

# **MINERALOGIAN PERUSKURSSIN (77102) HARJOITUKSET**

Tämä PDF-tiedosto sisältää mineralogian peruskurssin harjoituksissa käsiteltävän oppimateriaalin. Materiaalin ovat vuosien aikana koostaneet Oulun yliopiston geotieteiden laitoksen geologian ja mineralogian assistentit. Tiedosto on tarkoitettu lähinnä laitoksen opiskelijoiden käyttöön helpottamaan heidän opiskeluaan, mutta materiaali on avointa myös kaikille muille aiheesta mahdollisesti kiinnostuneille henkilöille ja on siten vapaasti kaikkien ladattavissa ja luettavissa. Tiedosto on Oulun yliopiston geotieteiden laitoksen omaisuutta ja tiedoston tai sen osien kaupallinen hyödyntäminen ilman kirjallista lupaa on kielletty. Tätä tiedostoa ei pidä käyttää lähdeaineistona, vaan viittaukset tulee kohdistaa alkuperäisiin lähteisiin.

© Oulun yliopisto, geotieteiden laitos, 2002

## Mineralogian peruskurssin tenttivaatimuksia:

*Teoriaosa:* Teoriaosasta selviää kirjan ”Piispanen & Tuisku: mineralogian perusteet” avulla. Kidetieteen osasta kurssiin ei kuulu Millerin indeksit eikä pintamuodot eri kidejärjestelmissä (kpl 8-10). Samoin tenttiin kuuluvat luennoilla esitetyt asiat. Koska kurssilla painotetaan suurempia kokonaisuuksia, täytyy mineraalikemiastakin olla riittävä käsitys, yksi kysymys on perinteisesti ollut jonkun tietyn (kemiallisesti määritellyn) mineraaliryhmän kuvaus. (esim. oksidit, sulfidit jne.)

*Mineraalien tunnistus:* Yksi kidemalli ja viisi mineraalia. Kidemallista kidejärjestelmä, symmetria ja akseliristikon sijoitus, mineraaleista nimi, kaava, ja tunnistamiseen käytetyt tuntomerkit. 4 oikein = läpi (huom! pelkkä ehdotus ei riitä, vaan em. ominaisuudet on oltava).

# Mineralogian peruskurssin harjoitukset 16 h

## - *Kidetiede (4 h)*

- kidejärjestelmät ja niiden tunnistamisperusteet

## - *Mineralogia (12 h)*

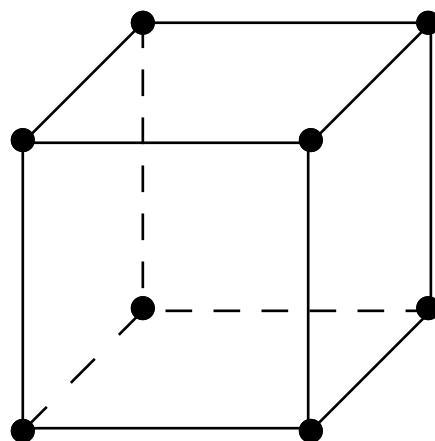
- yleisimmät mineraalit, niiden fysikaaliset, makroskooppiset ominaisuudet; makroskooppinen tunnistaminen.

# KIDEMUOTO JA KIDEJÄRJESTELMÄ

Mineraalit ovat kiteisessä olomuodossa olevia kemiallisia yhdisteitä, jotka voivat esiintyä silmin nähtävinä, säännöllisesti tietyn muotoisina rakeina eli kiteinä. Tämän vuoksi kide tieteen peruseriaatteiden tunteminen on tarpeellista.

## ALKEISKOPPI

Kidetieteessä kiteiden katsotaan koostuvan joukosta alkeiskoppeja. Ne ovat avaruushilan kahdeksan, eräissä tapauksissa kahdentoista toisiaan lähinnä olevan massapisteen rajoittamia kappaleita, joilla on tietty kidejärjestelmä.



# Luonnollinen kide

Kide koostuu tasavälisestä avaruushilasta  $\langle = \rangle$  joukosta alkeiskoppeja. Kide edustaa samaa kidejärjestelmää kuin ne ”alkeiskopit”, joista se muodostuu, vaikka kiteen ulkomuoto voi poiketa paljonkin alkeiskopin muodosta. Huom. kokoero!

Kidejärjestelmän tunnistamisessa perusominaisuus on symmetria, jonka määrä on vakio kussakin kidejärjestelmässä.

## SYMMETRIA

- Säännönmukaisuus, joka ilmenee tietynlaisena toistuvuutena kiteen ulkoisissa ominaisuuksissa.
- Kokonaissymmetria koostuu joukosta symmetria-elementtejä, joiden olemassaoloa voidaan tutkia peiteoperaatioiden avulla.

## PEITEOPERAATIOT:

Kiteen alkuperäinen muoto voi säilyä näennäisesti muuttumattomana vaikka sitä pyöritetään tai sen osia peilataan jonkin kiteen keskipisteen kautta kulkevan elementin (taso, viiva, piste) suhteen. Kyseiset peilaus ja pyöritystapahtumat ovat ns. peiteoperaatioita.

Jokaiseen peiteoperaatioon liittyvää pistettä, viivaa tai tasoa sanotaan symmetriaelementiksi.

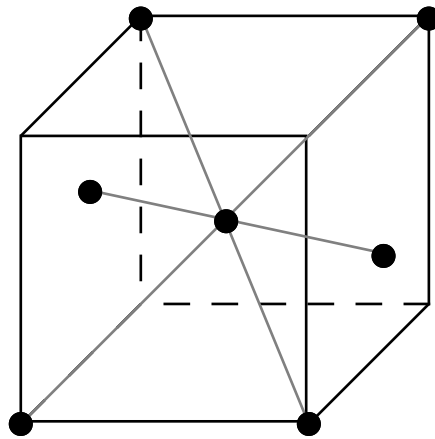
Kiteisessä aineessa eri peiteoperaatioin tutkittavia elementtejä ovat kidepinnat ja niiden osat, kidepuoliskot tai kiteen koko ulkovaippa  $\langle = \rangle$  ulkoinen symmetria.

## PEITEOPERAATIOT:

- Inversio (-> symm. keskus)
- Kuvastus (-> symm. taso)
- Kierto (-> gyyri eli kiertoakseli)
- Kiertokuvastus (-> gyroidi)

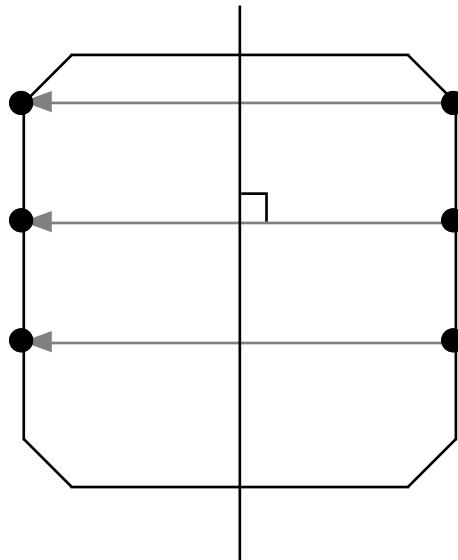
# Inversio

- Peiteoperaatio, jossa kiteen jokainen piste on kuvastettu keskipisteen toiselle puolelle => symmetriakeskus.



## Kuvastus

- Peiteoperaatio, jossa kiteen pinnan piste kuvastetaan tietyn tason toiselle puolelle  $\Rightarrow$  symmetriataso.
- Symmetriataso jakaa kiteen kahteen toisiinsa peilikuvan tavoin suhtautuvaan puolikkaaseen.



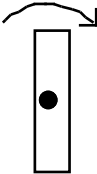
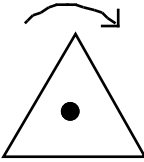
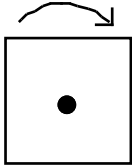
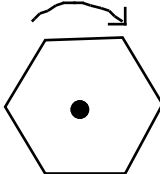
- Kiteissä on usein monia mahdollisuuksia symmetriatason asettamiselle!

# Kierto

Kiteissä voi olla keskipisteen kautta kulkevia suoria, joiden ympäri kidettä pyöritettäessä se saavuttaa alkutilanteen kaltaisen muodon 2, 3, 4 tai 6 kertaa täyskierroksen aikana.

