut ali se nahuče pa je tamniji, zelenocrni crt, krt
- **bornit  $\text{Cu}_5\text{FeS}_4$  šarena bakarna pakovina**
  - tetragonski, obično masivan,  $T=3$ ,  $ST=5$ , metalni sjaj, boja brončana ali se brzo šareno nahuče (plavo, ljubičasto), tamnosivi crt
- **halkozit  $\text{Cu}_2\text{S}$  bakarni sjajnik**
  - rompski, najčešće u sitnozrnatim do gustim agregatima, slaba kalavost,  $T=3$ ,  $ST=5,7$  crnkastosive boje i crta, na svježem prerezu metalni sjaj, ali se brzo nahuče i postaje mutan
- **covellit  $\text{CuS}$  bakarni indigo**
  - heksagonski, rijetko pločasti kristali, masivan, zrna ili prevlake, izvanredna kalavost,  $T=2$   $ST=4,7$  metalni sjaj, indigo plav ili tamniji, tamnosivi crt
- Čile, SAD, Španija, Kanada, Zambija, Srbija
- bakar, drugi najvažniji metal– vodič, legure



# sulfidi bakra

halkopirit



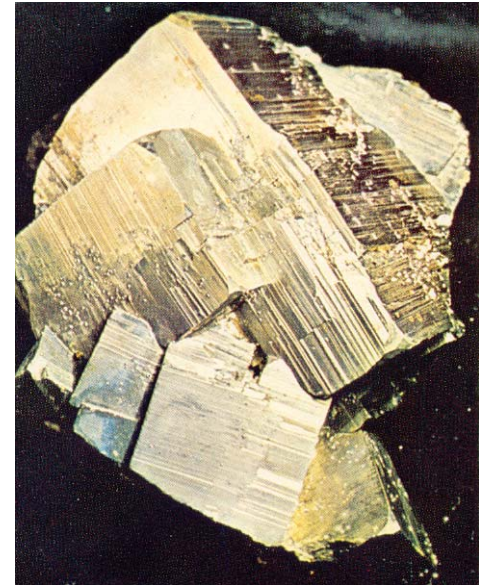
kovelin



bornit

# pirit $\text{FeS}_2$ – željezna pakovina

- kubični mineral, često u tipičnim kristalima forme kocke (prutanja) i pentagonskog dodekaedra, masivan, zrnati agregati
- krt,  $T=6$   $ST=5$  sjaj metalni, boja mjedeno žuta, crt zelenkasto crn, opaki, trošenje
- vrlo čest mineral, dolazi u hidrotermalnim ležištima, u sedimentnima. Rudni mineral Au ili kao sirovina za dobivanje sumporne kiseline, a ne rudni mineral željeza



# cinabarit HgS rumenica

- heksagonski mineral, romboedarski kristali, sitnozrnati, masivni, zemljasti agregati, raspršena zrna
- savršena kalavost,  $T=2 \frac{1}{2}$   $ST=8,1$  sjaj: dijamantni, metalni, mutan, boja: crvena do smeđa, crt crven
- Španija, Slovenija (Idrija), SAD, Kina
- dosta široka upotreba – problem – bitan oblik u kojem se javlja

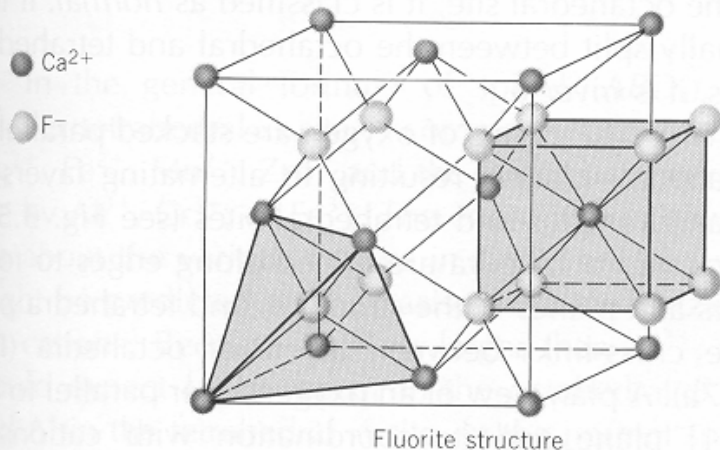
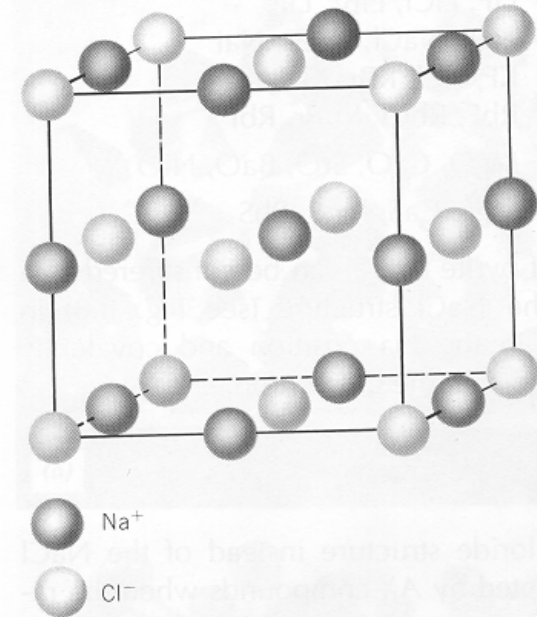


cinabarit



# Halogenidi

- spojevi (najčešće alkalija i zemnoalkalija Na, K, Ca, Mg i Sr) s halogenim elementima: Cl, F, Br
- najčešći imaju ionske strukture
  - halit (kuhinjska sol) - NaCl
    - evaporitni mineral
  - fluorit –  $\text{CaF}_2$



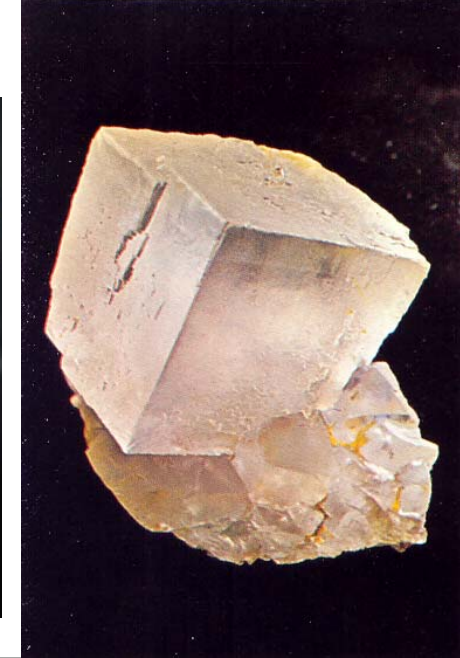
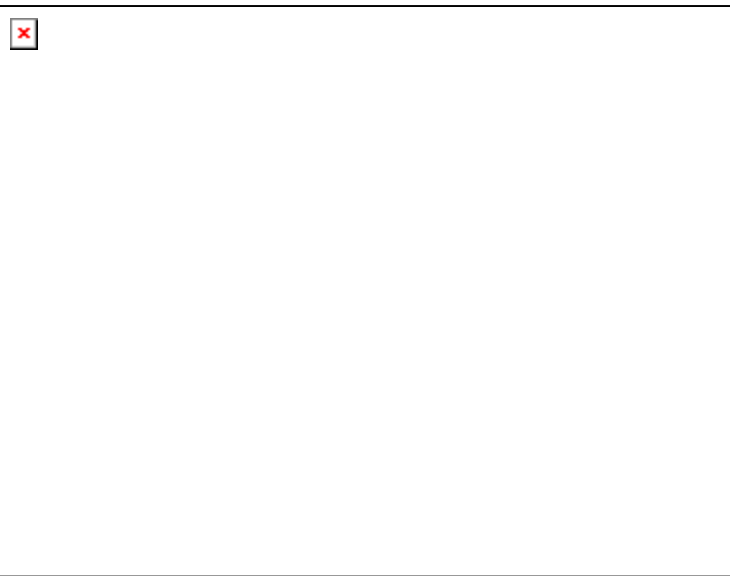
# fluorit – $\text{CaF}_2$ , halit - $\text{NaCl}$

- ionske veze uvjetuju bezbojnost i prozirnost
- dolaze kao kristali (heksaedar), druze, zrnati agregati, prevlake

		T	G	boja	sjaj
halit	kub .	2	2,1	različita ovisno o primjesama i defektima	staklast
fluorit	kub .	4	3,18	različita fluorescira u UV	staklast do mastan

- fluorit – hidrotermalni mineral, primjena: kemijska industrija – HF, fluks u industriji čelika, proizvodnja stakla, optički sistemi
- halit – evaporitni mineral, primjena: prehrana, tehnička sol, kemijska industrija

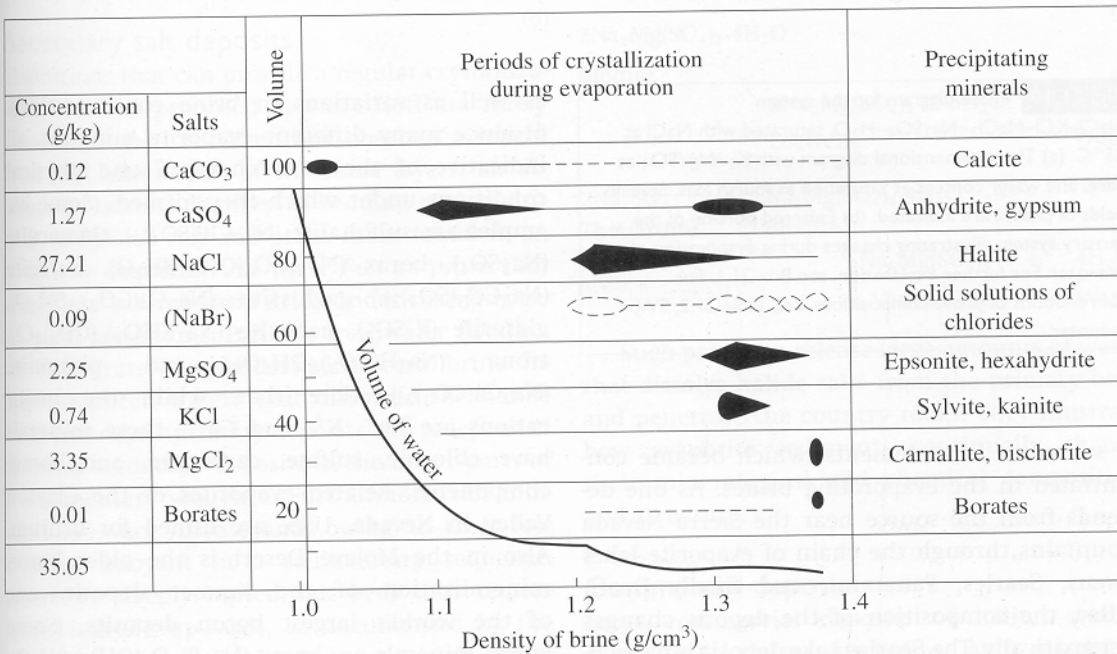
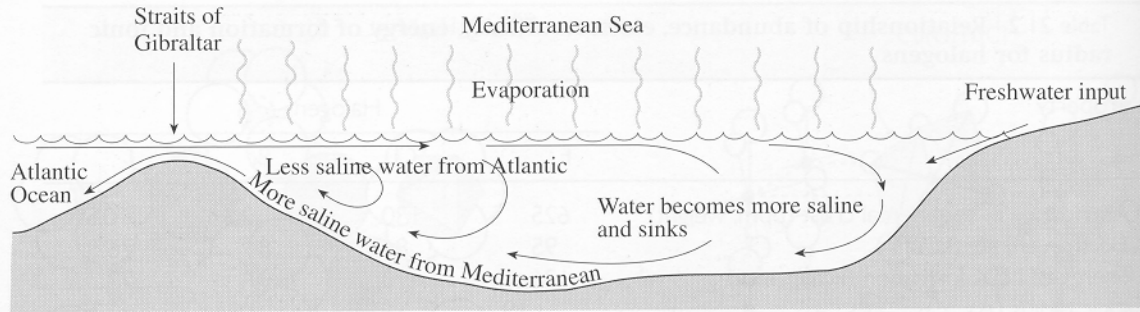




