

G4021 Magmatická a metamorfní petrologie

3. Anatexe a metamorfóza křemen-živcových hornin

Opakování

Facie	metamorfní asociace metabazitu
<i>nízkotlaké (LP) :</i>	
zeolitová	Laumontit, analcim, heulandit, wairakit. Hojné relikt minerálů.
albit-epidotických rohovců	Albit + epidot + aktinolit + chlorit. Aktinolit + oligoklas.
amfibolických rohovců	Hornblend + plagioklas ± cummingtonit.
pyroxenických rohovců	Klinopyroxen + ortopyroxen + plagioklas ± olivín ± hornblend.
sanidinitová	V metabazitech asociace není dobře definována.
<i>střednětlaké (MP) :</i>	
prehnit-pumpellyitová	Prehnit + pumpellyit ± chlorit ± albit ± epidot (nížeteplotní zóna). Pumpellyit + aktinolit (výšeteplotní zóna). Lawsonit + albit (rel. výšetlaká zóna).
zelených břidlic	Aktinolit + epidot ± albit ± chlorit ± stilpnomelan (nížeteplotní zóna). Hornblend ± aktinolit + albit + chlorit + epidot ± granát (výšeteplotní zóna).
amfibolitová	Hornblend + plagioklas ± epidot ± granát.
granulitová	Ortopyroxen + klinopyroxen + plagioklas ± olivín ± hornblend (nízký tlak). Granát + klinopyroxen + ortopyroxen + plagioklas ± hornblend (střední tlak). Granát + klinopyroxen + křemen + plagioklas ± hornblend (vysoký tlak).
<i>vysokotlaké (HP) :</i>	
modrých (glaukofanických) břidlic	Glaukofan + lawsonit.
eklogitová	Omfacit + granát. Chybí plagioklas a lawsonit.

- *1. Anatexe (natavení)*
- *2. Dehydratační tavení (fluid-absent melting)*
- *3. Migmatity*
- *4. Křemenoživcové horniny*

1. Anatexe (natavení)

- proces na rozhraní magmatických a metamorfních procesů
- reakce produkující novou fází – taveninu
- začátek tavení, množství a složení taveniny závisí na:
 - a) složení protolitu
 - b) P, T podmínkách
 - c) obsahu a složení fluid (water-saturated vs. fluid-absent)
- k natavení dochází (roztavení) hornin různých typů (magmatických, metamorfovaných) v různých úrovních zemské kůry i v plášti
- migmatity – nedojde ke segregaci taveniny, magmatity – tavenina oddělena od protolitu
- dochází k zásadní redistribuci chemických prvků, hlavních i stopových, a tak k diferenciaci v zemské kůře.

2) Dehydratační tavení (dehydration či fluid-absent melting)

- přítomnost, množství a složení fluidní fáze (H₂O, CO₂, F, B aj.) ovlivňuje množství a složení taveniny a také PT podmínky tavení
- nejnižší T tavení – vodou nasycený granit (625°C/5 kbar)
- dehydratační tavení obecného amfibolu u mafických hornin začíná při T cca 825°-850°C
- v běžných horninách (T ~ amfibolitová facie) množství volné vody v hornině nízké
- tavení začíná až za T kdy se rozpadá nějaký vodnatý minerál (slídy, amfiboly) = dehydratační tavení