Suoraa, jonka ympäri pyörittämällä toistaminen on tehty sanotaan kiertoakseliksi (gyyri).

Toistokertojen määrää sanotaan kiertoakselin lukuisuudeksi.

- Kaksilukuinen kiertoakseli eli *digyyri*   $180^\circ$
- Kolmilukuinen kiertoakseli eli *trigyyri*   $120^\circ$
- Nelilukuinen kiertoakseli eli *tetragyyri*   $90^\circ$
- Kuusilukuinen kiertoakseli eli *heksagyyri*   $60^\circ$

# Kiertokuvastus

Kierron ja kuvastuksen yhdistelmä.

- Kaksilukuinen kiertokuvastus akseli eli digyroidi
- Kolmilukuinen kiertokuvastus akseli eli trigyroidi
- Nelilukuinen kiertokuvastus akseli eli tetragyroidi
- Kuusilukuinen kiertokuvastus akseli eli heksagyroidi

## Kokonaissymmetria eri kidejärjestelmissä

- Kiteet luokituvat kidejärjestelmiin kokonaissymmetrian perusteella.
- Symmetriaelementtien määrä eri kidejärjestelmissä on erilainen.
- Saman kidejärjestelmän puitteissa on kuitenkin symmetriaelementtien määrä vakio.

Symmetriaelementtien määrä eri kidejärjestelmissä:

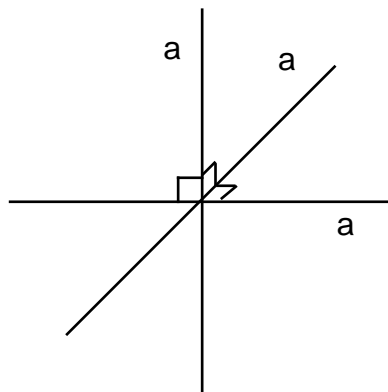
<b>Kidejärjestelmä</b>	<b>ST</b>	<b>6G</b>	<b>4G</b>	<b>3G</b>	<b>2G</b>	<b>Z</b>
<i>Kuutiollinen</i>	9	-	3	4	6	1
<i>Heksagoninen</i>	7	1	-	-	6	1
<i>Trigoninen</i>	3	-	-	1	3	1
<i>Tetragoninen</i>	5	-	1	-	4	1
<i>Rombinen</i>	3	-	-	-	3	1
<i>Trikliininen</i>	-	-	-	-	-	1

ST = symmetriataso, 6G = heksagyyri, 4G = tetragyyri,  
3G = trigyyri, 2G = digyyri, Z = symmetriakeskus

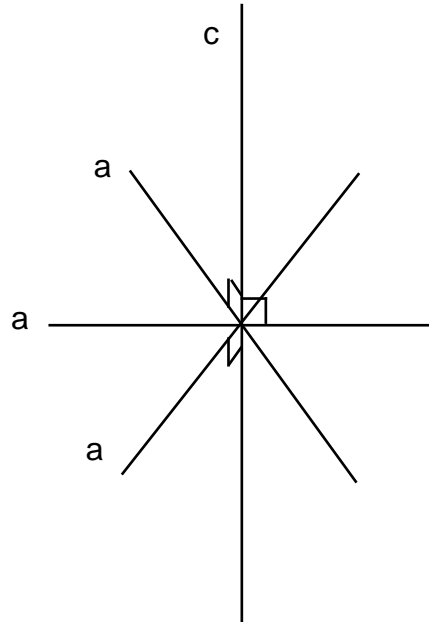
# Akseliristikot

Tasojen, pintojen ja suorien suuntien ilmaisemiseksi on kide­­tieteessä luotu koordinaattijärjestelmää, jonka sovellutuksia ovat jatkossa selviävät **parametrisuhteet** ja **Millerin indeksit**. Yhdenmukaisen ja käyttökelpoisen järjestelmän aikaansaamiseksi on aluksi määriteltävä koordinaattijärjestelmän **akseliristikot** (engl. *crystallographic coordinate system*, saks. *Achsen­­system*, *Achsenkreuz*). Käyttökelpoisimmiksi ovat osoittautuneet yleensä alkeiskopin särmäsuunnat (särmä = kahden pinnan leikausviiva). Trigonisen järjestelmän kohdalla tehdään kuitenkin poikkeus ja valitaan sen akseliristikoksi samanlainen akseliristikko kuin heksagonisessakin järjestelmässä. Näin määriteltyinä akseliristikkoja on siis kuusi:

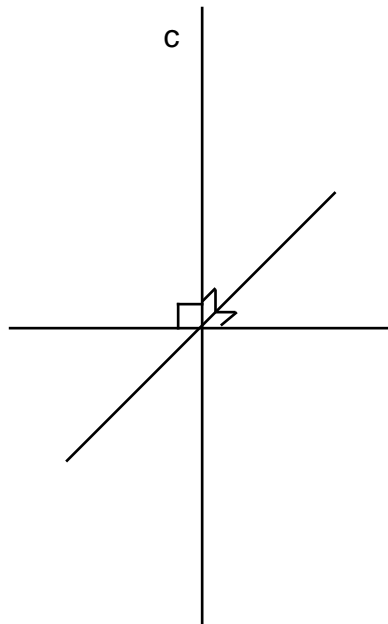
1. Kuutiollinen akseliristikko. Kolme toisiaan vastaan kohtisuoraa yhtä pitkää akselia eli kideakselia, joista kutakin merkitään symbolilla  $a$ .



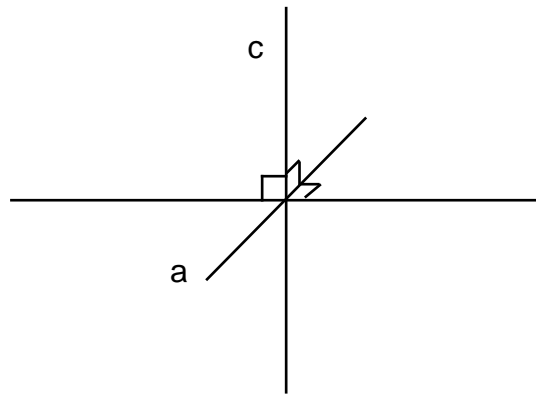
2. Heksagoninen ja trigoninen akseliristikko. Akseliristikossa on kolme yhtä pitkää toisiaan  $120$  ( $60$ ) asteen välein samassa tasossa leikkaavaa kideakselia ( $a$ ) ja neljäs eripituinen edellisten tasoa vastaan kohtisuora kideakseli, ns. pääakseli ja/tai pystyakseli  $c$ .



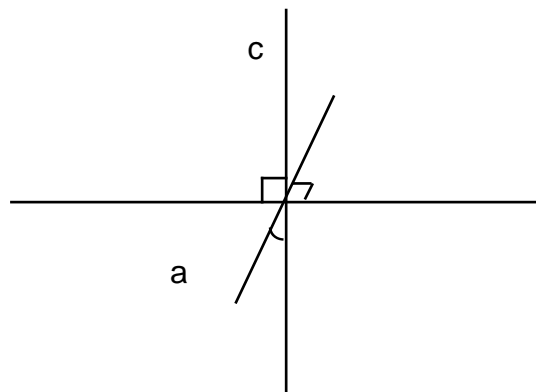
3. Tetragoninen akseliristikko. Akseliristikossa on kolme toisiaan vastaan kohtisuoraa akselia eli kideakselia, joista kaksi on keskenään yhtä pitkä ( $a$ -akselit) ja kolmas eripituinen  $c$ -akseli. Viimeksi mainittu on ns. pääakseli tai pystyakseli.



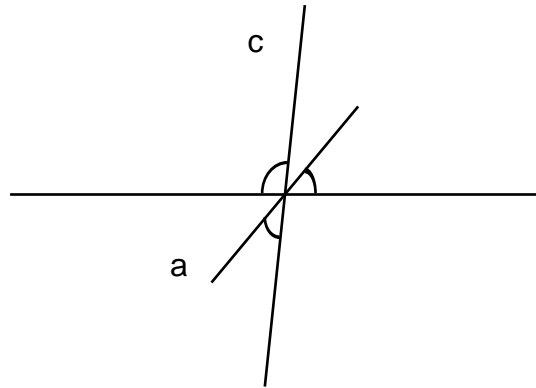
4. Rombinen akseliristikko. Kolme eripituista kideakselia toisiaan vastaan kohtisuorassa. Akseleita merkitään symbolein  $a$ ,  $b$  ja  $c$ . Akseleista  $b$  on pitempi kuin  $a$ . Tästä syystä  $b$ -akselia nimitetäänkin makroakseliksi ja  $a$ -akselia brakyakseliksi (kr. *brakhys*, lyhyt). Pystyakseli nimitys koskee  $c$ -akselia.