# evaporiti

- stijene (minerali) koji nastaju isparavanjem (evaporacijom) vode odnosno zbog povećanja koncentracije otopina. Suha i topla klima i zatvoreni bazeni pogoduju nastanku evaporita npr. slana jezera, lagune, Sredozemno more - tercijar
- slanost mora cca 35‰, 60 m taloga
- redosljed kristalizacije: kalcit  $\text{CaCO}_3$ , gips  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , anhidrit  $\text{CaSO}_4$ , halit  $\text{NaCl}$ , Mg-sulfati (epsomit i heksahidrit, silvit  $\text{KCl}$ , Mg-kloridi, borati
- prekidi, ponavljanje, solna tektonika - dijapiri
- kod jezera sastav vode jako ovisi o sastavu okolišnih stijena – sulfatna, boratna, nitratna jezera – rijetki minerali





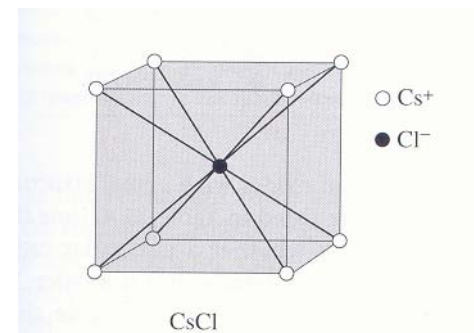
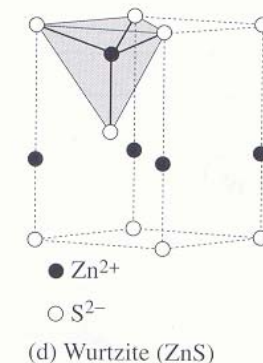
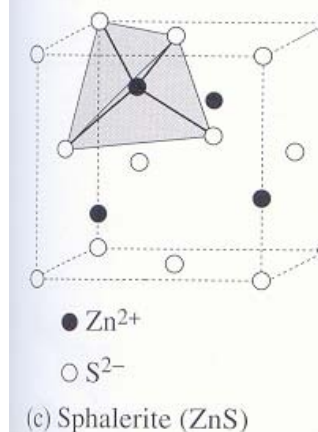
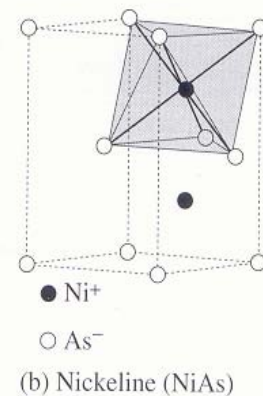
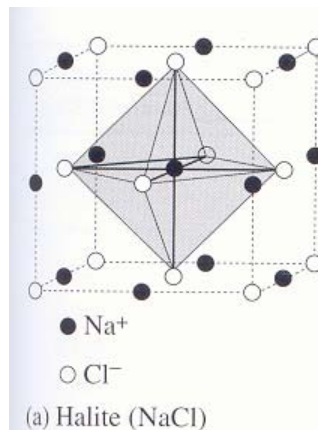
**Fig. 21.9** Crystallization sequence of evaporite minerals from seawater based on Valyashko (1962) with modifications by Kurilenko (1997). Also shown is the volume of water and the density of the residual brine.

# Oksidi i hidroksidi

- vrlo važna skupina minerala:
  - kvarc
  - led
  - rudni minerali željeza, aluminija, titana, mangana, kositra, urana i kroma
  - sirovine za high-tech keramike
- tipske jednostavne ionske strukture, ali ima i onih sa složenim kemijskim sastavom i složenom strukturom

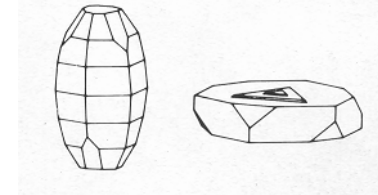
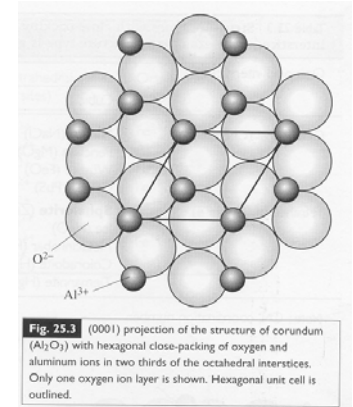
# Tipske strukture

- često guste anionske slagaline
- anioni tvore kordinacijske poliedre oko kationa, u pravilu (izuzetak spineli) veći kation – veći koordinacijski broj,  $\text{Si}^{4+}$  - 4,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  i  $\text{Fe}^{2+}$  - 6,  $\text{Ca}^{2+}$  - 8 ili 12
  - struktura periklasa  $\text{MgO}$  ili halita – ccp, okt. koord.
  - struktura nikelina  $\text{NiAs}$  – hcp, okt. koord.
  - struktura sfalerita  $\text{ZnS}$  – ccp, tet. koord.
  - struktura wurtzita  $\text{ZnS}$  - hcp, tet. koord.
  - struktura  $\text{CsI}$
  - struktura korunda  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , - hcp, 2/3 okt.
  - struktura spinela  $\text{MgAl}_2\text{O}_3$  - ccp
  - struktura perovskita  $\text{CaTiO}_3$  - ccp, ali nedostaju neki O na čije mjesto dolazi Ca
  - $\text{Mg}_2\text{SiO}_4 \rightarrow \text{SiMg}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{MgSiO}_3 + \text{MgO}$  u plaštu s porastom dubine uslijed porasta tlaka



# Korund – $\text{Al}_2\text{O}_3$

- heksagonski mineral
- struktura i jake ionsko-kovalentne veze uvjetuje veliku tvrdoću (9) i relativno veliku gustoću (4) blisku onoj koju ima halkopirit
- dolazi u pločastim ili u kristalima koji liče na bačvu, ali i u zrnatim do gustim agregatima
- bezbojan do bijel, crven – rubin (Cr), plav – safir (Ti, Fe); staklasti sjaj
- nastaje metamorfozom stijena bogatih Al, gline ili boksiti, dolazi u alkalnim magmatskim stijenama s viškom Al, nanosima
- brusni materijal, dragi kamen



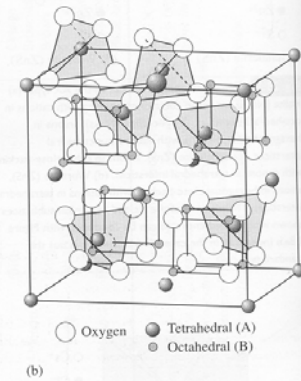
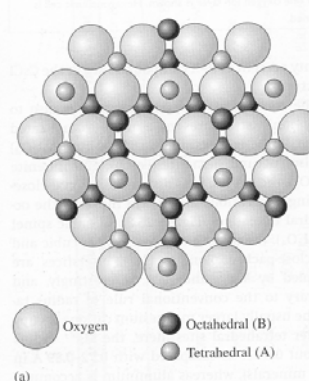
# Hematit – $\text{Fe}_2\text{O}_3$

- izostrukturan s korundom
- kristali pločasti, ali najčešće u gustim, zemljastim, bubrežastim, listićavim, radijalnozrakastim agregatima
- kristali crni, crt crven; sjaj polumetalan do mutan
- glavni rudni mineral željeza
- u kvarcnim žilama, regionalno metamorfoziranim terenima, u lateritima, stabilan u aridnoj klimi



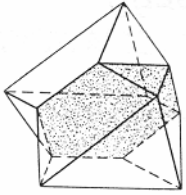


# Skupina spinela

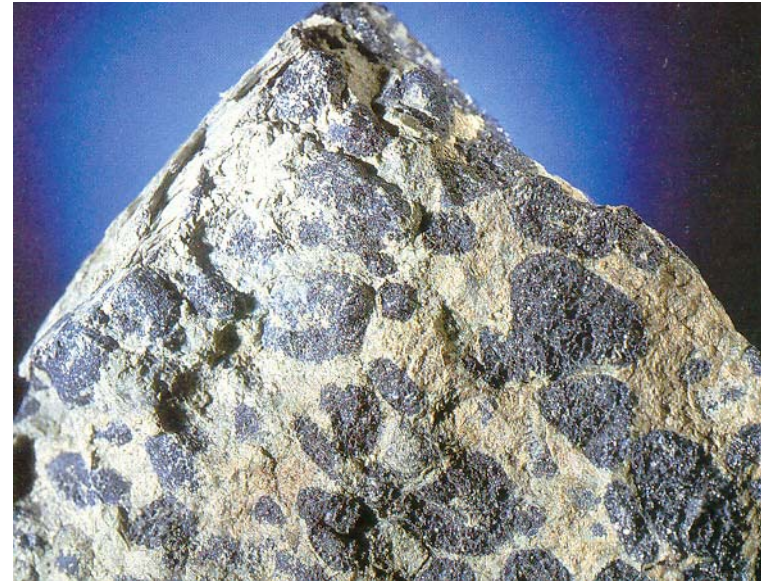


- $M^{2+}O \cdot M^{3+}_2O_3$   
 $M^{2+} = \text{Mg, Fe, Mn, Zn}$        $M^{3+} = \text{Fe, Al, Cr}$
- kubični minerali, isti tip strukture, česti kristali mješanci, tipični kristali u formi oktaedra, a česti su i sraslaci, a dolaze i u zrnatim agregatima
- spinel  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$
- magnetit  $\text{Fe}^{2+}\text{Fe}^{3+}_2\text{O}_4$ 
  - važan rudni mineral željeza, crne boje i crta, polumetalnog do metalnog sjaj, izrazito magnetičan
  - u raznim geološkim sredinama, a ekonomski važna ležišta vezana su uz ultrabazične stijene i skarnove
- kromit  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$ 
  - javlja se u pojedinačnim zrnima, nakupinama ili proslojcima unutar ultrabazičnih stijena
  - smeđecrn, crt tamno smeđ; sjaj mastnometalan
  - važan rudni mineral kroma, metalurgija, vatrostalni materijal, pigment

# Spinel



Spinel







# Limonit



- riječ je zapravo o pojmu kojim se obuhvaća smjesa više minerala, goethita i lepidokrokita, ali i amorfnih ili slabo kristaliziranih željeznih hidroksida koji dolaze u zemljastim, sitnozrnatim, bubrežastim agregatima, oolitima, prevlakama, kao pseudomorfoze po drugim mineralima željeza
- žutosmeđi crt, a boja može inače varirati
- važna ruda željeza nastaje trošenjem, pigment



# Boksit

- stijena, smjesa Al-hidroksida (gibbsit  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , dijaspor  $\alpha\text{-AlO}(\text{OH})$  i boehmit  $\gamma\text{-AlO}(\text{OH})$ ), minerala željeza (goethit  $\alpha\text{-FeO}(\text{OH})$ , lepidokrokit  $\gamma\text{-FeO}(\text{OH})$ , hematit  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), kaolinita i Ti minerala
- masivni, zemljasti i pizolitski agregat
- boja im ovisi o sastavu (bijeli, sivi, crveni, smeđi)
- ruda aluminija, nastaje trošenjem eruptivnih stijena (lateriti – ovisno o količini željeza izvor Al ili Fe), ili vapnenaca u uvjetima tropske i suptropske klime



# Karbonati

- važni petrogeni minerali – kalcit  $\text{CaCO}_3$  i dolomit  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
- primjer za izomorfiju i polimorfiju