Metapelity

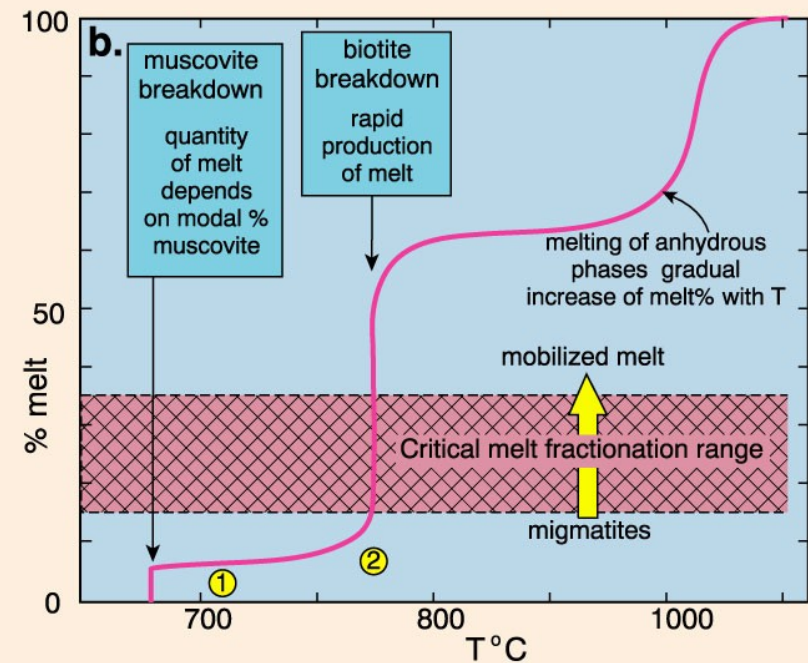
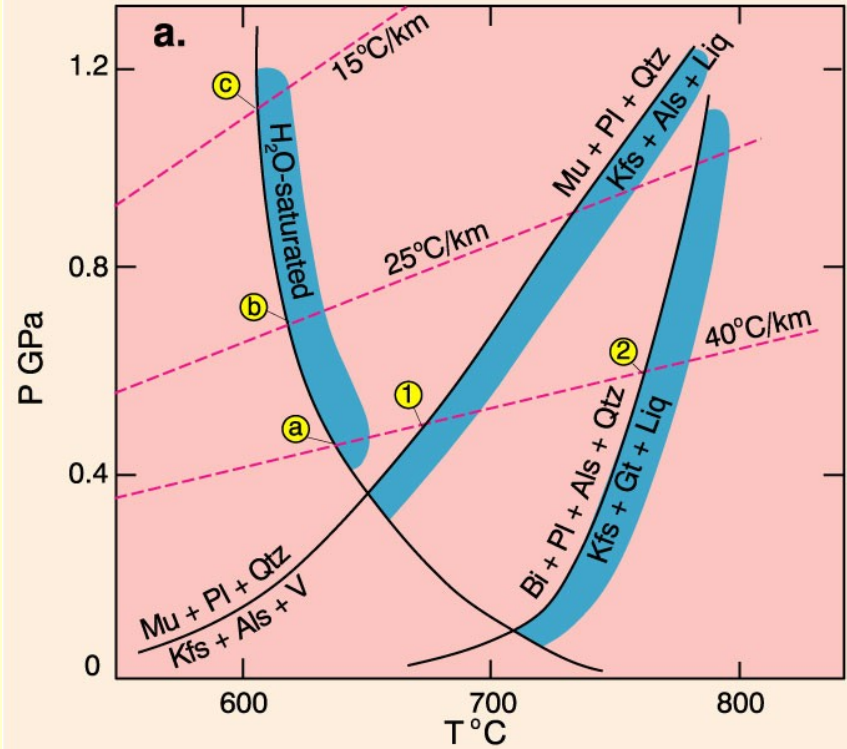
A) tavení hornin s muskovitem (+křemen)