5. Monokliininen akseliristikko. Kaikki kolme kideakselia  $a$ ,  $b$  ja  $c$  ovat eripituisia. On tapana valita  $b$ -akseli  $a$ - $c$ -tasoa vastaan kohtisuoraan. Kulma  $a \angle c$  on vino. Akselia  $b$  nimitetään edellä sanotusta syystä ortoakseliksi (kr. *orthos*, suora) ja  $a$ -akselia klinoakseliksi (kr. *klino*, vietto). Pystyakseliksi sanotaan  $c$ -akselia.



6. Trikliininen akseliristikko. Kolme kideakselia  $a$ ,  $b$  ja  $c$ . Akselit ovat eripituisia ja leikkaavat toisiaan vinosti.



Trigoninen akseliristikko voidaan määritellä myös heksagonisesta poikkeavalla tavalla kolmeakselisena. Tällöin akseliristikon muodostaa kolme yhtäpitkää toisensa samalla vinolla, alle  $120^\circ$  kulmalla leikkaavaa  $a$ -akselia, jotka asettuvat alkeiskopin särmäsuuntien mukaisesti. Tällä kurssilla näin määriteltyä trigonista akseliristikkoa ei kuitenkaan käytetä.

# MINERAALEJA SYNNYTTÄVÄT GEOLOGISET PROSESSIT

1. Magmatismi
2. Sedimentaatio
3. Metamorfoosi

Magmatismi tarkoittaa maan pinnalla (vulkanismi) tai maan kuoren sisällä (plutonismi) tapahtuvaa sulan kiviaineksen (magman) kiteytymistä.

Magma sisältää runsaasti kemiallisia komponentteja. Jäähtyessään (1200 - 1000°C) siitä alkaa kiteytyä koostumuksesta riippuen kromiittia, plagioklaasia, oliviinia tai pyrokseenia. Jäähtymisen jatkuessa mineraaleja kiteytyy vuoronperään, kunnes noin 200°C:ssa kiteytyy viimeisenä kvartsi.

Sedimentaatio käsittää kiven mekaanisen ja kemiallisen rapautumisen, aineksen kuljetuksen, lajittelun ja kerrostumisen tai saostumisen.

Metamorfoosi liittyy maan kuoren sisällä tapahtuviin liikuntoihin ja paineenpurkauksiin, joiden ansioista paine ja lämpötila nousevat. Tällöin aikaisemmat mineraalit uudelleenkiteytyvät joko samoina tai uusina mineraaleina.

# **MINERAALI**

Kiteisessä olomuodossa oleva kemiallinen yhdiste, joka koostuu pääasiassa maankuoren yleisimmistä alkuaineista (mukaan luetaan myös vuoriöljy, elohopea, luonnonkaasut jne.)

Kivien perusrakenneseosan

## **Mineraalien ryhmittely ja luokittelu**

Useita tapoja ja perusteita. Ryhmittely voi tapahtua kidekemiallisen rakenteen, koostumuksen, käyttötarkoituksen, synnyn, esiintymisympäristön tms. perusteella

# Käyttötarkoitukseen ja esiintymisympäristöön perustuva mineraaliluokitus

1. Kivimineraalit: esiintyvät kivilajien päämineraaleina
2. Malmimineraalit: mineraalit, joissa jotain metallia esiintyy siinä määrin ja sellaisessa muodossa, että metallin erottaminen voi tapahtua taloudellisesti
3. Teollisuusmineraalit: mineraalit, joita itseään joko sellaisenaan tai sopivan käsittelyn jälkeen voidaan käyttää hyväksi
4. Jalokivet: mineraalit, jotka ovat harvinaisia, kovia, kauniita, läpinäkyviä tai väriltään miellyttäviä

# MINERAALIEN KOOSTUMUKSEEN PERUSTUVA LUOKITTELU

Alkuaineet

Sulfidit

Oksidit

Hydroksidit

Fosfaatit

Halogenidit

Sulfaatit

Nitraatit

Silikaatit, joissa alajako kidekemiallisen rakenteen pohjalta

- jalosilikaatit

- ketju -"-

- nauha -"-

- verkko -"-

- hohka -"-

# MINERAALIEN TUNNISTAMINEN

## 1. Makroskooppinen tunnistaminen

- perustuu mineraalien fysikaalisiin ominaisuuksiin.

Näitä ovat mm. seuraavat:

1. Kidemuoto
2. Lohkeavuus
3. Asu
4. Ominaispaino eli tiheys
5. Kiilto
6. Kovuus
7. Väri
8. Viiru
9. Magneettisuus
10. Radioaktiivisuus

## 2. Mikroskooppinen tunnistaminen

- polarisaatiomikroskooppi
- malmimikroskooppi

## 3. Röntgenografia

# MAKROSKOOPPINEN

## TUNNISTAMINEN

### 1. Kidemuoto

- jotkut mineraalit esiintyvät omamuotoisina kiteinä  
rikkikiisu on kuutionmuotoinen  
magnetiitti oktaedri

### 2. Lohkeavuus

- tarkoittaa mineraalin särkymistä pitkin tasaisia pintoja, joiden asento on verrannollinen kiteen sisäiseen rakenteeseen  $\Leftrightarrow$  vakio.

#### A. lohkeaminen havaittavissa

1. etevä lohkeavuus esim. kiilteet ja maasälvät
2. selvä lohkeavuus
3. huono lohkeavuus

#### B. lohkeaminen puuttuu -> murrospinta

kuprumainen (kvartsi)

multamainen (limoniitti)

Lohkosuuntien selvyys, lukumäärä ja niiden väliset kulmat ovat mineraaleille hyviä tunnusmerkkejä.

### 3. Asu

mineraalin asulla tarkoitetaan sen osien eri ulottuvuuksien suhdetta toisiinsa sekä raekokoa

- rakeinen

asu on rakeinen, jos mineraalirakeella on likimain yhtäsuuret ulottuvuudet kaikkiin suuntiin

- suomuinen

jos rakeen kaksi ulottuvuutta ovat hyvin kehittyneitä, mutta kolmas on mitätön

- sälöinen

rakeen yksi ulottuvuus on kehittynyt selvästi muita enemmän (esim. 3:1)

- kuituinen

yksi ulottuvuus on muihin verrattuna moninkertainen

- massamainen

raekoko on niin pieni, ettei yksittäisiä rakeita erota paljain silmin

- multamainen

#### **4. Ominaispaino eli tiheys (d g/cm<sup>3</sup>)**

- kivimineraalien ominaispainot vaihtelevat 2,7 - 3,2
- malmimineraalien ominaispainot ovat 4 - 7

#### **5. Kiilto**

- vaikutelma, mikä saadaan, kun mineraalirakeen pinnan kautta heijastetaan valoa silmiin

2 ryhmää:

- metallikiiltoiset
  - malmimineraalit
- kiiltoaan epämetalliset
  - tavalliset kivimineraalit

Epämetallista kiiltoa verrataan esim. lasiin, rasvaan, helmiäiseen, silkkiin yms. ja nimitetään vastaavasti lasi-, rasva-, helmiäis-, silkki-, timantti-, vaha- tai nahkakiiltoiseksi.

## **6. Kovuus**

- mineraalin kovuudella tarkoitetaan sen naarmutuskovuutta

- Mohsin kovuusasteikko

1. Talkki	
2. Kipsi	(0,04)
(kynsi)	
3. Kalsiitti	(0,26)
(messinkiraha)	
4. Fluorisälpä	(0,75)
5. Apatiitti	(1,23)
(ikkunalasi)	
6. Kalimaasälpä	(25,0)
(teräspiikki)	
7. Kvartsi	(40,0)
8. Topaasi/berylli	(125,0)
9. Korundi	(1000,0)
10. Timantti	(2000,0)

**Naarmutuskovuus tarkoittaa sitä, että kovemmalla mineraalilla pystyy naarmuttamaan pehmeämpää!**

## **7. Väri**

Huono tuntomerkki kiilloltaan epämetallisille mineraaleille, koska sama mineraali voi esiintyä eri värisinä muunnoksina. Kemialliset ”epäpuhtaudet” ja eräät muut tekijät ovat syynä värin vaihteluun.