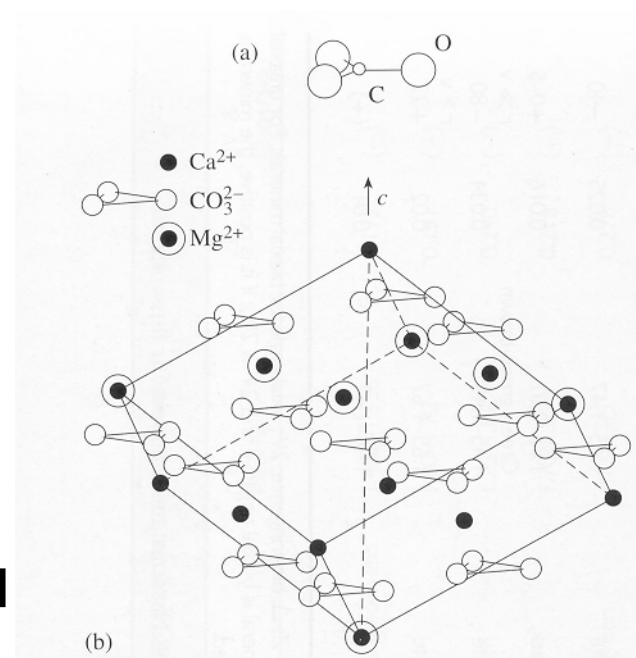
formula	naziv minerala	Grupa aragonita	koordinacija 9
		$(110) \wedge (1\bar{1}0)^1$	radijus kationa [Å] <sup>2</sup>
$\text{BaCO}_3$	witherit	$62^\circ 38'$	1.55
$\text{PbCO}_3$	cerusit	$63^\circ 16'$	1.41
$\text{SrCO}_3$	stroncijanit	$62^\circ 30'$	1.37 <sup>3</sup>
$\text{CaCO}_3$	aragonit	$63^\circ 48'$	1.26

formula	naziv minerala	Grupa kalcita	koordinacija 6
		$(10\bar{1}1) \wedge (\bar{1}101)^1$	radijus kationa [Å] <sup>2</sup>
$\text{CaCO}_3$	kalcit	$74^\circ 57'$	1.08
$\text{MnCO}_3$	rodokrozit	$73^\circ 04'$	0.86
$\text{FeCO}_3$	siderit	$73^\circ 00'$	0.86
$\text{ZnCO}_3$	smithsonit	$72^\circ 12'$	0.83
$\text{MgCO}_3$	magnezit	$72^\circ 33'$	0.80

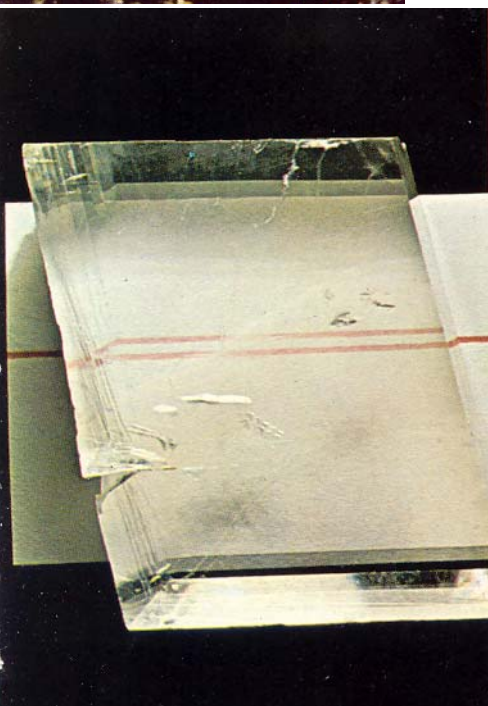
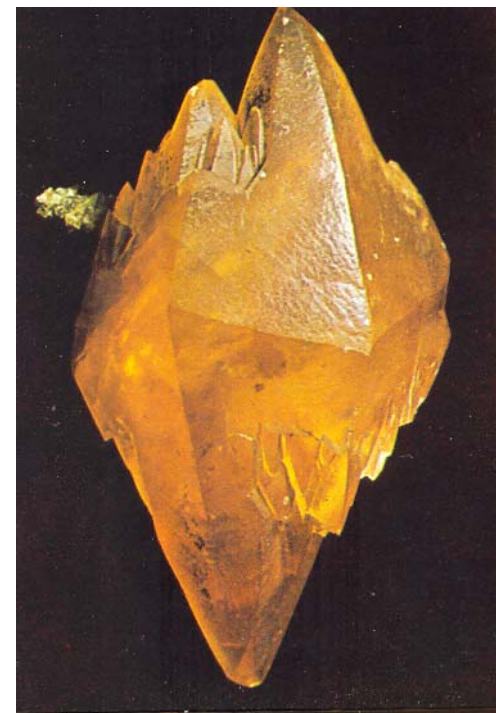
- grupa dolomita

# kalcit - dolomit

- struktura izvedena iz one NaCl, deformirana kocka
- umjesto Cl prisutna je  $\text{CO}_3$  skupina, trokutasta koordinacija omjer K/A 0,18
- kod dolomita slojevi s Mg i s Ca
- slična struktura, slična morfološka i ostala svojstva
- najčešća forma je romboedar, ali su prisutne i ostale forme (prizmatski, romboedarski, skalenoedarski habitus)
- krupno do sitnozrnati agregati, sige



# grupa kalcita i grupa dolomita







# romboedarski karbonati



- izvanredna kalavost po romboedru
- tvrdoća kalcit 3, dolomit 4
- spec. tež. ovisno o sastavu kalcit 2,7 siderit 3,9
- boja bezbojni, obojeni, rodokrozit ružičast, siderit siv do smeđ, smithsonit zelen
- sjaj staklast do sedefast
- razlikovanje dolomit – kalcit (HCl 1:5), mikroskopija itd.
- kalcit za proizvodnju vapna, u cementnoj industriji, kemijskoj industriji, magnezit vatrostan materijal
- kalcit u vapnencima, mramorima, hidroterm. žilama, organizmi (Mg-kalcit), prevlake po tlima
- dolomit rijetko kristalizira direktno iz vode (slana jezera), obično nastaje dijagenezom iz kalcita

# Mg-kalcit

- dio atoma Ca u rešetki kalcita zamijenjen je s atomima Mg – pri tome nema uređenosti strukture
  - crvene alge 10-25 mol%  $\text{MgCO}_3$
  - bodljikaši 10-15 mol%
  - koralji 10-11 mol%
  - bentičke foraminifere 1-15 mol%
  - rakovi 1-5 mol%
- nestabilan mineral, dijagenetskim procesima - prelazi u kalcit
- $\text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \leftrightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{HCO}_3^-$ 
  - krške pojave
  - duboko more ispod cca 4 km, zbog otopljenog  $\text{CO}_2$

# aragonit



- rompska simetrija
- kristali prizmatski ili pločasti, ali su češći pseudoheksagonski sraslaci (vide se upadni kutevi i šav)
- oolitski i sigasti agregati
- boja bijela, siva, smeđa; sjaj staklasti
- $T=3\frac{1}{2}-4$                        $ST=2,95$
- nastaje uz tople izvore, u zoni trošenja, u ljušturama školjaka, metastabilan





malahit  $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$ , azurit  $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$

- minerali koji nastaju u oksidacijskoj zoni ležišta bakra
- malahit u zemljastim, bubrežastim agregatima, kao prevlake, pseudomorfoze po drugim mineralima bakra
  - ukrasni kamen, zeleni pigment
- azurit, tipične plave boje, u zrnatim do zemljastim agregatima



# Sulfati

- osnovna gradbena jedinica je  $\text{SO}_4^{2-}$  tetraedar
- važniji predstavnici:
  - barit  $\text{BaSO}_4$
  - anhidrit  $\text{CaSO}_4$  - važan petrogeni mineral dolazi u evaporitima, rompski, debelo pločasti do prizmatski izduženi kristali, obično tvori zrnate do guste agregate,  $T=3-3\frac{1}{2}$ ,  $ST=2,9$ , kalavost po tri pinakoida, sjaj staklast do sedefast, bezbojan, bijel
  - gips  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



# barit $\text{BaSO}_4$

- rompski mineral, prizmatski i pločasti kristali, baritne ruže, zrnati agregati
- bezbojan ili različito obojen, staklasti sjaj, kalavost po baznom pinakoidu i vertikalnoj prizmi,  $T=3-3\frac{1}{2}$   $ST=4,5$  (kamen težac)
- u hidrotermalnim žilama
- u kemijskoj industriji, za isplake



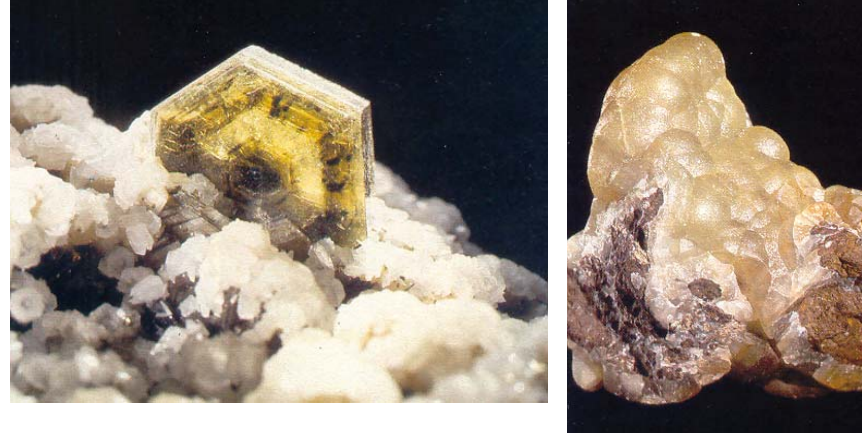
# gips (sadra) $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



- monoklinski mineral, kristali jednostavnog habitusa, pločasti po  $\{010\}$ , česti sraslaci lastinog repa, zrnati do gusti agregati-alabaster, igličasti
- više sistema kalavosti , savršena po  $\{010\}$ ,  $\{100\}$  i  $\{011\}$ ,  $T=2$   
 $ST=2,32$
- sjaj staklasti, sedefasti, svilenkasti
- bezbojan - bijel, ali zbog nečistoća može biti obojen, proziran
- tipičan evaporitni mineral, hidrotermalni mineral, pustinjske ruže (gips + pijesak)
- koristi se u građevinarstvu  $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ , cementna ind., gnojivo,



# Fosfati

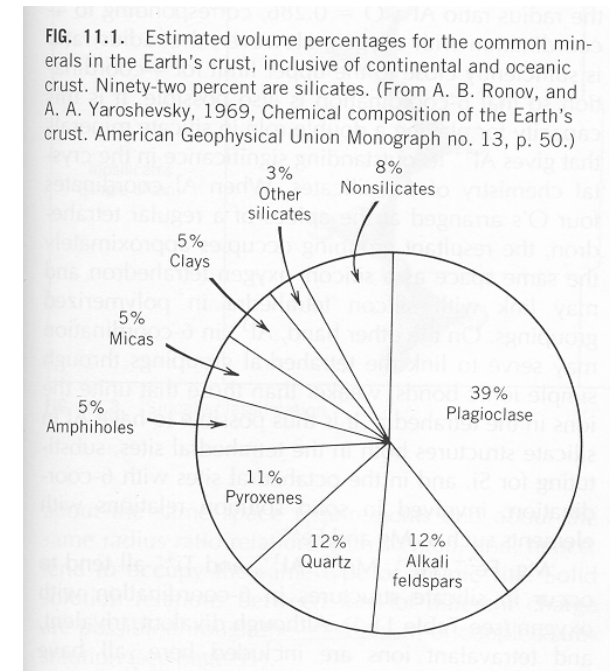
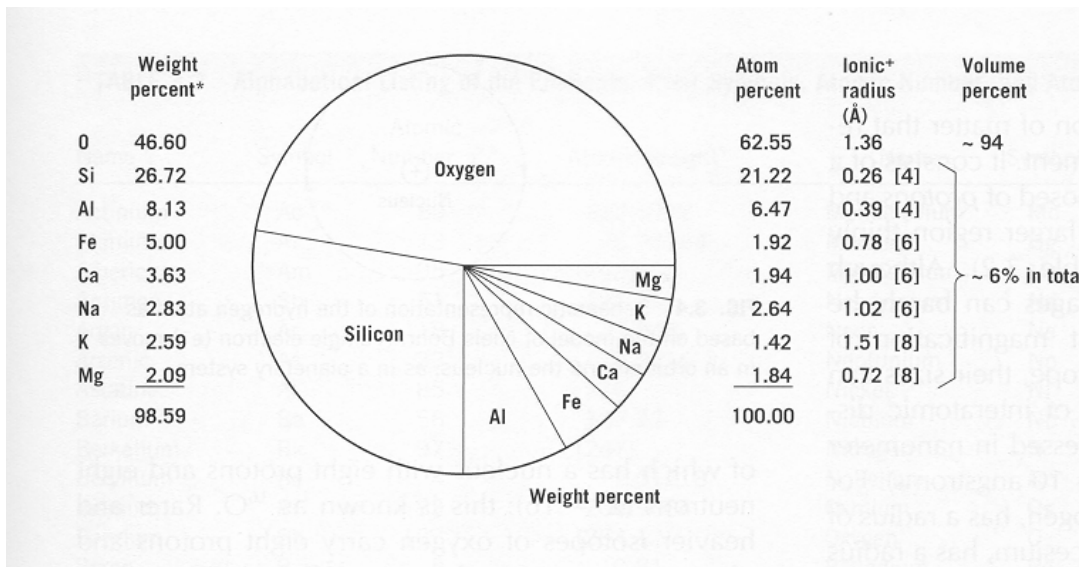