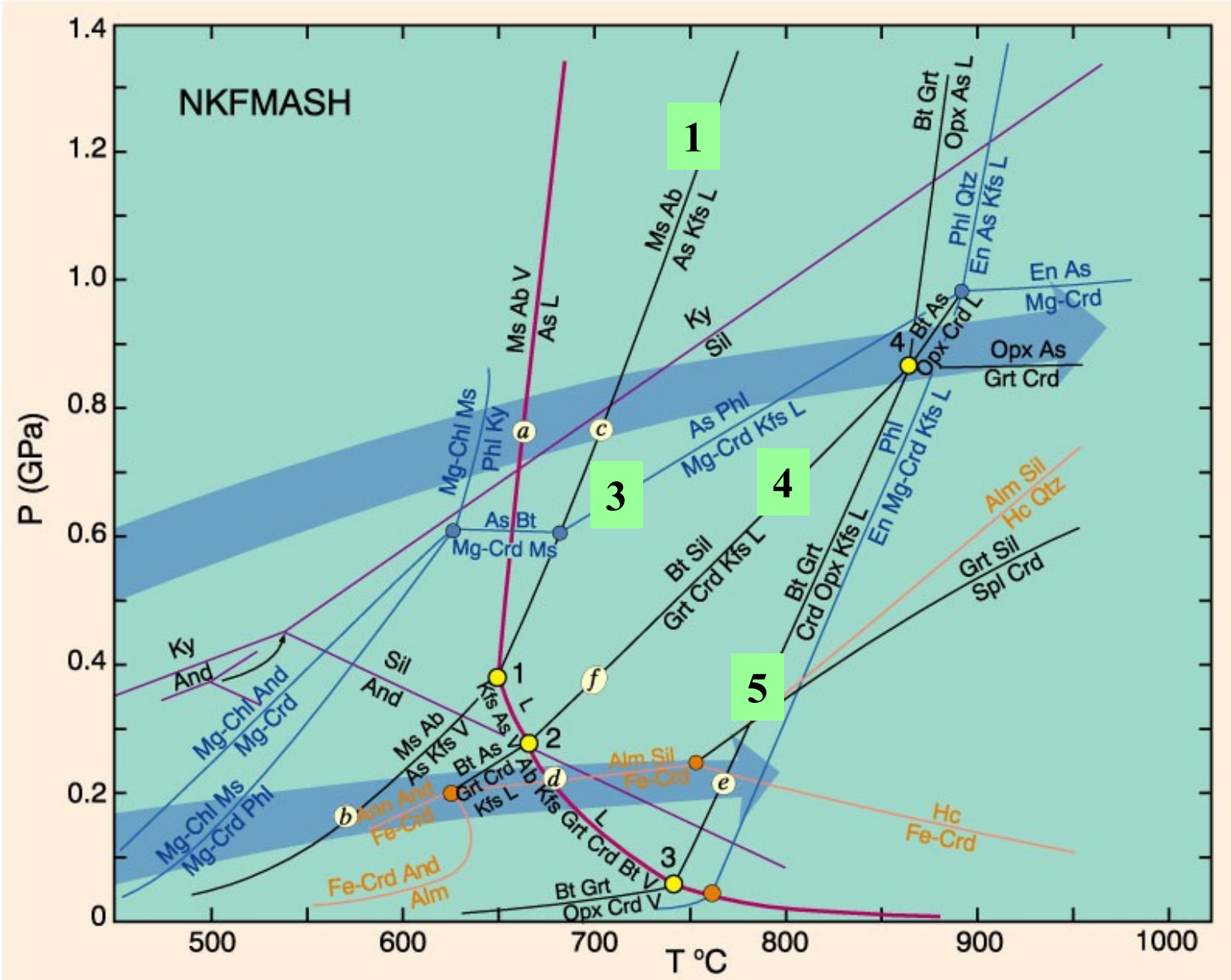
- muskovitické ruly a popř. svory, křemen-živcové horniny
- probíhá za T cca 650°C ($P \geq 4$ kbar)
- při dehydratačním tavení Ms je produkován s taveninou granitoidního složení Kfs + Al-silikát
- horniny s muskovitem se taví za nízkých teplot, ale produkují jen malé množství taveniny

B) tavení hornin s biotitem (+křemen+plagioklas)

- různé typy biotitických rul a metadrob
- probíhá od T cca 800°C ($P \geq 5$ kbar)
- při dehydratačním tavení biotitu je produkován s taveninou Kfs + Opx, za vyšších tlaků Grt
- dehydratační tavení biotitu je velmi efektivní pro vznik taveniny především pro velké rozšíření biotitu v horninách zemské kůry
- začátek tavení, množství taveniny a její složení jsou závislé na složení protolitu (např. obsah Na₂O, CaO, poměr Fe/Mg)
- horniny s biotitem se taví za vyšší teploty než horniny s muskovitem, a může být produkováno i více než 50% taveniny