Malmimineraaleille väri on aika luotettava tuntomerkki.

## **8. Viiru**

- Tarkoittaa mineraalijauheen väriä, joka saadaan esille vetämällä mineraalikappaleella viiru lasittamattomaan posliiniin
- Viiru on vedettävä tuoreella lohko- tai murrospinnalla
- Hyvä tuntomerkki malmimineraaleilla

## **9. Magneettisuus**

- Magneetti vetää puoleensa
- Esim. magnetiitti, magneettikiisu

## **10. Radioaktiivisuus**

- Mineraali tuottaa radioaktiivista säteilyä
- Esim. uraanimineraalit
- Tutkitaan esim. geiger mittarilla

# TOIMINTAJÄRJESTYS MINERAALEJA TUNNISTETTAESSA

## Määritetään:

1. Onko metallikiiltoinen vai ei?
2. Mikäli kyseessä on malmimineraali, katsotaan seuraavaksi viiru
3. Kovuus
4. Asu
5. Väri
6. Magneettisuus
7. Lohkosuunnat
8. Ominaispaino
9. Kidemuoto
10. Kiilto
11. Haju

# Mineralogian peruskurssin (77102) mineraaliluettelo:

## Alkuaineet

- kulta gold
- grafiitti graphite

## Sulfidit

- sinkkivälke sphalerite
- lyijyhohde galena
- kuparikiisu chalcopyrite
- rikkikiisu pyrite
- magnetiittikiisu pyrrhotite
- molybdeenihohde molybdenite
- arseenikiisu arsenopyrite

## Oksidit ja hydroksidit

- magnetiitti magnetite
- kromiitti chromite
- hematiitti hematite
- limoniitti limonite

## Karbonaatit

- kalsiitti calcite
- dolomiitti dolomite

## Fosfaatit

- apatiitti apatite

## Silikaatit

### Jalosilikaatit *orthosilicates*

- oliiviini olivine
- kyaniitti kyanite
- granaatti garnet
- epidootti epidote

- wollastoniitti\* wollastonite
- turmaliini tourmaline
- kordieriitti cordierite
- berylli beryl
- stauoliitti staurolite

### *Ketjusilikaatit*

- diopsidi *single chain silicates* diopside
- ortopyrokseeni orthopyroxene

### *Nauhasilikaatit*

- sarvivälke *double chain silicates* hornblende
- sädekivi
- amfiboliasbesti

### *Verkkosilikaatit*

- muskoviitti *sheet silicates* muscovite
- biotiitti biotite
- talkki talc
- serpentiini serpentine
- kloriitti chlorite
- kaoliini kaolin

### *Hohkasilikaatit*

- plagioklaasi *framework silicates* plagioclase
- kalimaasälpä orthoclase
- kvartsi quartz

\* = ketjusilikaatti, mutta käsitellään jalosilikaattien kanssa

# ALKUAINEET

## 1. Kulta Au

- himmeä metallinkiilto
- väri kullankeltainen
- viiru kullankiiltävä (-hohtoinen)
- kovuus 2,5 - 3
- taottava (ei murene taottaessa)
- ominaispaino  $d = 19,3$
- esiintyy pääasiassa sulfidimineraalien yhteydessä
- maaperässä hippuina (esim. Lappi)

## 2. Grafiitti C

- metallinkiiltoinen
- asu suomuinen
- kovuus 1
- väri tummanharmaa
- viiru musta tai tummanharmaa
- ominaispaino  $d = 2,2$
- tahraava ja liukas
- käyttö: sulatusupokkaat, voiteluaineet, lyijykynät
- esiintyy nk. mustissa liuskeissa

# SULFIDIT

- ovat rikkivedyn suoloja
- rikkiin yhtynyt yksi tai kaksi metallia, mutta ei happea
- ovat malmimineraaleja
- kutsutaan kiisumineraaleiksi
- kaikki metallinkiiltoisia

## **1. Sinkkivälke (Zn,Fe)S**

- timantinkiiltoinen
- väri vaihtelee rautapitoisuuden mukaan; raudattomat vaalean ruskeita, rautarikkaat tumman ruskeita tai mustia
- kovuus 3,5 - 4
- $d = 4,0$
- viiru ruskea
- asu rakeinen
- 6 etevää lohkosuuntaa -> välkehtii
- tärkein Zn-mineraali
- voi sisältää kadmiumia (Cd)
- Suomessa tuottaa Pyhäsalmen kaivos (Inmet Mining)

## 2. Lyijyhohde $PbS$

- voimakas metallinkiilto
- lyijynharmaa
- viiru harmaa
- kovuus 2,5 - 3
- $d = 7,6$
- asu rakeinen
- lohkosuunnat kuution pintojen suuntaisia
- voi sisältää seleeniä
- Suomessa tuotettu Vihannin Lampinsaaren kaivoksesta (lopetettu 1992)

## 3. Kuparikiisu $CuFeS_2$ (kalkopyriitti)

- väri messinginkeltainen
- viiru vihertävän musta
- kovuus  $\sim 4$
- $d = 5$
- asu massamainen, ei lohkosuuntia
- metallisuhde Cu  $\sim 35\%$ , Fe  $\sim 30\%$ , S  $\sim 35\%$
- yleisin ja tärkein Cu-mineraali
- Outokummun kaivos oli merkittävä Cu:n tuottaja  
<=> OKU-tyyppiset malmit

#### 4. Rikkikiisu eli pyriitti $\text{FeS}_2$

- metallinkiiltoinen
- vaaleankellertävä tai harmaankeltainen
- viiru musta
- kovuus 6 - 6,5
- $d \sim 5$
- asu rakeinen
- kuutiollinen kidemuoto, esiintyy siten usein kuution muotoisina rakeina
- yleisin sulfidimineraali
- Suomessa tuottaa Pyhäsalmen kaivos (Inmet Mining)

#### 5. Magneetikiisu $\text{Fe}_{1-x}\text{S}$ (eli pyrrotiitti)

- metallinkiiltoinen
- väri tuoreella murrospinnalla pronssinruskea
- viiru musta
- kovuus 4 - 4,5
- $d = 4,5 - 4,7$
- heikosti magneettinen (ei aina)
- ei selviä lohkosuuntia
- puhdas magneetikiisu arvoton, mutta saattaa sisältää Ni  
-> Ni-malmi; tällöin mineraalia kutsutaan pentlandiitiksi (Ni-koe dimetyyliglyoksiimilla)
- Ni-kaivos Suomessa: Nivalan Hitura

## 6. Molybdeenihohde $\text{MoS}_2$

- metallinkiiltoinen
- sinertävänharmaa
- kovuus 1 - 1,5
- $d = 4,6 - 5,0$
- asu suomuinen
- tahraava ja liukas
- ei louhita Suomessa
- Mo:n käyttö: erikoisteräkset, voiteluaineet

## 7. Arseenikiisu $\text{FeAsS}$

- metallinkiiltoinen
- hopeanvalkoinen - teräksenharmaa
- kovuus  $\sim 5,5 - 6$
- $d = 5,9 - 6,2$
- asu massamainen, joskus rakeinen
- vasaralla iskettäessä tuntuu sipulin haju
- jos sisältää jalometalleja, on arvokas malmimineraali (esiintyy usein mm. kultamalmien yhteydessä)

# OKSIDIT JA HYDROKSIDIT

- hapen ja muiden alkuaineiden yhdisteitä
- metalli + happi = malmimineraali
- hydroksidit ovat vesipitoisia oksideja

## **1. Magnetiitti $\text{Fe}_3\text{O}_4$**

- metallinkiiltoinen
- väri raudanmusta
- kovuus 5,5 - 6
- $d = 4,9 - 5,2$
- selvästi magneettinen
- asu rakeinen
- rakeet usein omamuotoisia oktaedreja
- Fe-pitoisuus 72%; voi sisältää titaania ja vanadiinia
- tärkeä rautamalmimineraali
- louhitaan mm. Kiiruna (Ruotsi)

## **2. Kromiitti $\text{FeCr}_2\text{O}_4$**

- metallinkiiltoinen
- väri ruskeaan vivahtava tumman harmaa
- viiru ruskea
- kovuus 5,5;  $d = 4,7$
- asu rakeinen
- kuutiollinen, kuutionmuotoiset kiteet yleisiä
- eroaa sinkkivälkkeestä suuremman kovuutensa ja huonomman kiiltonsa puolesta
- Suomessa louhitaan: Kemin Elijärvi