- apatit  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$
- heksagonski mineral, prizmatski kristali, zrnati do masivni kriptokristalasti agregati, bubrežasti agregati, nodule u sedimentima
- slaba kalavost po bazi,  $T=5$        $ST=3,2$
- staklasti do polusmolasti sjaj, različitih boja, crt bijel
- javlja se u alkalnim magmatskim stijenama, hidrotermalnim žilama, fosforit – taloženje iz morske vode – u hladnoj oceanskoj vodi topljiviji, guano, sastojak kostiju, zubiju
- gnojivo NPK – nitrati i amonijak, apatit (fosforit), K-soli (silvin, karnalit)



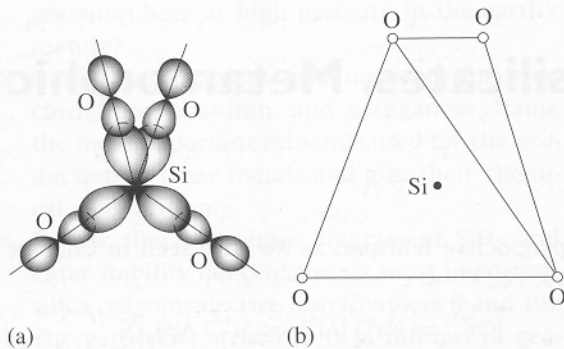
# Silikati

- 8 glavnih elemenata u Zemljinoj kori
- 94 vol% kisik
- najčešći minerali silikati (podređeni oksidi, karbonati)– petrogeni minerali



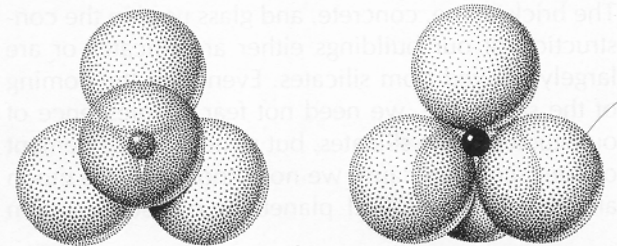
# Silikati

- različite često složene strukture
- osnovna gradbena jedinica  $\text{SiO}_4^{4-}$  tetraedar
- Si-O veza je djelomično ionska , djelomično kovalentna - usmjerna



**Fig. 26.1** Hybrid Si  $3p^3$  and O  $2p$ -orbitals define a  $\text{SiO}_4^{4-}$  tetrahedron.

**FIG. 11.2.** Close packing representation of an  $\text{SiO}_4$  tetrahedron.



# silikati podjela

- minerali sličnog sastava imaju bitno različita svojstva npr.  $Mg_2SiO_4$ ,  $MgSiO_3$ ,  $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ , a minerali različitog sastava su slični pa stoga kemijska klasifikacija nije zadovoljavajuća
- podjela na temelju strukture tj. prema tome kako su vezani  $SiO_4$  tetraedri
  - slobodni tetraedri – nezosilikati
  - vezana dva – sorosilikati
  - prsteni – ciklosilikati
  - lanci - inosilikati

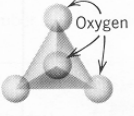
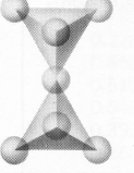
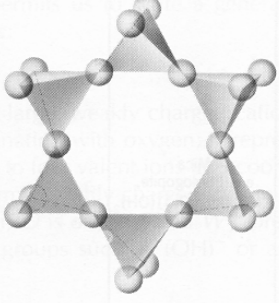
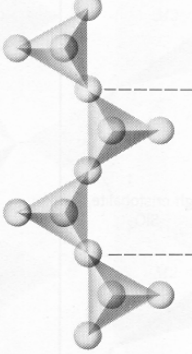
Class	Arrangement of $SiO_4$ tetrahedra (central $Si^{4+}$ not shown)	Unit composition	Mineral example
Nesosilicates		$(Si_2O_7)^{6-}$	Olivine, $(Mg, Fe)_2SiO_4$
Sorosilicates		$(Si_6O_{18})^{12-}$	Hemimorphite, $Zn_4Si_2O_7(OH) \cdot H_2O$
Cyclosilicates		$(Si_2O_6)^{4-}$	Beryl, $Be_3Al_2Si_6O_{18}$
Inosilicates (single chain)		$(Si_2O_6)^{4-}$	Pyroxene e.g. Enstatite, $MgSiO_3$

FIG. 11.3. Silicate classification.

# silikati - podjela

- tetraedri povezani u slojeve – filosilikati
- tetraedri povezani u prostoru - tektosilkati
- na temelju omjera Si:Al u formuli može se često zaključivati o strukturi
  - kombinirane strukture
  - kisikovi atomi koji nisu u tetraedrima npr.  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$
- važne su i ionske zamjene Al-Si

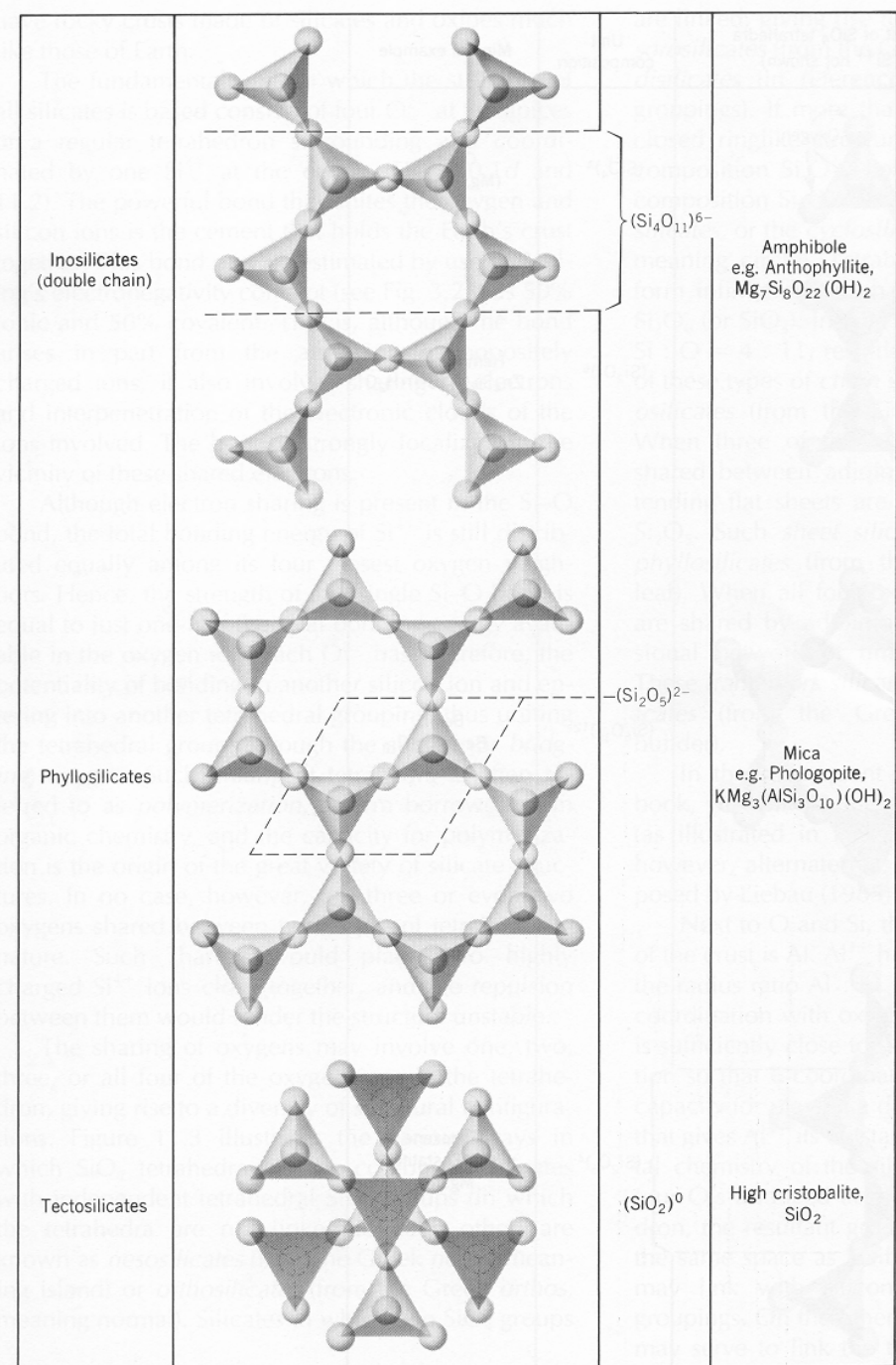
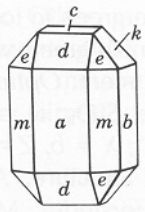
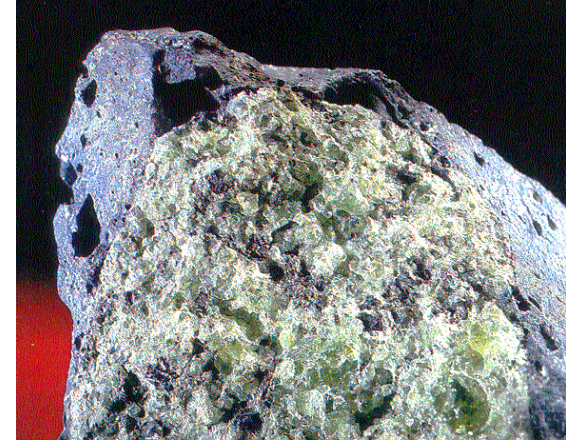


FIG. 11.3. (continued)



# grupa olivina

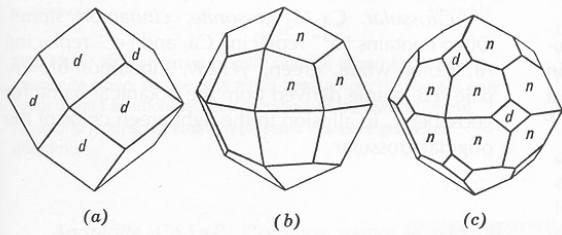


- hcc kisikovih atoma, Mg i Fe u okt, a Si u tet. šupljinama
- kristali mješanci između forsterita  $Mg_2SiO_4$  i fayalita  $Fe_2SiO_4$  prevladavaju oni s 10-30 mol% Fa
- rompski minerali, rijetko u kristalima, urasla zrna ili zrnati agregati – stijene
- $T=6\frac{1}{2}-7$  ST=3,3 – 4,4
- ljušturasti lom, staklasti sjaj, boja blijedo do maslinasto zelena s porastom udjela postaje tamnosmeđe zelen, crt bijel ili siv
- nestabilan mineral – na nižim temp. u prisutnosti vode prelazi u serpentin, talk, magnezit, limonit, opal
$$4Mg_2SiO_4 + H_2O + 5CO_2 \rightarrow Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2 + 5MgCO_3$$
$$2Mg_2SiO_4 + 2H_2O + CO_2 \rightarrow Mg_3Si_2O_5(OH)_4 + MgCO_3$$
- vatrostalni materijali, dragi kamen peridot