- *Dehydratační tavení muskovitu*
- KASH: muskovit + plagioklas + křemen = K-živec + Al_2SiO_5 + tav. (1)
- *Dehydratační tavení biotitu*
- KFMASH: biotit + plagioklas + sillimanit + křemen = granát + K-živec + tav. (2)
- KMASH: flogopit + sillimanit = Mg-cordierit + K-živec + tav. (3)
- KFMASH: biotit + sillimanit = granát + cordierit + K-živec + tav. (4)
- KFMASH: biotit = ortopyroxen + K-živec + tav.
- KFMASH: biotit + granát = ortopyroxen + K-živec + cordierit + tav. (5)





PT mřížka pro horniny vzniklé za vysokých teplot ukazuje vybrané dehydratační reakce a reakce produkující taveninu v systému Na₂O-K₂O-FeO-MgO-Al₂O₃-SiO₂-H₂O (NKFMASH), KFMASH (oranžové) a KMASH (modré). Al₂SiO₅ trojný bod je 550°C a 0.45 GPa Pattison (1992). V = H₂O fluidní fáze (Spear *et al.* 1999).

Mafické horniny

- tavení hornin s amfibolem (+křemen+plagioklas)
- amfibolity, různé typy metabazitů
- rozpad (dehydratační tavení) obecného amfibolu začíná při T cca 825°-850°C (vliv složení Hb a Pl)
- spolu s taveninou tonalitového složení je produkován Cpx, Opx a akcesorie (Ilm, Spl, Ttn)
- Dehydratační tavení amfibolitů začíná za vyšších teplot než u hornin s biotitem, pod 10 kbar za teplot kolem 850 °C.