### 3. Hematiitti $\text{Fe}_2\text{O}_3$

- metallinkiiltoinen
- väri teräksenharmaa, multamaisena muunnoksena himmeämpunainen
- viiru punainen tai punaruskea
- kovuus 5,5 - 6,5
- $d = 4,9 - 5,3$
- asu rakeinen tai suomuinen

### 4. Limoniitti $\text{Fe}_3\text{O}_4 + n \cdot \text{H}_2\text{O}$

- matta
- kutsutaan myös järvi- tai suomalmiksi (,koska esiintyy järvien ja soiden pohjalla)
- pinnaltaan ruskea ja ruosteiselta vaikuttava
- viiru keltainen (kellertävän ruskea)
- asu multamainen tai rakeinen
- kovuus vaihtelee 1 - 5
- $d = 2,7 - 4,3$

# KARBONAATIT

- hiilihapon suoloja
- ryhmään kuuluvat:
  - Kalsiitti  $\text{CaCO}_3$
  - Dolomiitti  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
  - Sideriitti  $\text{FeCO}_3$
  - Magnesiitti  $\text{MgCO}_3$

## 1. Kalsiitti $\text{CaCO}_3$

- lasinkiiltoinen, (matta)
- väri yleisimmin valkoinen tai harmaa
- kovuus 3
- $d = 2,6 - 2,8$
- 3 toisiaan vinosti leikkaavaa lohkosuuntaa
- tasaisilla pinnoilla viirukkeisuutta
- asu rakeinen
- jos muodostaa yksin kivilajin -> kalkkikivi, marmori
- käyttö: sementin valmistus, marmori rakennuskivenä
- reagoi suolahapon kanssa helposti

## 2. Dolomiitti $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$

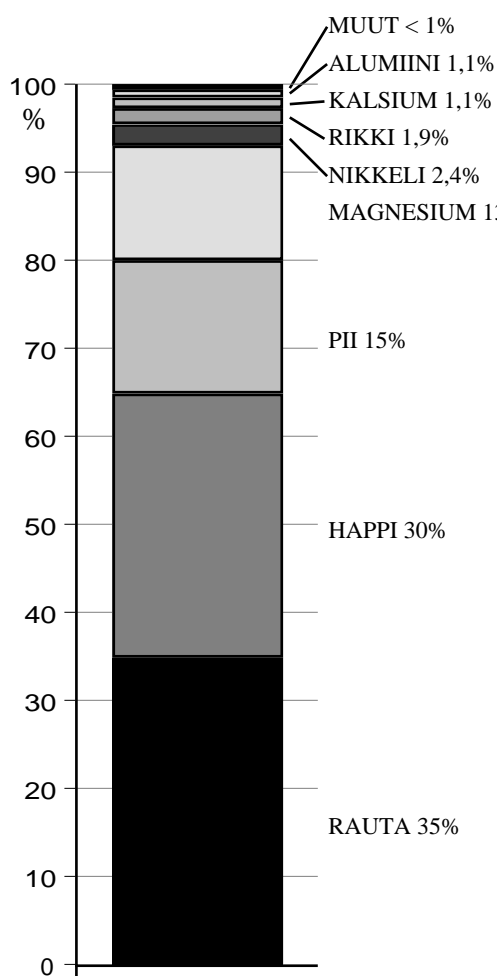
- eroaa kalsiitista värinsä perusteella
- kellertävä tai ruskehtava
- hieman kalsiittia kovempi:  $\text{kovuus} \sim 3,5 - 4$

# FOSEFAATIT

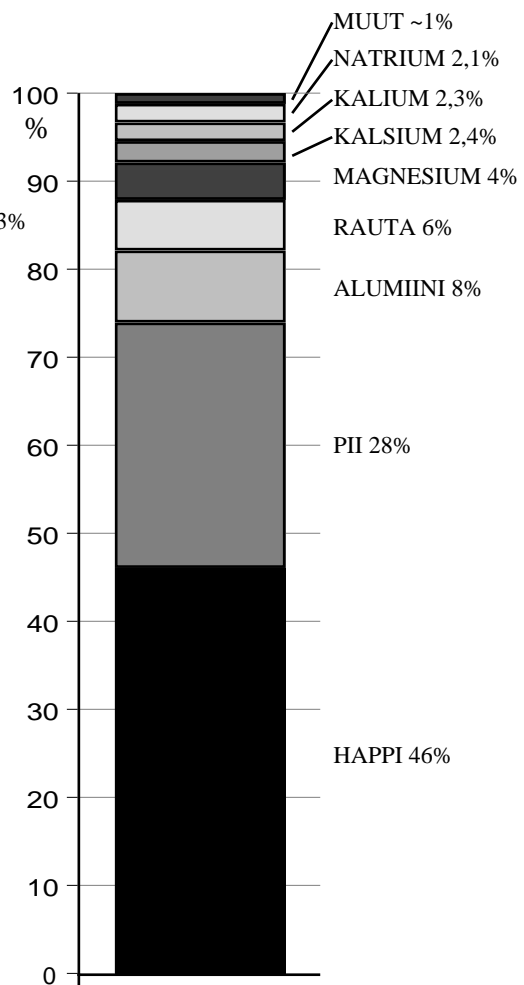
- fosforihapon suoloja

## **1. Apatiitti $\text{Ca}_5(\text{F,Cl,OH})(\text{PO}_4)_3$**

- lasinkiiltoinen - rasvankiiltoinen
- väri vaalean vihreä
- kovuus 5
- $d = 3,2$
- asu rakeinen
- ei lohkosuuntia
- käyttö: fosforilannoitteiden raaka-aineena
- esiintymiä Suomessa: Siilinjärvi, Sokli



ALKUAINEN SUHTEELLISET OSUDET KOKO MAAPALLOLLA



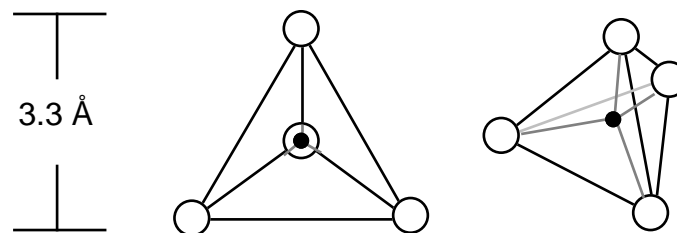
ALKUAINEN SUHTEELLISET OSUDET MAAN KUORELLA

# SILIKAATIT

- Useimmat yleisistä kivimineraaleista kuuluvat tähän luokkaan.

## SILIKAATTIEN KIDEKEMIAALLISET RAKENTEET

- Kaikkien silikaattienkidekemiallisena perusrakennenosana on piihappitetraedri, jossa tetraedrin keskipisteessä olevaa piiatomia ympäröivät nurkissa olevat happiatomit.



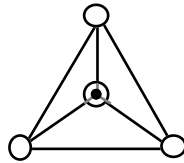
### **Piihappitetraedri (SiO<sub>4</sub>)<sup>4-</sup>**

- Silikaattien alajaottelu kidekemiallisen rakenteen mukaan.

# I. JALOSILIKAATIT

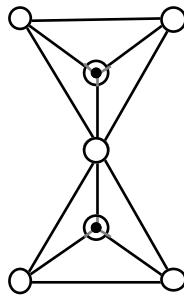
Yleinen kemiallinen koostumus  $X^{4+}(\text{SiO}_4)^{4-}$

NESO-  
SILIKAATIT

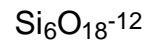
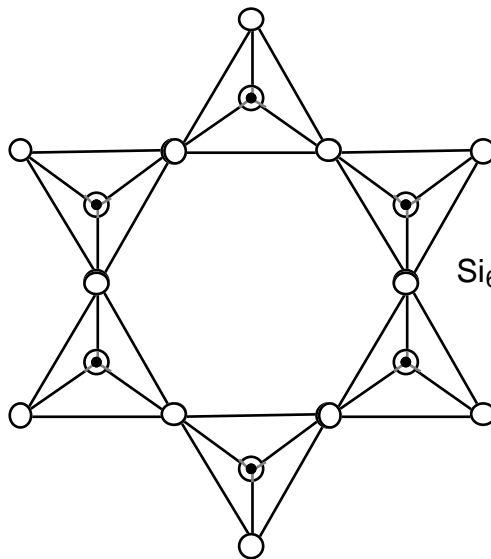


OLIVIINI  
 $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$

SORO-  
SILIKAATIT



SYKLO-  
SILIKAATIT



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

- Piihappitetraedrit esiintyvät erillisinä, pareittain tai muodostavat renkaita.
- Kationit liittyvät piihappitetraedreihin happiatomien välityksellä kemiallisella sidoksella.