# terenska podjela prema mineralnom sastavu

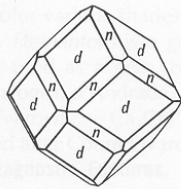
	alkalijska serija	monzonitska serija	kalcijsko-alkalijska serija	
Mineralni sastav	K-feldspati ± feldsaptoidi	K-feldspati +plagioklasi	plagioklasi	Mineralni sastav
intruziv efuziv <b>KISELE</b>	<b>granit</b> <b>riolit</b>	<b>adamelit</b> <b>delenit</b>	<b>granodiorit</b> <b>dacit</b>	kvarc + biotit (amfibol)
intruziv efuziv <b>NEUTRALNE</b>	<b>sijenit</b> <b>trahit</b>	<b>monzonit</b> <b>trahi-andezit</b>	<b>diorit</b> <b>andezit</b>	amfibol ± biotit (piroksen)
intruziv efuziv <b>BAZIČNE</b>	<b>alk. gabro</b> <b>alk. bazalt</b>	<b>kentalenit</b> <b>trahi-bazalt</b>	<b>gabro</b> <b>bazalt</b>	piroksen ± olivin
<b>ULTRABAZIČNE</b>				olivin piroksen <b>dunit</b> <b>peridotit</b> <b>piroksenit</b>



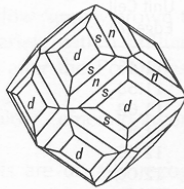
(a)

(b)

(c)



(d)



(e)

# granati $A_3B_2(SiO_4)_3$

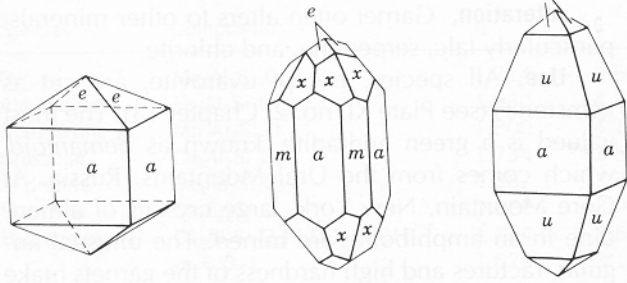
- varijabilan kemijski sastav
  - dvije grupe – kristali mješanci
    - tzv. piralspit
 

– pirop	$Mg_3Al_2(SiO_4)_3$	ugrandit
– almandin	$Fe_3Al_2(SiO_4)_3$	uvarovit $Ca_3Cr_2(SiO_4)_3$
– spesartin	$Mn_3Al_2(SiO_4)_3$	grosular $Ca_3Al_2(SiO_4)_3$
		andradit $Ca_3Fe_2(SiO_4)_3$
- kubični minerali, kristali (rompski dodekaedar i deltoidski ikozitetraedar), zaobljena zrna, zrnati agregati
- $T = 6\frac{1}{2}-7\frac{1}{2}$   $ST=3,5-4,3$  sjaj staklast do smolast
- drago kamenje, abrazivi



# granati

	boja	pojavljivanje	n	ST	a (Å)
almandin	crven	met. stijene	1,830	4,32	11,53
andradit	tamnosmeđ -crn	skarn	1,887	3,86	12,05
grossular	bijel, žut, zelen, smeđ	alk. stijene	1,734	3,59	11,85
pirop	grimizan	skarn	1,714	3,58	11,46
spessartin	ružičast	met. stijene	1,800	4,19	11,62
uvarovit	zelen	kromitne rude	1,868	3,90	12,00



# cirkon $ZrSiO_4$

- sadrži i U, Th, Y, Hf
- tetragonski mineral, vrlo čest u kristalima, akcesorni mineral, kristali različiti ovisno o uvjetima postanka
- T-7 ½ ST- 4,7 sjaj dijamantni, boja smeđa
- u svim magmatskim stijenama, rezistentan mineral
- izvor Zr, Hf, dragi kamen

# morfologija cirkona

	$\{211\}$	$\{101\} \ll \{211\}$	$\{101\} < \{211\}$	$\{101\} = \{211\}$	$\{101\} > \{211\}$	$\{101\} \gg \{211\}$	$\{110\}$
$\{110\}$	H	L1	L2	L3	L4	L5	G1, G2, G3
$\{101\} \ll \{110\}$	Q1	S1	S2	S3	S4	S5	P1
$\{101\} < \{110\}$	Q2	S6	S7	S8	S9	S10	P2
$\{101\} = \{110\}$	Q3	S11	S12	S13	S14	S15	P3
$\{101\} > \{110\}$	Q4	S16	S17	S18	S19	S20	P4
$\{101\} \gg \{110\}$	Q5	S21	S22	S23	S24	S25	P5
$\{110\}$	E	J1	J2	J3	J4	J5	O

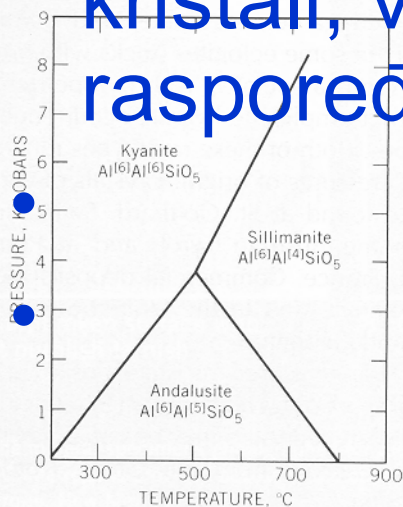


# grupa $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ ili $\text{Al}_2\text{SiO}_4\text{O}$



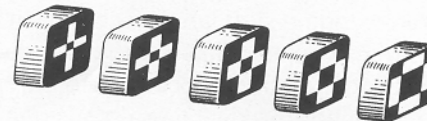
- kyanit (disten), bezbojni do plavi pločasti kristali izduženi duž osi c, T- 4 ili 7 ST – 3 sjaj staklast do sedefast, izvanredna kalavost po {100}

FIG. 12.12. Experimentally determined stability fields for the polymorphs of  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ . (From M. J. Holdaway, 1971, Stability of andalusite and the aluminum silicate stability diagram, *American Jour. of Science* 270: 97–131, see also *Oxides and Silicates, Reviews in Mineralogy*, 1980, Mineralogical Society of America, Washington, D.C., p. 190.)



• andaluzit, ružičasti do sivi prizmatski kristali, var. hijastolit – pravilno raspoređena ugljevita tvar  
sillimanit  
vatrostalni materijali

FIG. 12.13. Successive sections through a chiasolite crystal.



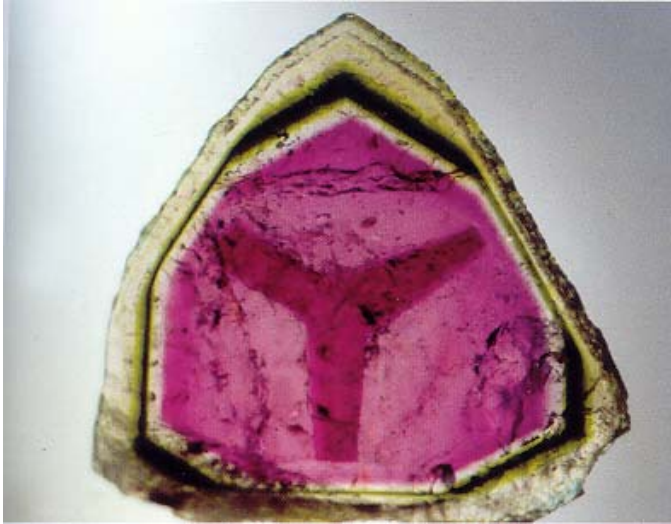
# Sorosilkati

- grupa epidota
  - klinozoisit  $\text{Ca}_2\text{Al}_3(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)\text{O}(\text{OH})$
  - epidot  $\text{Ca}_2(\text{Al}, \text{Fe})_3(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{SiO}_4)\text{O}(\text{OH})$
  - piemontit Al zamijenjen Mn
  - allanit Ca zamijenjen Ce i La
- monoklinski minerali, prizmatski izduženi i prutani duž osi b, zrnati agregati, vlaknati
- savršena kalavost po baznom pinakoidu, T – 6 do 7, ST – 3,25- 3,45 sjaj staklast, boja siva, zelena do crna
- epidot važan petrogeni mineral čest u metamorfnim stijenama – zeleni škriljavci

# Ciklosilikati

- $\text{SiO}_4$  tetredri povezani u prstenove, simetrija ovisna o broju (3, 4, 6) tetraedara u prstenu, obično prizmatski izduženi kristali
- turmalin  $\text{XY}_3\text{Z}_6(\text{Si}_6\text{O}_{18})(\text{BO}_3)_3(\text{OH})_4$ 
  - X - Ca, Na   Y – Li, Mg, Al,  $\text{Fe}^{2+}$ , Mn   Z – Al,  $\text{Fe}^{3+}$ , Cr
  - ditrigonski prizmatski izduženi kristali s uzdužno prutanim plohama, presjek trokutast zaobljenih bridova, radijalno zrakasti agregati
  - lom ljušturast   T-7   ST- 3 do 3,3
  - sjaj staklast do smolast
  - boja različita, čest zonarno obojeni, ili se boja mijenja duž izduženja, a inače može izrazito varirati: crni šerl (Fe), ružičasti rubelit i elbait (Mn), plav, zelen, smeđ, bijel
  - najčešće se javlja se pegmatitima (krupnozrnate magmatske stijene nastale kristalizacijom iz fluidima bogate magme-pegme)

# turmalin



# beril $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$

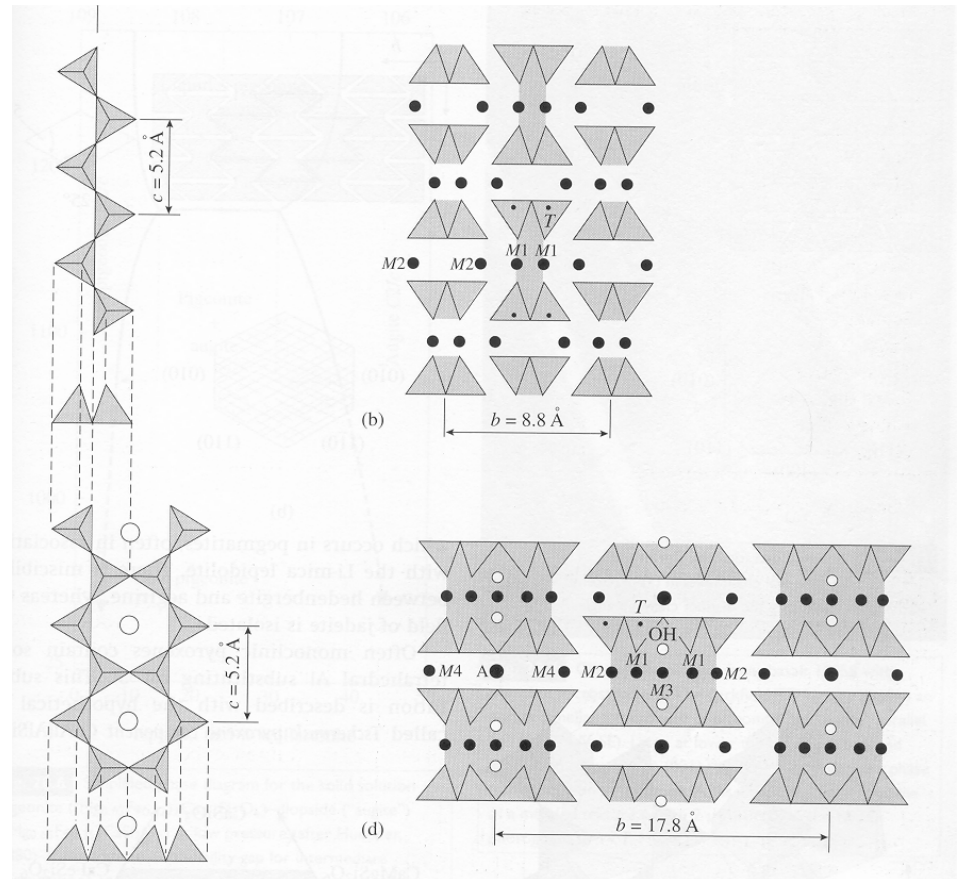
- heksagonski mineral, prizmatski kristali
  - staklasti do mastan sjaj, T- 7 do 8, boja različita
    - plav – akvamarin (Fe umjesto Be)
    - zelen – običan (Fe umjesto Al), smaragd (Cr-Al)
    - ružičasti morganit (Mn-Al)
    - žuti heliodor (Fe-Si)
    - bijel
  - javlja se u pegmatitima, u metasomatski izmjenjenim ultrabazičnim stijinama itd.
  - dragi kamen, izvor Be