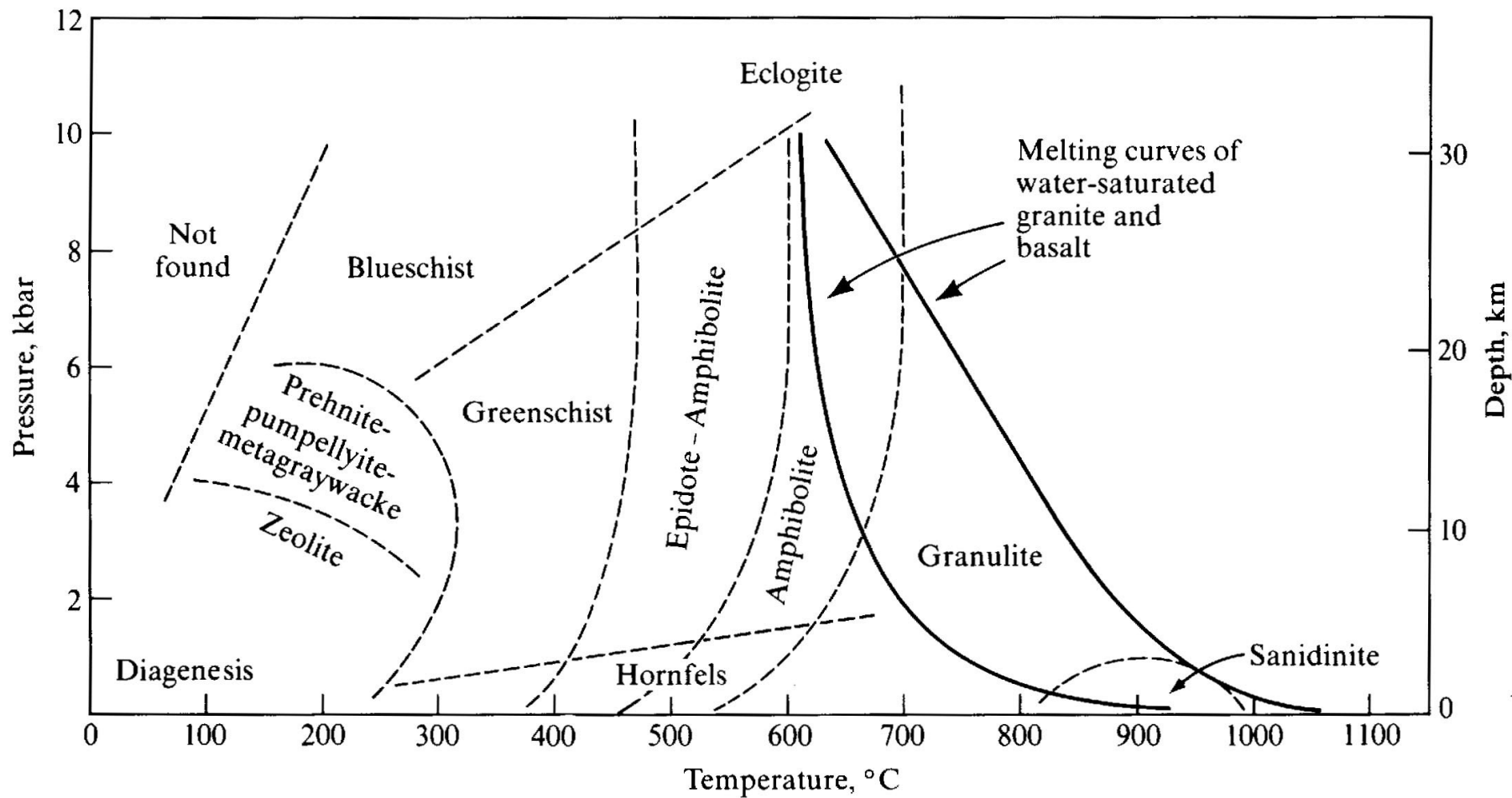


Figure 18-1

The metamorphic facies plotted as a function of pressure and temperature (from various sources). The hornfels facies is occasionally subdivided into pyroxene hornfels, hornblende hornfels, and albite-epidote hornfels. Hornfels facies rocks are distinguished from higher-pressure facies mainly on the basis of texture. Compare Figure 17-9 for the relationships between general types of metamorphism and facies. [The melting curves for water-saturated granites and basalts are from W. C. Luth, R. H. Jahns, and O. F. Tuttle, 1964, *Jour. Geophys. Res.*, 69, Fig. 1; and H. S. Yoder, Jr., and C. E. Tilley, 1962, *Jour. Petrology*, 3, Fig. 33.]

Migmatity

- Migmatity jsou horniny s určitým množstvím vykrystalované taveniny - nedošlo k segregaci taveniny od restitu

důležité termíny:

- 1) leukosom: tavenina (pelity: Qtz + Pl + Kfs + slídy)
- 2) melanosom (restit): hornina ochuzená o taveninu (pelity: Grt + Bt + Sil + Pl + Qtz + Cdr).

texturní klasifikace dle podílu vyprodukované taveniny vůči netavenému zbytku:

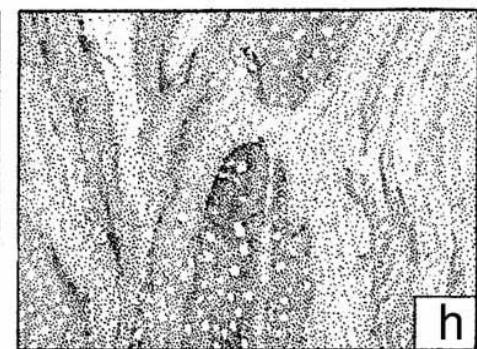
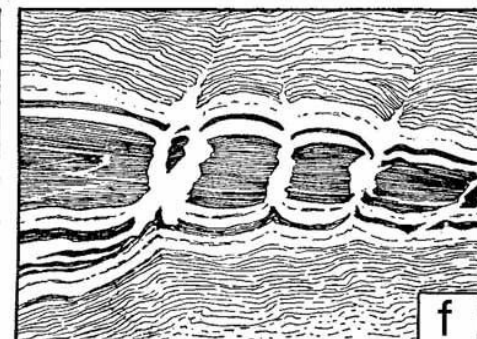
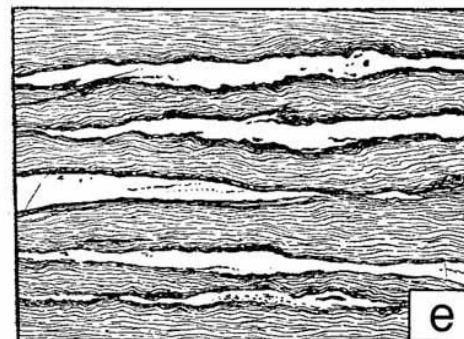
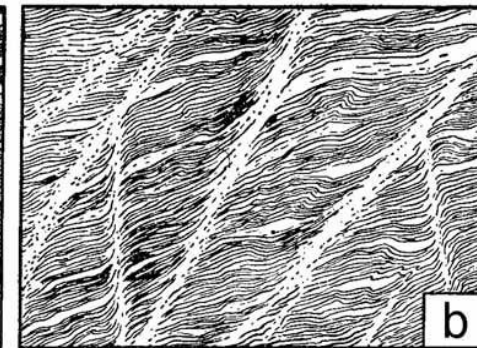
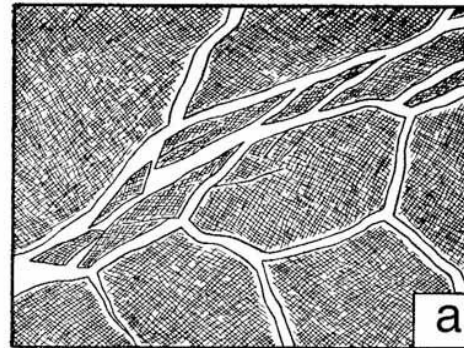
- ofthalmity = bez segregace taveniny, malé množství taveniny
- stromatity = oddělení leukosomu od mesosomu a melanosomu, ca 20-40% taveniny
- agmatity = ostrohranné bloky mezi taveninou
- nebulity = uvolnění taveniny, 40-80% taveniny
- Existují také migmatity injekční, tj. tavenina nebyla vytavena z okolní horniny ale přinesena z okolí a intrudovala podle reologicky oslabených zón do protolitu. Rozlišení obou typů může být velmi komplikované

Pozn. Migmatity patří mezi chorizmity: chorizmit (Huber, 1942): negenetický název pro smíšené horniny (můžeme odlišit dvě nebo více složek).