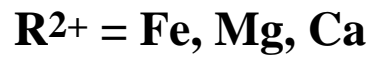
## 1. Oliiviini $(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$

- lasi tai rasvakiiltoinen
- väri usein vihreä (ruskea)
- kovuus 6,5 - 7
- $d \sim 3,4$
- asu rakeinen
- tummien magmakivien mineraali

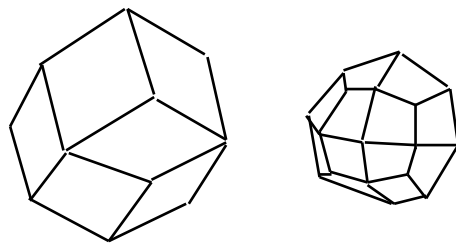
## 2. Kyaniitti $\text{Al}_2\text{O}(\text{SiO}_4)$

- lasi- tai helmiäiskiiltoinen
- väri taivaansininen tai valkea
- asu sälöinen tai sälökimppuinen
- kiteiden pituussuunnassa 1 lohkosuunta
- kovuus vaihtelee 4,5 - 7 naarmutus suunnasta riippuen (kova poikittain, pehmeä pitkittäin)
- $d = 3,6$
- esiintyy kiilleliuskeissa
- käyttö posliinituotteiden valmistuksessa

### 3. Granaatti $R_3^{2+}R_2^{3+}(SiO_4)_3$



- useita toisiaan muistuttavia mineraaleja
- lasi- tai rasvakiiltoisia
- väri yleisimmin punainen tai ruskea  
(voi olla myös vihreä, musta tai väritön)
- kovuus 7
- $d = 3,4 - 4,3$
- asu rakeinen
- esiintyy usein omamuotoisina rakeina
- tavataan usein muita mineraaleja suurempina rakeina  
(porfyroblasteina) kiilleliuskeissa ja granuliiteissa



<b><u>Mineraali</u></b>	<b><u>Koostumus</u></b>	<b><u>Väri</u></b>
<b>Pyrooppi</b>	<b><math>\text{Mg}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3</math></b>	<b>verenpunainen</b>
<b>Almandiini</b>	<b><math>\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3</math></b>	<b>kirsikanpunainen, punaruskea tai lähes musta</b>
<b>Spessartiitti</b>	<b><math>\text{Mn}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3</math></b>	<b>punaruskea, kellanuskea, usein mangaanihapettunut</b>
<b>Grossulariitti</b>	<b><math>\text{Ca}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3</math></b>	<b>samean vihreä, vaalean ruskea, väritön</b>
<b>Andradiitti</b>	<b><math>\text{Ca}_3\text{Fe}_2(\text{SiO}_4)_3</math></b>	<b>punaruskea, ruskea, joskus musta</b>
<b>Uvaroviitti</b>	<b><math>\text{Ca}_3\text{Cr}_2(\text{SiO}_4)_3</math></b>	<b>tummanvihreä</b>

#### 4. Epidootti $\text{Ca}_2(\text{Al,Fe,Mn})_3\text{OH}(\text{SiO}_4)_3$

- lasikiiltoinen
- väri kellanvihreä, vihreä, (musta)
- kovuus 6 - 7
- $d = 3,4$
- asu massamainen tai rakeinen
- esiintyy vihreäkivissä ja karsikivissä

#### 5. Wollastoniitti $\text{CaSiO}_3$

- silkkikiiltoinen tai lasikiiltoinen
- väri valkoinen
- kovuus 4,5 - 5 (hauras)
- $d = 2,9$
- asu sälöinen, pituussuunnassa kaksi lähes kohtisuoraa lohkosuuntaa
- käyttö: keraaminen teollisuus

#### 6. Turmaliini (koostuu 18 alkuaineesta, B-pitoinen)

- lasi- tai silkinkiiltoinen
- väri hiilenmusta, ”kivihiilimäinen”; voi olla myös esim. vihreä tai vaaleanpunainen
- kovuus 7 - 7,5
- $d = 3,1$
- esiintyy pitkinä, poikkileikkaukseltaan kolmiota muistuttavina kiteinä
- kiteen pituussuunnassa kapeita viiruja
- esiintyy mm. pegmatiiteissa

## 7. Kordieriitti $(\text{Mg,Fe})_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$

- lasinkiiltoinen
- tummansininen, sinertävänharmaa, eri suunnista eri värinen (siniharmaa)
- kovuus 7 - 7,5;  $d = 2,6$
- murrospinta epätasainen, ”simpukkamainen”
- asu rakeinen
- esiintyy kiillegneisseissä ja -liuskeissa

## 8. Berylli $\text{Be}_3\text{Al}_2\text{Si}_6\text{O}_{18}$

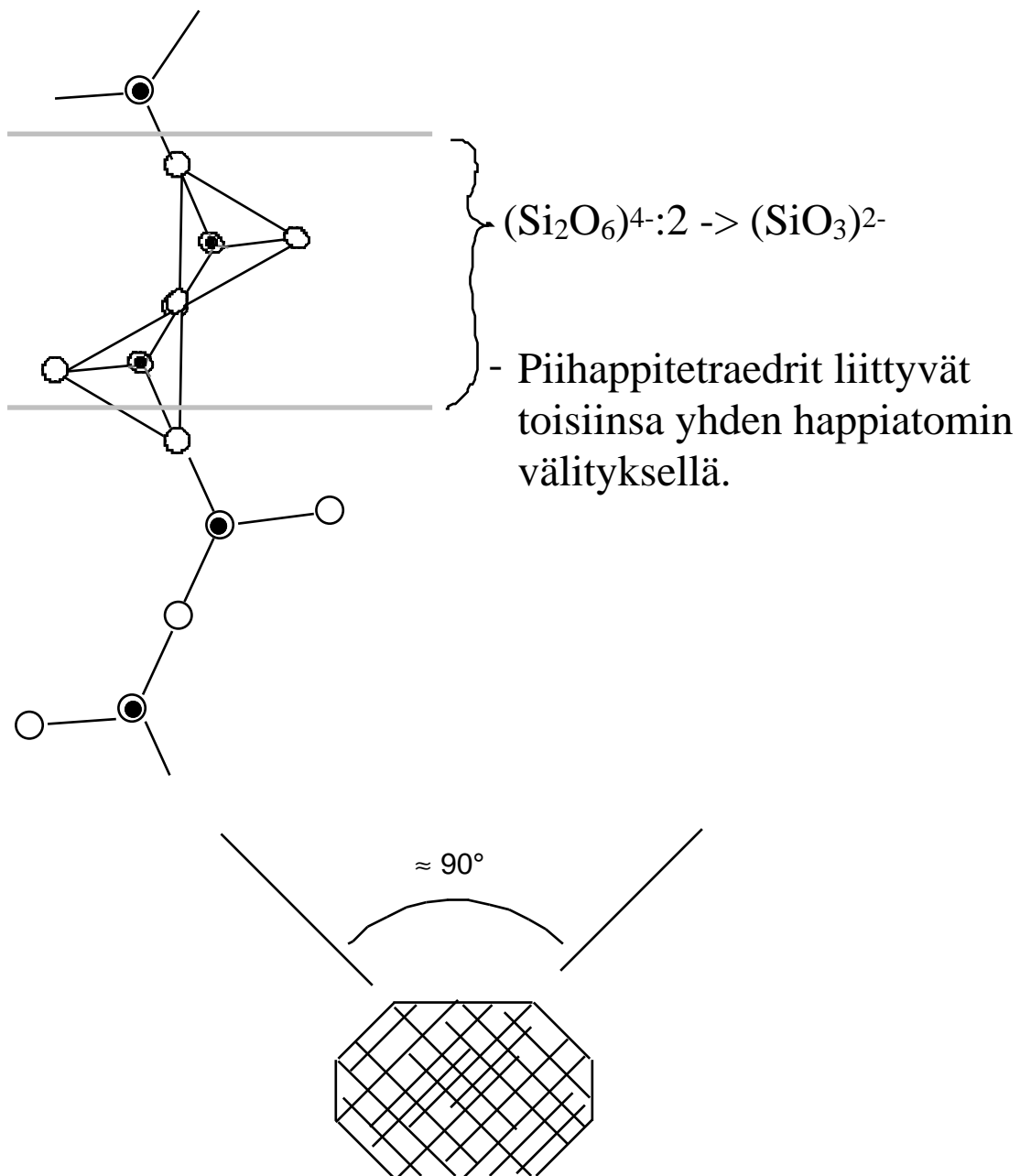
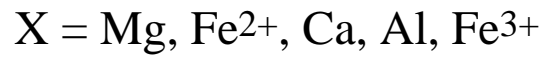
- mattamainen lasikiilto
- vaaleanharmaanruskea, kellertävä, vihertävä
- kovuus 8;  $d = 2,7$
- kiteet heksagonisia, pitkiä prismamaisia kiteitä
- vihreä jaloberylli = smaragdi
- sinivihreä/sininen jaloberylli = akvamariini
- Suomessa: Eräjärvi, Kemiö, Kuortane, Tammela
- Graniittipegmatiittien mineraali
- Käyttö: keraaminen teollisuus, hioma-aine