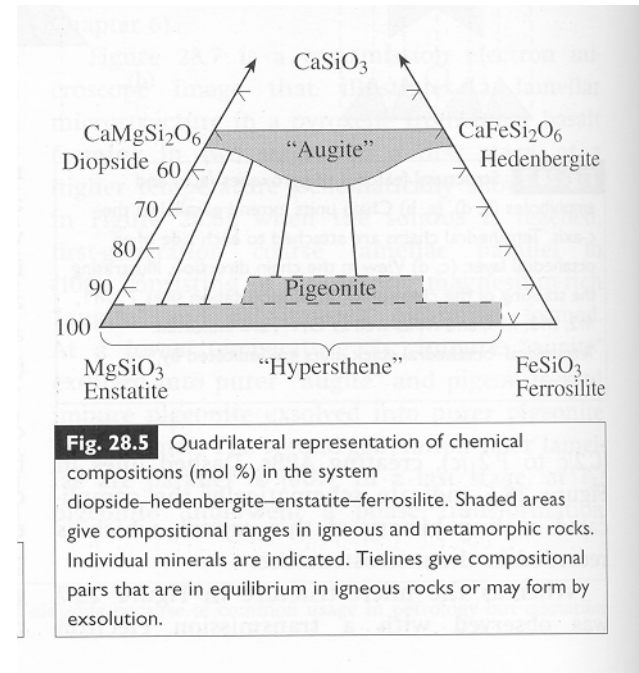
# inosilikati - pirokseni i amfiboli

- lanci SiO<sub>4</sub> tetraedara poredani duž osi c
  - jednostruki – pirokseni
  - dvostruki – amfiboli
  - moguće i druge kombinacije, periodičnosti, orijentacije tetraedara
- lanci tetraedara vezani su na oktaedre



# pirokseni $M_1M_2T_2O_6$

- M1 gotovo idealan oktaedar – Mg, Fe, Al, Ti
- M2 deformirani oktaedar – Mg, Fe, Ca, Na, Li
- T tetredar Si, Al
  - enstatit  $MgSiO_3$
  - ferosilit  $FeSiO_3$ 
    - broncit, hipesten – odbačena imena
  - diopsid  $CaMgSi_2O_6$
  - hedenbergit  $CaFeSi_2O_6$ 
    - augit
  - jadeit  $NaAlSi_2O_6$
  - egirin  $NaFeSi_2O_6$
  - spodumen  $LiAlSi_2O_6$



# amfiboli – $AB_2C_5T_8O_{22}(OH)_2$

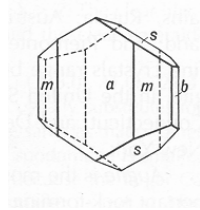
- A – Ca, Na, K s koordinacijom 12
- B – Ca, Mg, Mn, Zn, Fe, Li - 6-8
- C – Mg, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Mn, Cr itd. - 6
- T- Si, Al, Ti - 4
  - tremolit  $Ca_2Mg_5Si_8O_{22}(OH)_2$
  - fero-aktinolit  $Ca_2Fe_5Si_8O_{22}(OH)_2$ 
    - hornblenda  $Na(CaNa)(Mg,Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$
  - glaukofan  $Na_2(Mg_3Al_2)Si_8O_{22}(OH)_2$

# ionske zamjene

- $\text{Ca}^{2+} \leftrightarrow \text{Mg}^{2+}$
- $\text{Fe}^{2+} \leftrightarrow \text{Ca}^{2+}$
- $\text{Fe}^{2+} \leftrightarrow \text{Mg}^{2+}$
- $\text{Fe}^{3+} \leftrightarrow \text{Al}^{3+}$
- $2\text{Al}^{3+} \leftrightarrow \text{Si}^{4+} + \text{Mg}^{2+}$
- $\text{Si}^{4+} \leftrightarrow \text{Al}^{3+} + \text{Na}^{+}$
- $\text{Na}^{+} + \text{Al}^{3+} \leftrightarrow \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$
- $\text{Na}^{+} + \text{Mg}^{2+} \leftrightarrow \text{Al}^{3+}$

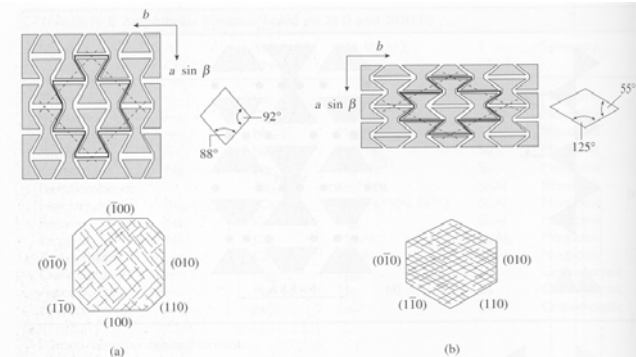
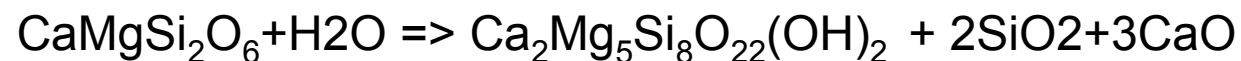


# svojstva piroksena i amfibola



- monoklinski minerali, slični kristali - kratko do izduženo prizmatski kristali – izduženiji obično kod amfibola
- kalavost  $\{110\}$  (90 ili 120°), kod piroksena lučenje po  $\{100\}$  zbog eksolucijskih lamela
- optička svojstva (pleokroizam, potamnjenje)
- boja varira ovisno o sastavu od bijelih, zelenih do crnih
- sjaj staklasti
- važni petrogeni minerali, magmatske bazične do neutralne stijene, metamorfne stijene tremolit (aktinolit)- hornblenda- diopsid-hipersten,

amfiboli mogu potiskivati piroksene



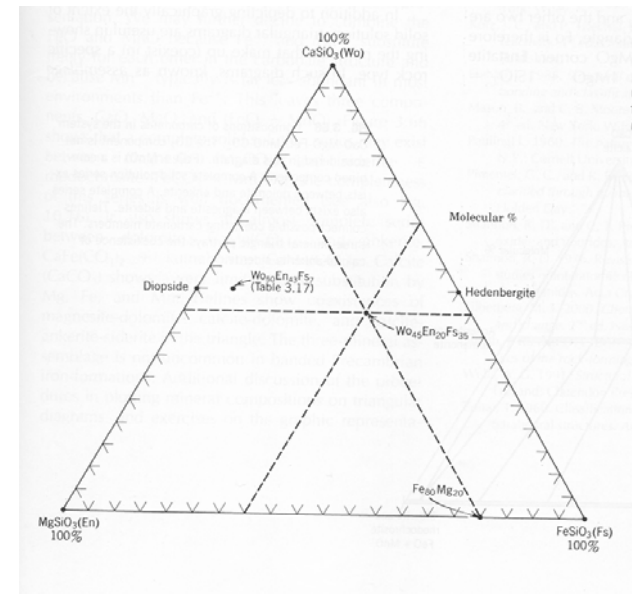


# Proračun formule piroksena

	1	2	3	4	5	6
	Weight Percent	Molecular Proportions	Cation Proportions	Number of Oxygens	Cations on Basis of 6 Oxygens	Cation Assignment
SiO <sub>2</sub>	50.38	0.8384	0.8384	1.6768	1.875	Si
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.01	0.0295	0.0590	0.0885	0.132	Al
TiO <sub>2</sub>	0.45	0.0056	0.0056	0.0112	0.012	Ti
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.95	0.0122	0.0244	0.0366	0.055	Fe <sup>3+</sup>
FeO	4.53	0.0630	0.0630	0.0630	0.141	Fe <sup>2+</sup>
MnO	0.09	0.0013	0.0013	0.0013	0.003	Mn
MgO	14.69	0.3643	0.3643	0.3643	0.815	Mg
CaO	24.32	0.4321	0.4321	0.4321	0.966	Ca
Na <sub>2</sub> O	0.46	0.0074	0.0148	0.0074	0.033	Na
K <sub>2</sub> O	0.15	0.0016	0.0032	0.0016	0.007	K
Total	99.94			Total O = 2.6828		

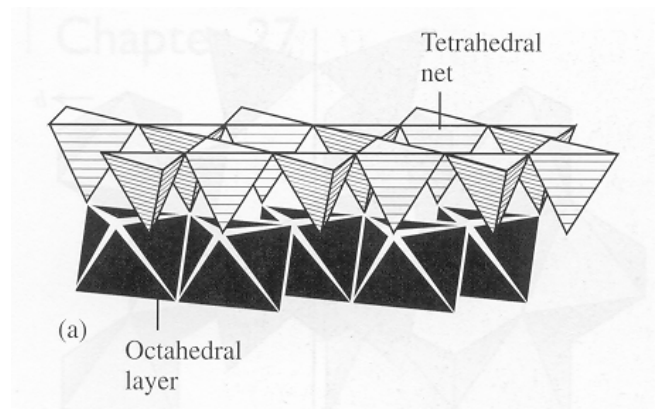
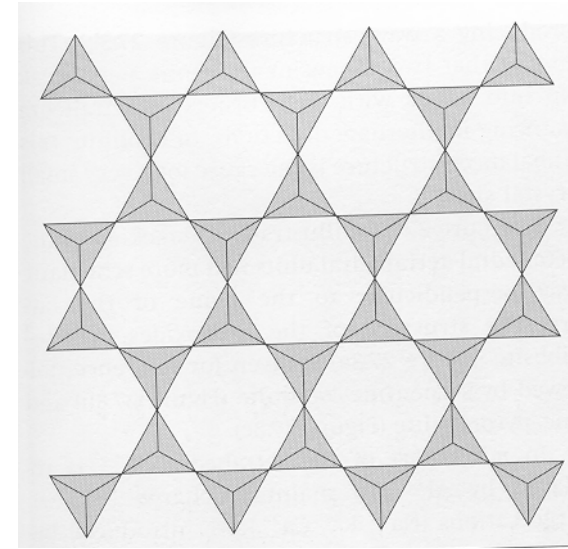
$$\text{faktor} = 6/2,6828; = 2.236469$$

Mg	0,815	41% en
Fe2+, Fe3+, Mn	0,199	7% fs
Ca	0,966	49% wo



# filosilikati

- $\text{SiO}_4$  tetraedri povezani u slojeve posljedica toga je listićavi habitus i kalavost po baznom pinakoidu
- sloj tetraedara je preko kisika u vrhovima tetraedara i OH skupina u sredini prstena vezan je na sloj oktaedara, udaljenosti O-O u oba sloja su vrlo slične,



# dioktaedarski –trioktaedarski filosilikati

- u oktaedarskom sloju mogu biti popunjene sve oktaedarske vakancije ili 2/3 njih
  - trioktaedarski ( $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ )  
npr. serpentin  $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$
  - dioktaedarski ( $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ )  
npr. kaolinit  $Al_2Si_2O_5(OH)_4$
  - oktaedri i tetraedri ne poklapaju se idealno, a oktaedri npr. kod dioktaedarskih filosikata nisu idealni pa dolazi do odstupanja od idealne geometrijske slike