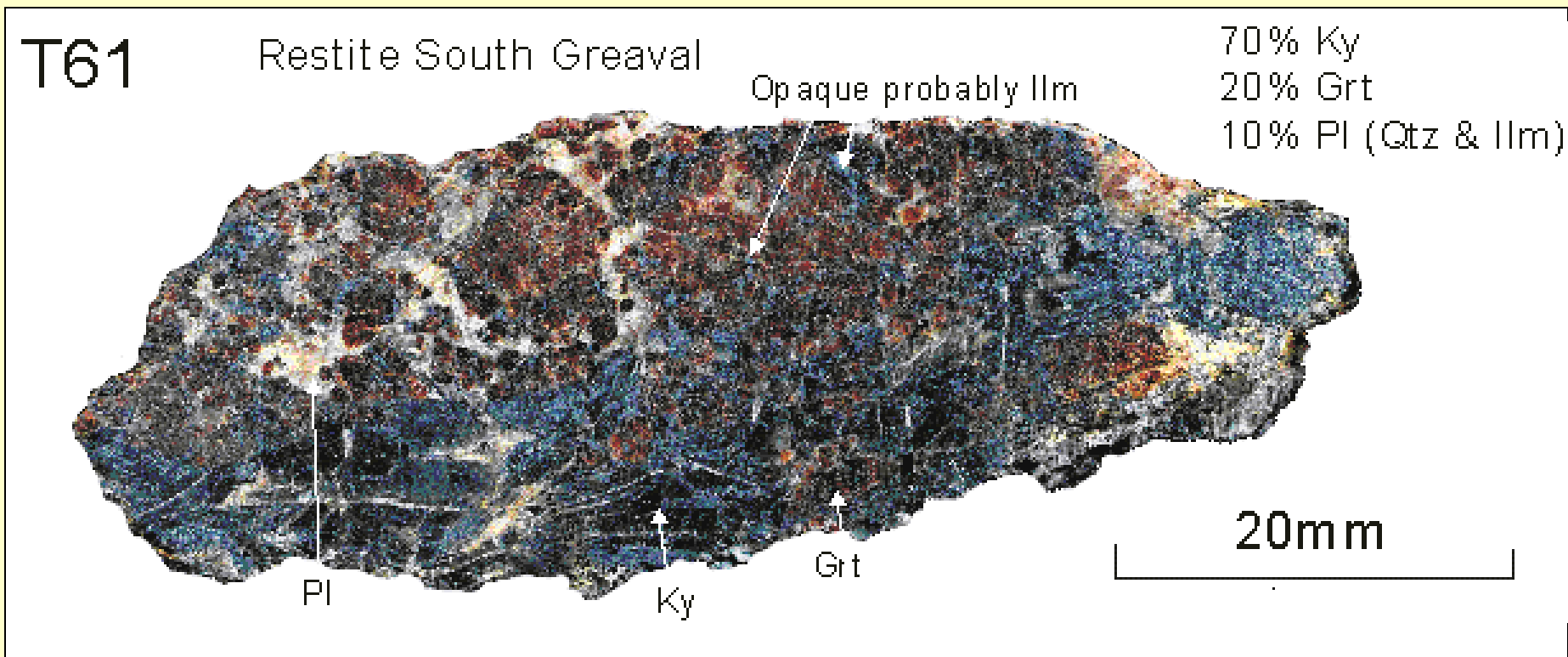
Texturní typy migmatitů

- a.** Agmatit (Breccia structure): ostrohrannné úlomky melanosomu tmelené leukosomem .
 - b.** Diktyonity (Net-like structure): leukosom tvoří rozvětvenou síť žilek .
 - c.** Agmatit s převahou leukosomu (Raft-like structure).
 - d.** Migmatit s ptygmatickými žilkami - žilky silně zprohýbané.
 - e.** Stomatit (Stromatic structure) střídají se pásy leukosomu a melanosomu a pásy probíhají více méně rovně.
 - f.** Dilation structure.
 - g.** Stomatit s převahou leukosomu (Schleiren structure).
 - h.** Nebulitický migmatit (Nebulitic structure): melanosom tvoří rozplývavé skvrny v leukosomu.
- Upraveno podle knihy: Mehnert (1968) Migmatites and the Origin of Granitic Rocks. Elsevier.*

Často se ještě vyčleňují oftalmity (perlové ruly) charakterizované čočkovitými agragáty leukosomu nebo porfyroblasty živců.



Jestliže dojde k oddělení taveniny od mohou vznikat horniny označované jako restity.



Křemenoživcové horniny

- systém: $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O-Na}_2\text{O-CaO-H}_2\text{O}$ (KASH, KNASH, KCNASH)
- metamorfované a deformované granitoidy \Rightarrow ortoruly \Rightarrow kyselé granulity
- **1) ortoruly**
- minerální asociace: křemen-draselný živec-plagioklas-biotit-muskovit granát
- akcesorie: apatit, zirkon
- **2) kyselé granulity(granulitová facie)**
- minerální asociace: granát - alumosilikát (Sil/Ky) - draselný živec - křemen - plagioklas
- draselný živec je pertitický (odmíšeniny Pl v Kfs) \Rightarrow ternární živec (vysokoteplotní)
- podřízené – muskovit, biotit (větš. sekundární) \Rightarrow s rostoucím množstvím biotitu – granulitová rula
- akcesorie: zirkon, monazit, rutil, ilmenit
- textura: všesměrná, páskovaná
- struktura: porfyroblasty granátu popř. kyanitu, granoblastická někdy deformovaná základní hmota (diskovité křemeny, jemnozrnná rekrystalovaná základní hmota)
- reakce: biotitizace granátu (přínos vody, klesá teplota)
 - pseudomorfózy sillimanitu po kyanitu (pokles tlaku)
 - lemy spinelu (hercynitu) kolem kyanitu
 - sericitizace živců (přínos vody, pokles teploty)



Granit

Převážně se mění
stavba horniny a
minerální asociace
zůstává zachována



Ortorula

Mění se stavba a
minerální asociace
horniny



Granulit