## 9. Staurolitti $\text{HFe}_2\text{Al}_9\text{O}_8\text{Si}_4\text{O}_{16}$

- rasvakiiltoinen
- mustanruskea - keskiruskea
- kovuus 7 - 7,5;  $d = 3,7$
- esiintyy omamuotoisina kiteinä kiilleliuskeissa
- kiteet voivat olla ns. ristikaksosia eli vinoja tai suorakulmaisia ristejä

## II. KETJUSILIKAATIT

- Pyrokseenimineraalit
- Yleinen kaava:  $X^{2+}(\text{SiO}_3)_2^-$



## 1. Diopsidi $\text{Ca}(\text{Mg,Fe})(\text{SiO}_3)_2$

(Klinopyrokseeni)

- lasimainen kiilto
- väri usein vihreä, mikä johtuu mineraalin sisältämästä kromista -> kromidiopsidi
- kovuus 6
- $d = 3$
- kaksi epäselvää lohkosuuntaa kohtisuoraan toisiaan vastaan

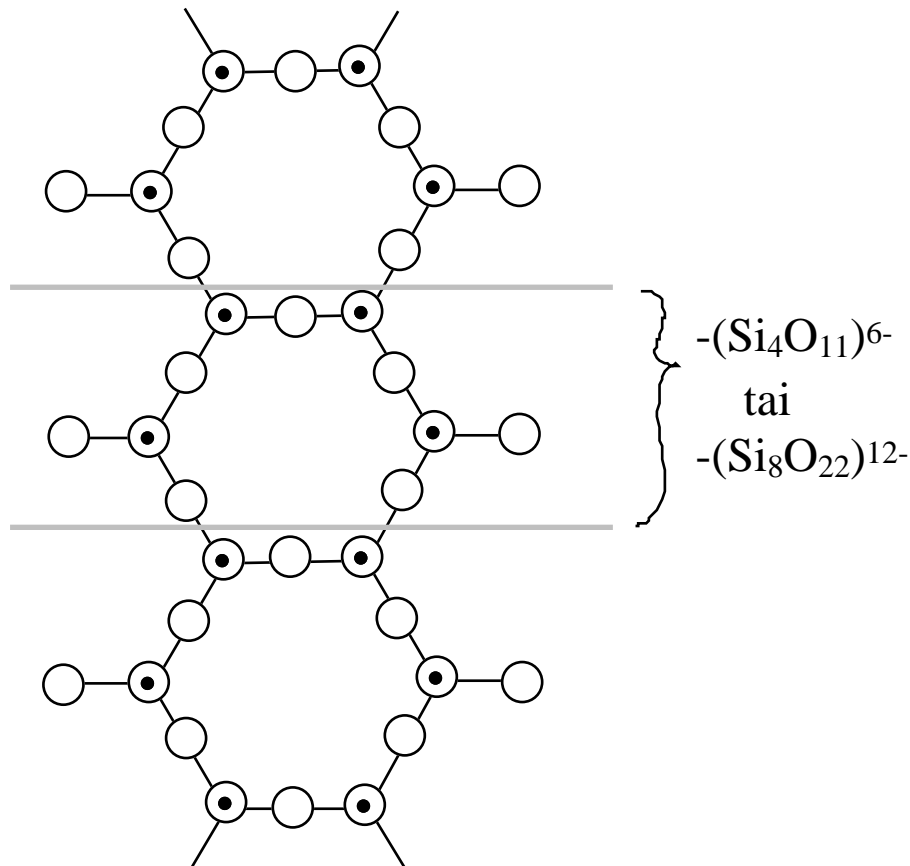
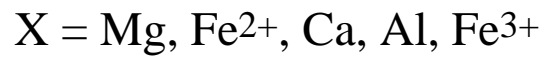
## 2. Ortopyrokseeni $(\text{Mg,Fe})\text{SiO}_3$

- isomorfinen seossarja ( $\text{MgSiO}_3$  -  $\text{FeSiO}_3$ )
- voimakas (lähes) metallinen kiilto
- väri tummanruskea, musta
- kovuus 5 - 6
- $d = 3,2 - 3,9$
- etevä (110-suuntainen) lohkeavuus; lohkosuuntien välinen kulma  $\sim 90^\circ$
- asu rakeinen

### III. NAUHASILIKAATIT

(= amfiboliryhmä)

- Yleinen kaava:  $\mathbf{X}(\mathbf{Si}_8\mathbf{O}_{22})$ , missä



- Voidaan ajatella johdetuiksi ketjusilikaateista siten, että kaksi  $(\text{SiO}_3)^{2-}$  -ketjua on liittynyt toisiinsa joka toisesta piihappitetraedrista.

## 1. Sarvivälke $\text{NaCa}_2(\text{Mg,Fe})_4\text{Al}_3\text{Si}_6\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

- lasimainen, välkehtivä kiilto
- väri tummanvihreä tai musta
- kovuus 6
- $d = 3$
- asu rakeinen (tai sälöinen)
- rakeiden poikkileikkaus vinoneliö
- yleinen kivimineraali
- esiintyy tummissa magmakivissä (esim. gabrot ja peridotiitit) sekä tummissa metamorfisissa kivissä (esim. amfiboliitit)
- Hienorakeisissa kivissä sarvivälke ja biotiitti voidaan sekoittaa toisiinsa. Paras erotustapa on murskata pieni pala kiveä. Jos saatu jauhe on vihreä, kyseessä on sarvivälke.

## 2. Sädekivi $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$

(tremoliitti - aktinoliitti)

- kiilto lasimainen
- väri tummanvihreä, harmaa, lähes väritön (valkoinen)
- kovuus 6
- $d = 3$
- asu sälöinen
- muodostaa lyhdemäisiä kimppuja
- esiintyminen: karsikivet, amfiboliliuskeet, lyhdeliuskeet