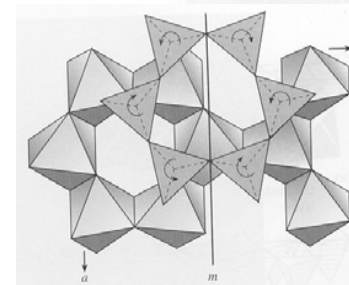
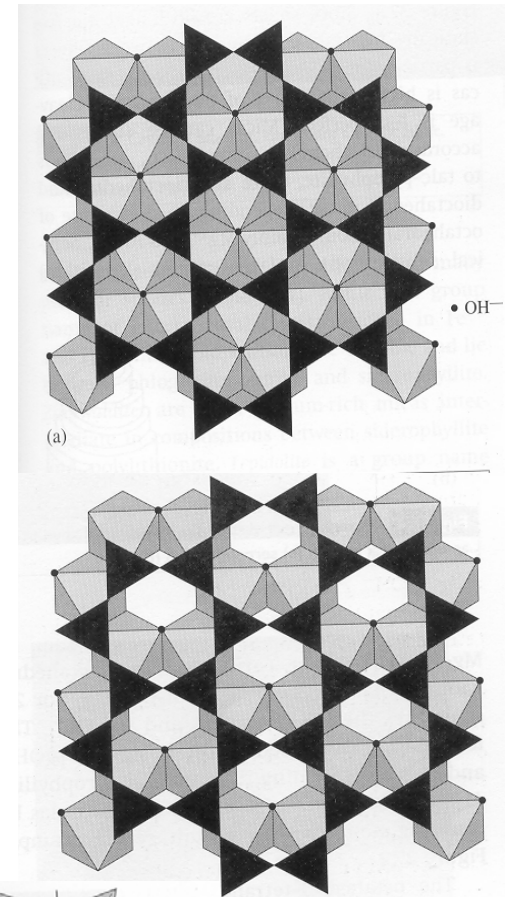
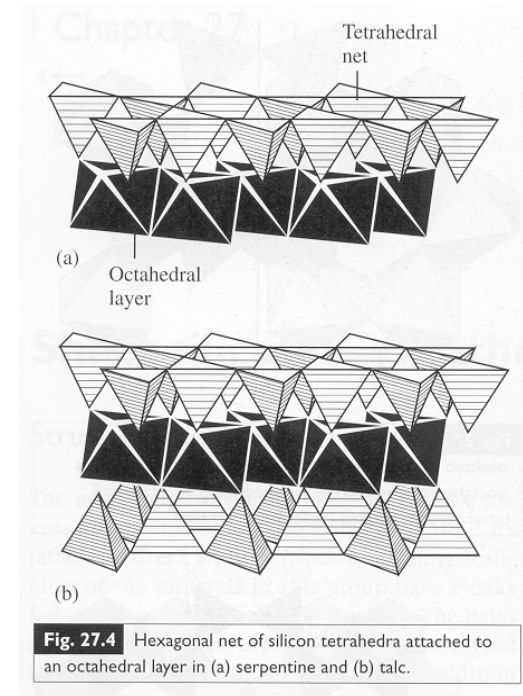


Fig. 27.3 Structure of muscovite. As compared to the idealized structure (Figure 27.2), in the real structure of a dioctahedral sheet silicate, octahedra are distorted and tetrahedra are rotated (indicated by arrows).

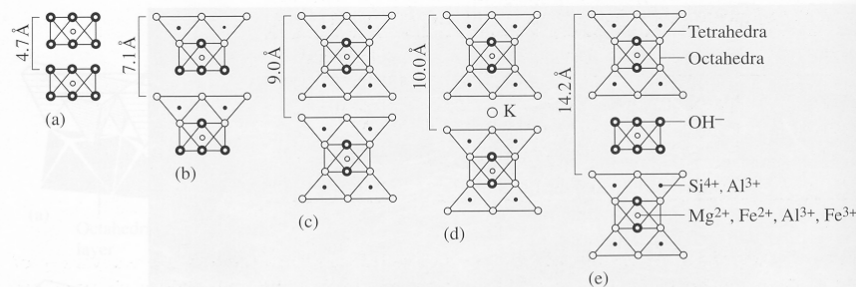
# t-o i t-o-t paketi

- sloj oktaedara može biti vezan na jedan ili dva tetraedarska sloja
  - serpentin  $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$
  - talk  $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$



# veza među paketima

- neutralni paketi povezani slabim van der Waalsovima silama npr. serpentin i kaolinit, savršena kalavost
- paketi s određenim nabojem povezani međuslojnim kationima – tinjci
- T-O-T paketi s brucitnim međuslojem –kloriti
- T-O-T paketi s međuslojnom vodom i izmijenjivim kationima - smektiti

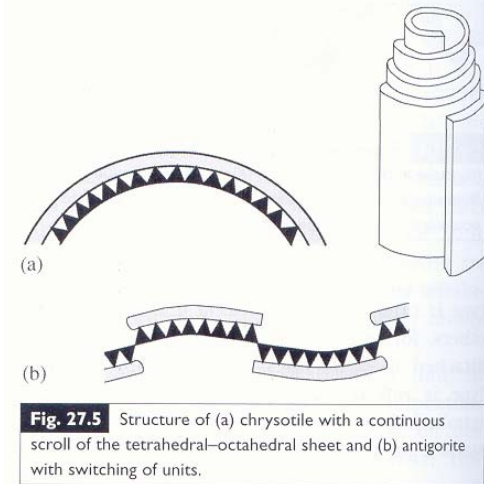


**Fig. 27.8** General structural principles in sheet silicates with stacking of octahedral and tetrahedral layers: (a) brucite–gibbsite, (b) serpentine–kaolinite, (c) talc–pyrophyllite, (d) mica (biotite–muscovite), (e) chlorite. Repeat distance is indicated.



# serpentin $\text{Mg}_3\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$

- zbog različitih dimenzija T i O sloja dolazi do povijanja paketa
  - hrizotil – vlaknata morfologija
  - antigorit
- u masivnim i vlaknatim agregatima
- nejednoliko obojen ovisno o udjelu željeza, obično različite nijanse zelene boje
- mastan ili svilenkast sjaj
- nastaje alteracijom Mg-silikata prvenstveno olivina
- vatrostalan materijal, većinom zabranjen - kancerogen



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

- u listićavim do gustim agregatima
- tvrdoća 1
- svijetlih boja, svilenkast do mastan sjaj
- masnog opipa
- nastaje alteracijom Mg-silikata prvenstveno olivina
- vatrostalan materijal, kozmetička industrija (talk puder), mazivo

# kaolinit $\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$

- sitna dimenzije individua posljedica su razlike u veličinama T i O, mikroskopske heksagonalne ljuskice, glinoviti agregati
- vrlo mala tvrdoća 2, savršena kalavost
- obično bijel, bez sjaja
- sirovina za proizvodnju porculana, punilo u industriji papira, kozmetičkoj industriji

# tinjci



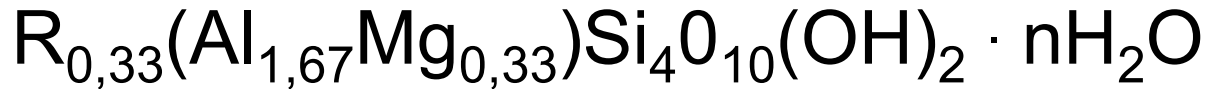
- dio Si u tetraedrima zamijenjen s Al, nabijen paket čiji naboj se kompenzira prisutnošću međuslojnih kationa  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Li^+$
- jača veza, malo veća tvrdoća 2 1/2, savršena kalavost, savitljivi i elastični listići
  - muskovit,  $Al_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$  svijetlih boja, bezbojan i proziran u tankim listićima
  - biotit,  $(Mg,Fe)_3(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$  obojen
- petrogeni minerali dolaze u magmatskim i metamorfnim stijenama







# grupa montmorillonita



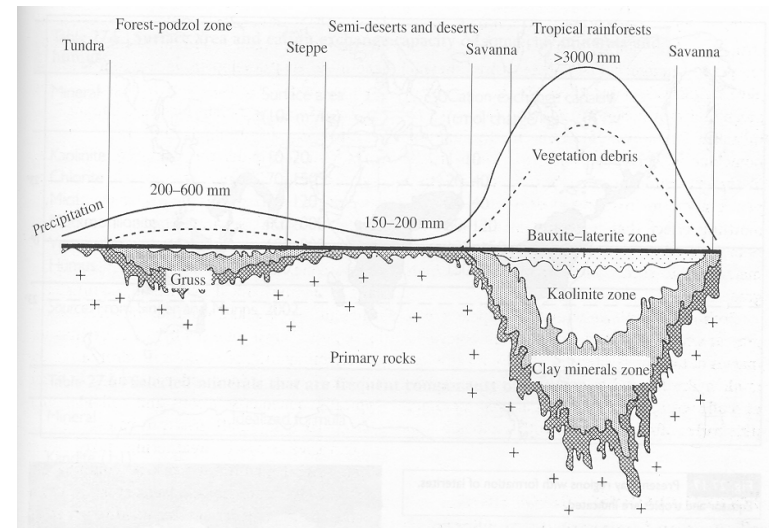
- između T-O-T paketa je slabo vezana voda i izmjenjivi kationi
- umjesto vode mogu ulaziti i različite polarne organske molekule
- steže se i bubri, klizišta, problemi kod tunela
- odlagališta otpada, ionska izmjena, dodaci gnojivima, isplake, kalupi za lijevanje željeza

# minerali glina

- alumosilikati iz skupine filosilkata, često sadrže vodu (adsorbirana ili strukturna), male dimenzije zrna dolaze u glinovitim sedimentima, velike aktivne površine, adsorpcija iona i raznih molekula
- nastaju trošenjem feldspata (glinenaca) i drugih silikatnih minerala, vulkanskog stakla
  - kaolinit
  - illit
  - minerali iz skupine smektita ili montmorillonita
  - kloriti
- razlikovanje prvenstveno rendgenskom difrakcijom
- primjena u keramičkoj, opekarskoj, porculanskoj, kozmetičkoj industriji

# trošenje

- procesi trošenja odvijaju se na površini Zemlje uslijed djelovanja kemijskih, fizičkih i bioloških faktora
- profili – slaba erozija i tektonika
  - pretežno mehaničko trošenje – usitnjavanje
  - kemijsko trošenje nastaju prvo minerali glina koji sadrže alkalije, zatim kaolinit uslijed odnošenja alkalija, lateritske kore i boksiti tj. oksidi i hidroksidi Al i Fe uslijed izluživanja  $\text{SiO}_2$



# tlo

- površina Zemlje prekrivena je s slojem tla
- uz njega je vezan život na Zemlji – interakcija biosfere, atmosfere, hidrosfere i litosfere, prvenstveno djelovanjem biljaka
- pedologija proučava sastav, strukturu i postanak tala i vezu s okolišem
- većina procesa odvija se na površini minerala glina i organske materije
- CEC – kationi vezani na čestice minerala glina zbog njihovog naboja mogu se izmjenjivati - nutrijenti
- u tlima se uz minerale glina javljaju i drugi minerali (sol, gips, kalcit), te organska materija

# CEC

	CEC [cmol naboj/kg]
kaolinit	1-10
klorit	20-40
tinjac	20-40
montmorillonit	80-120
vermikulit	120-150
humus	150-300



# tektosilikati

- $\text{SiO}_4$  tetraedri povezani preko sva četiri vrha
- među njima su i najčešći minerali koji se javljaju u Zemljinoj kori: feldspati i kvarc
- važni petrogeni minerali prisutni u različitim stijenama





prozirac

- gorski kristal – bezbojni
- ametist – ljubičast
- roza kvarc ili ružičnjak
- čađavac – smeđ
- morion – crn
- citrin – žut
- mliječnjak - bijel



čađavac



mikro do kriptokristalasti varijeteti

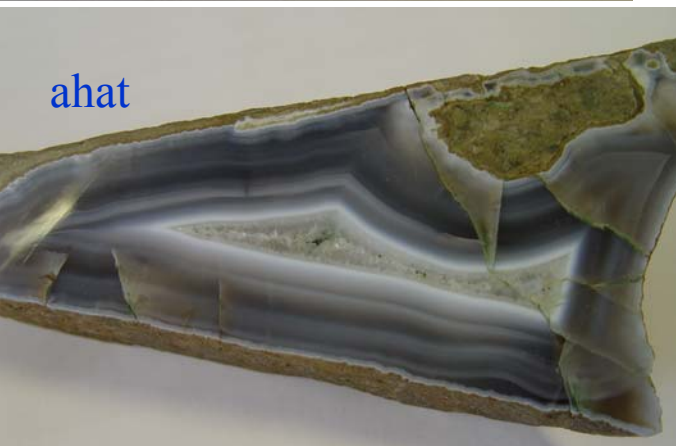
- vlaknasti – kalcedon

karneol -crveni

hrizopras – zeleni

ahat - izmjene različito  
obojenih slojeva

- zrnati - rožnjak

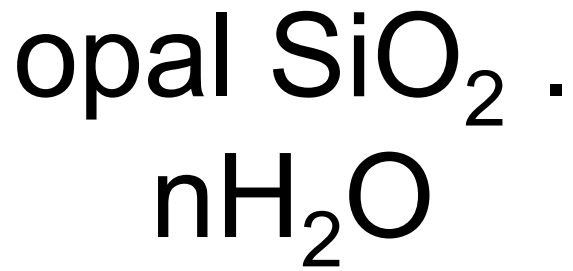


ahat

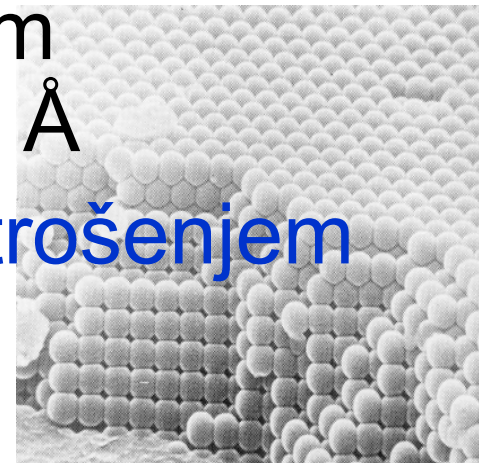
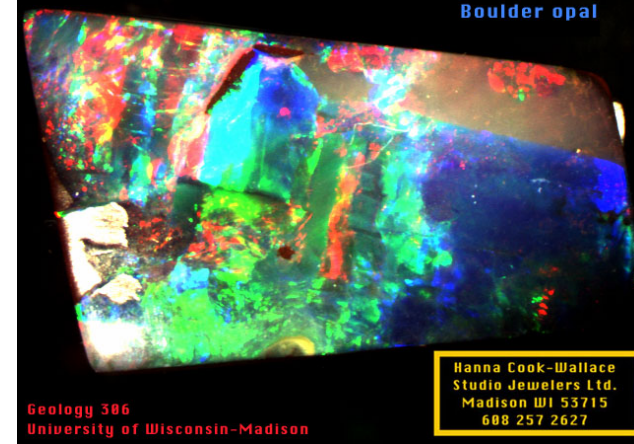


ružičnjak

- javlja se u magmatskim (kiselim) stijenama, pegmatitima, hidrotermalnim žilama, u metamorfitima i sedimentima
- koristi se kao dragi kamen, piezoelektrični materijal, u industriji stakla, optika



- amorfni mineral
- masivni, sigasti agregati, žilice, javlja se u organizmima – dijatomeje, radiolarije, spužve
- ljušturasti lom,  $T=5-6$   $ST=2-2,2$
- bezbojan, različito obojen, igra boja – difrakcija na pravilno razmještenim kuglicama velikim nekoliko tisuća Å
- taloži se uz tople izvore, nastaje **trošenjem**
- nestabilan prelazi u kvarc



# feldspati $XAl(Si,Al)Si_2O_8$ glinenci

- najzastupljeniji minerali u kori, važni petrogeni minerali
- struktura izvedena iz kvarčeve, ali niže simetrije, a i dio Si je zamijenjen s Al, zato u strukturu ulaze i kationi
- $X = K, Na, Ca, Ba, Sr$  - kristali mješanci
  - sanidin, ortoklas, mikroklin  $KAlSi_3O_8$  - Or
  - albit  $NaAlSi_3O_8$  - Ab
  - anortit  $CaAl_2Si_2O_8$  - Anplagioklasi: albit (0-10 mol%An), oligoklas (10-30), andezin (30-50), labrador (50-70), bytownit (70-90), anortit (90-100)

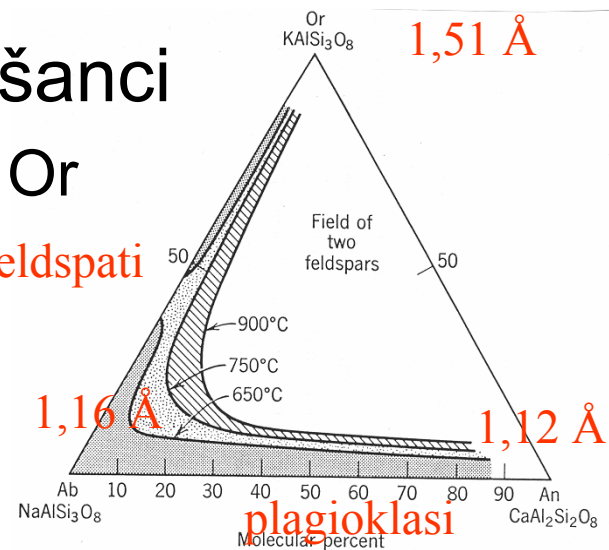
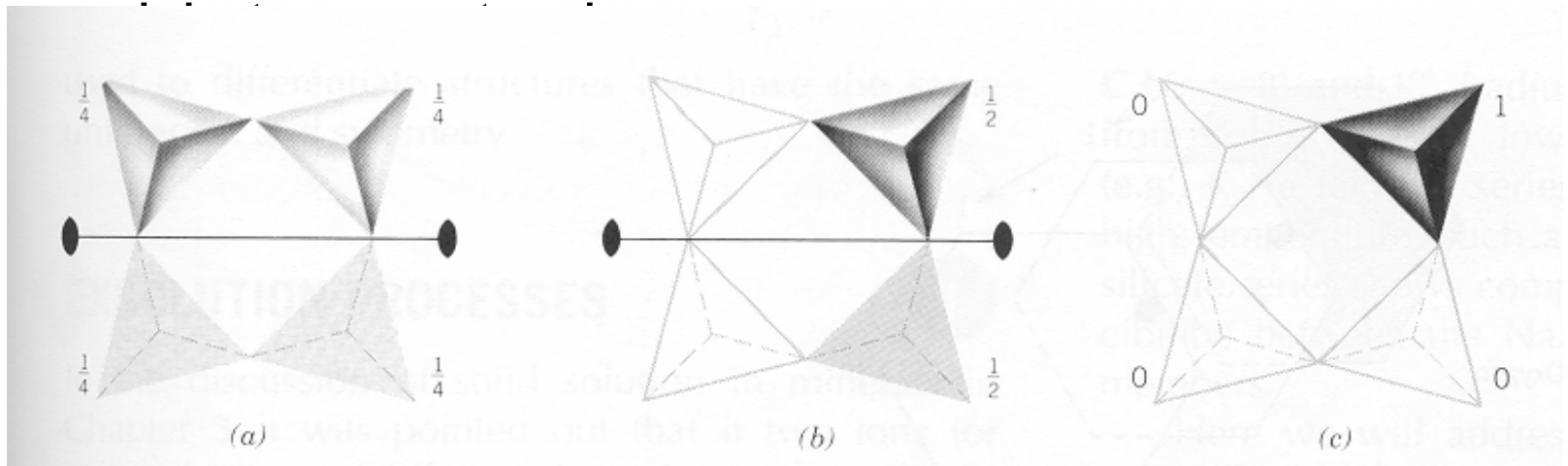


FIG. 10.78. Experimentally determined extent of solid solution in the system Or-Ab-An at  $P_{H_2O} = 1$  kilobar (after P. Ribbe, 1975, *Feldspar Mineralogy*)



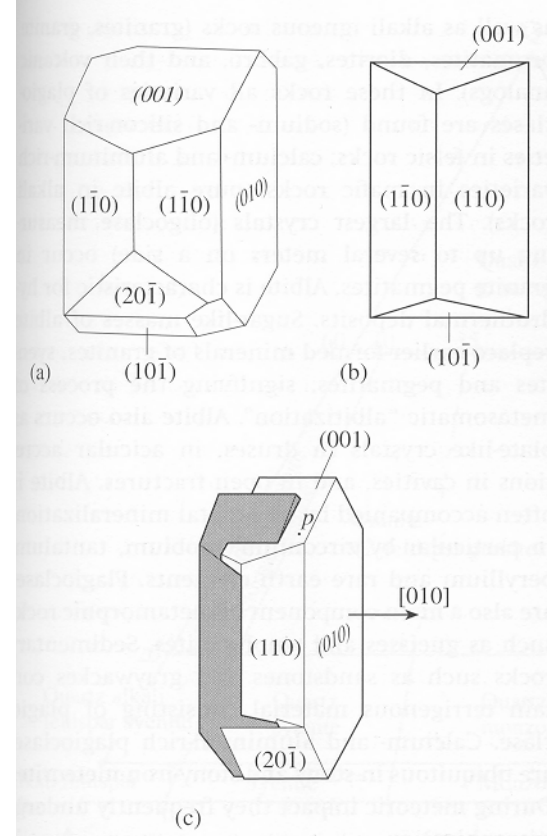
# Uređenost strukture

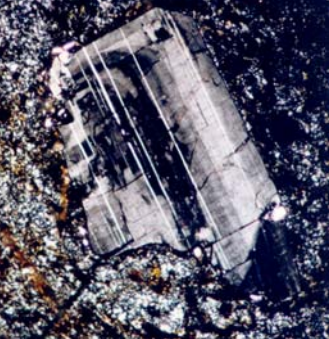
- atomi nekog elementa mogu biti raspoređeni statistički na više položaja u strukturi ili pak može doći do koncentracije njegovih atoma u određenim položajima tj. do uređenja strukture
- primjer kalijski feldspati  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$ 
  - sanidin (neuređena struktura – monoklinski) > ortoklas (djelomično uređena str.) > mikroklin (uređena str. - triklinski) - tzv. visokotemperaturni >



# kalijski feldspati (K,Na)AlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>

- triklinski i monoklinski minerali ovisno o uređenosti strukture, udio Na ovisi o temp. kristalizacije
- kristali, sraslaci, petrogeni mineral alotriomorfna zrna
- savršena kalavost po {010} i {001} pod otprilike ili točno 90°
- T=6 ST=2,6 staklasti sjaj do mastan, bezbojan, bijel, siv, ružičast, zelen
- u kiselim magmatskim stijenama, pegmatitima, metamorfitima, sedimentima

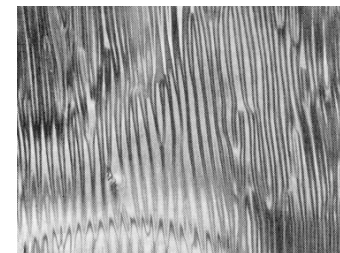




# plagioklasi



- triklinski minerali – kristali slični onima kod alkalnih feldspata, česti polisintetski straslaci, petrogeni mineral, zonalni kristali
- $T=6$   $ST=2,62-2,76$  bijeli do sivi, labradorizacija, sjaj staklasti
- savršena kalavost po  $\{010\}$  i  $\{001\}$  pod  $86^\circ$
- albit u kiselim stijenama, anortit u bazičnim,  
metamorfnim i sedimentnim stijenama



# zeoliti

- tektosilkati s kanalima u strukturi u koje ulazi voda i izmjenjivi kationi, stotinjak minerala – različiti omjer Si/Al
- $\text{SiO}_4$  tetraedri tvore sekundarne gradbene jedinice: prstene ili kaveze
- nastaju na niskim temperaturama - dolaze u šuplinama bazalta ili nastaju u sedimentima alteracijom vulkanskog stakla
- primjena (prirodni i sintetski): molekularna sita, ionski izmjenjivači (pročišćavanje otpadnih voda, uklanjanje radioaktivnih izotopa Cs i Sr, adsorpcija, katalizatori