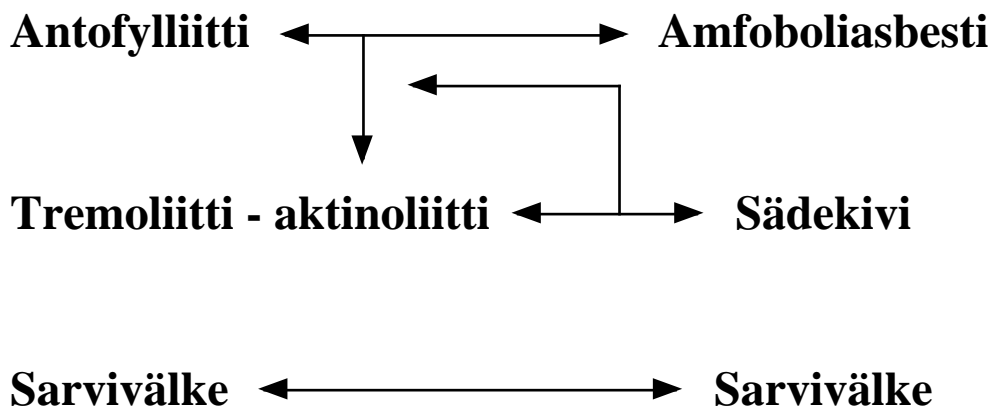
### 3. Amfiboliasbesti

- sädekiven kuituinen muoto
- silkinkiiltoinen
- vaaleanharmaa, vihertävä
- kovuus 5
- asu kuituinen
- kuidut taipuisia (vrt. wollastoniitti, missä jäykkiä)
- käytettiin teollisuusmineraalina 1980-luvulle saakka tulenkestävissä kankaissa ja levyissä

pituuden suhde leveyteen  $> 3:1$

pituus  $> 5\mu\text{m}$ , leveys  $< 3\mu\text{m}$

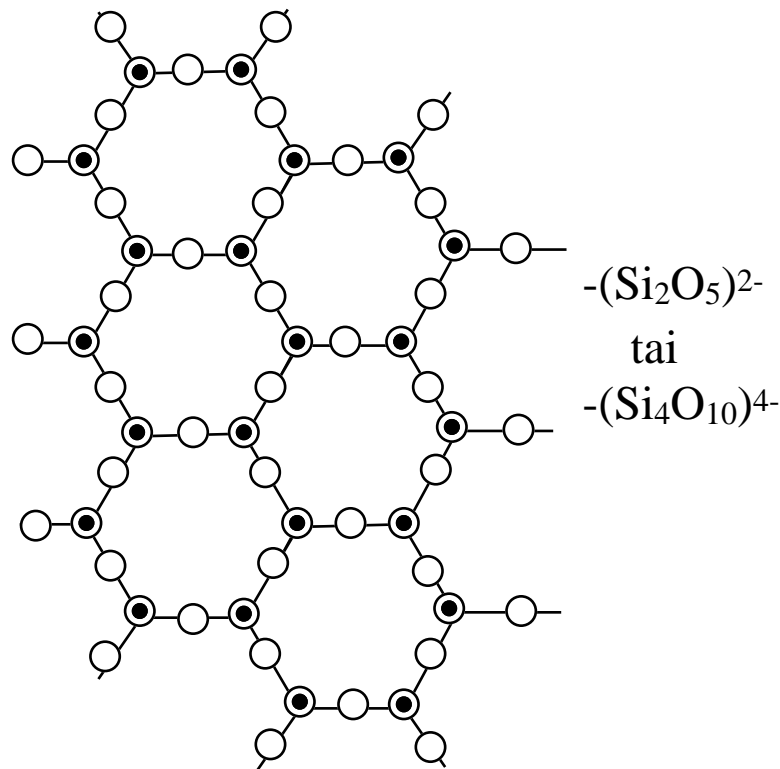
#### Mineraloginen luokitus      Makroskooppinen luokitus



Amfibolien mineraloginen < - > makroskooppinen luokitus.

## IV. VERKKOSILIKAATIT

- Yleinen kaava:  $X^{4+}(Si_4O_{10})^{4-}$
- Kiilleryhmä ja muut verkkosilikaatit



- Voidaan johtaa nauhasilikaateista asettamalla nauhoja rinnakkain samaan tasoon.
- Rakenteen perusteella verkkosilikaateista näyttäisi muodostuvan heksagoniseen kidejärjestelmään kuuluvia mineraaleja. Eräät ovatkin heksagonisia. Yleisimmin kuitenkin verkot asettuvat C-akselin suunnassa sillä tavoin limittäin, että analogiset paikat kahdessa verkossa eivät ole suoraan päällekkäin. Seurauksena on rakenteen muuntuminen monokliiniseksi.

## 1. Muskoviitti $K_2(\underline{Al},Fe,Mg)_4(OH)_4(Si,Al)_8O_{20}$

- ns. vaalea kiille
- helmiäiskiiltoinen
- väritön tai kellertävä
- ohuet suomut läpinäkyviä
- kovuus 2
- $d \sim 3$
- asu suomuinen
- suomut elastisia
- esiintyy pegmatiiteissa ("katinkulta")
- käyttö sähköeristeissä ja kuumuutta kestävässä ikkunoissa

## 2. Biotiitti $K_2(Mg,Fe,Mn)_6(OH)_4(Si,Al)_8O_{20}$

- ns. tumma kiille
- musta tai tummanruskea, ohuet suomut läpikuultavia
- kovuus 2
- $d = 3$
- asu suomuinen
- esiintyy graniiteissa, kiilleliuskeissa ja -gneisseissä
- vrt. jauhetesti sarvivälkkeessä, jos jauhe harmaa kyseessä on biotiitti
- rapautuneena metallinhohtoinen -> katinkulta

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

- rasvankiiltoinen
- vaaleanvihreä, kullankeltainen, valkoinen
- kovuus 1
- $d \sim 3$
- asu suomuinen
- pinnaltaan liukas, saippuamainen
- jauhe valkoinen
- tärkeä teollisuusmineraali
- käyttö: paperiteollisuus  
kosmetiikka (puuteri)  
voiteluaineet
- esiintymiä mm. Sotkamon Lahnaslampi, Polvijärvi

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

- musta, tummanvihreä, tummanruskea, kellanvihreä
- kovuus 3 - 4
- $d = 2,5$
- esiintyy hienosuomuisena massana, josta ei erota paljain silmin erillisiä suomuja
- massassa vahakiilto
- muodostaa yksinään kivilajin  
-> serpentiinikivi, serpentiiniitti

## 5. Kloriitti $(\text{Mg,Fe,Al})_6(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_8$

- vihreä
- kovuus 2
- $d = 2,8$
- asu suomuinen, mutta ei niin selvä kuin esim. biotiitilla
- suomut eivät elastisia, ainoastaan taipuisia
- pinnaltaan rasvaiselta vaikuttava ja liukas
- esiintyy kloriittiliuskeissa ja vihreäkivissä

## 6. Kaoliini $\text{Al}_2(\text{OH})_4\text{Si}_2\text{O}_5$

- väri valkea tai punertava
- kovuus 2
- $d = 2,6$
- asu multamainen
- erityistuntonmerkki: haisee savelta, kun siihen henkäisee
- käyttö posliini- ja paperiteollisuudessa
- kiilto mattamainen

# V. HOHKASILIKAATIT

- maankuoren yleisimmät mineraalit kuuluvat tähän ryhmään
- kvartsi sekä nk. maasälvät

## 1. Kvartsi $\text{SiO}_2$

- kidepinnat lasinkiiltoisia, murrospinnat rasvankiiltoisia
- yleisin väri vaaleanharmaa tai väritön, harvinaiset värimuunnokset korukiviä:
  - punainen - ruusukvartsi
  - violetti - ametisti
  - keltainen - sitriini
  - harmaanruskea - savukvartsi
  - puhtaanvalkoinen - lumikvartsi
  - lasinkirkas - vuorikide
- kovuus 7
- $d = 2,6$
- (- asu rakeinen)
- ei lohkosuuntia, myös omamuotoisia kiteitä
- yleisimpiä kivimineraaleja
- käytetään puhtaana lasi-, posliini-, metallurgisen- ja kemianteollisuuden raaka-aineena

## 2. Plagioklaasi $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ albiitti

### $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ anortiitti

- kiilto lasimainen
- väri harmaa, punertava, vihertävä, musta; vaihtelee koostumuksen mukaan:
  - albiitti(Na-)rikkaat vaaleampia
  - anortiitti(Ca-)rikkaat tummempia
- kovuus 6;  $d = 2,6$
- asu rakeinen
- kaksi kohtisuoraa lohkosuuntaa
- lohkopinnoilla tiheä viirukkeisuus, ns. kaksoisviirukkeisuus, jonka huomaa, kun heijastaa valoa lohkopinnalta
- yleisin kivimineraali, esiintyy lähes kaikissa kivissä
- korukivenä käytetty spektroliitti (loistaa spektrin väreissä) on anortiittirikasta plagioklaasia; sitä louhitaan Ylämaalta

## 3. Kalimaasälpä $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$

- punertava tai harmaa
- kovuus 6;  $d = 2,6$
- asu rakeinen
- kaksi kohtisuoraa lohkosuuntaa
- Erikoistuntonmerkkinä ovat ns. pertiittijuomut, jotka ovat vaaleita loivasti mutkittelevia raitoja tai rihmoja. Ne näkyvät tasaisilla lohkopinnoilla. Koostumukseltaan juomut ovat plagioklaasin Na-komponenttia (albiittia).