

Metamorfni petrologie II

1. Metamorfóza metapelitů

- *1. Celkové chemické složení horniny (zjednodušené)*
- *2. Pelitické sedimenty*
- *3. Diageneze*
- *4. Prográdní metamorfóza pelitů za středních tlaků*
- *5. Vysokotlaká metamorfóza pelitů*
- *6. Kontaktní metamorfóza pelitů*

1. Celkové chemické složení horniny (zjednodušené)

- kvarcity SiO_2
- křemen-živcové horniny $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O-Na}_2\text{O-CaO-H}_2\text{O}$
- metapelity $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O-MgO-FeO-H}_2\text{O}$
- metabazity $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O-MgO-FeO-H}_2\text{O}$
- vápenatosilikátové horniny $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O-CaO-MgO-H}_2\text{O}$
- metakarbonáty $\text{MgO-CaO-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$
- křemité dolomity $\text{MgO-CaO-SiO}_2\text{-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$
- ultramafity $\text{SiO}_2\text{-MgO-CaO-CO}_2\text{-H}_2\text{O}$

jiné chemické systémy (méně časté)

- cordierit-antofylitové horniny $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-MgO-FeO-H}_2\text{O}$
- železná formace $\text{SiO}_2\text{-FeO-Fe}_2\text{O}_3\text{-H}_2\text{O}$
- manganolity, smirky

jiná označení chemických systémů:

- křemen-živcové horniny NASH, CASH a CKNASH
- metapelity KMASH, KFASH a KFMASH
- ultramafity MS-H₂O-CO₂, CMS-H₂O-CO₂

2. Pelitické sedimenty

Původní hornina pelit (jílovec a jílové břidlice):

- kaolín, smektity, illit, chlorit, příměs muskovitu, křemene, organických látek, hematitu, limonitu, pyritu, karbonátů
- $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O-MgO-FeO-H}_2\text{O}$
- Chemický systém **KMASH, KFASH a KFMASH**

Table 28-1. Chemical Compositions* of Shales and Metapelites

	1	2	3	4	5
SiO ₂	64.7	64.0	61.5	65.9	56.3
TiO ₂	0.80	0.81	0.87	0.92	1.05
Al ₂ O ₃	17.0	18.1	18.6	19.1	20.2
MgO	2.82	2.85	3.81	2.30	3.23
FeO	5.69	7.03	10.0	6.86	8.38
MnO	0.25	0.10			0.18
CaO	3.50	1.54	0.81	0.17	1.59
Na ₂ O	1.13	1.64	1.46	0.85	1.86
K ₂ O	3.96	3.86	3.02	3.88	4.15
P ₂ O ₅	0.15	0.15			
Total	100.00	100.08	100.07	99.98	96.94

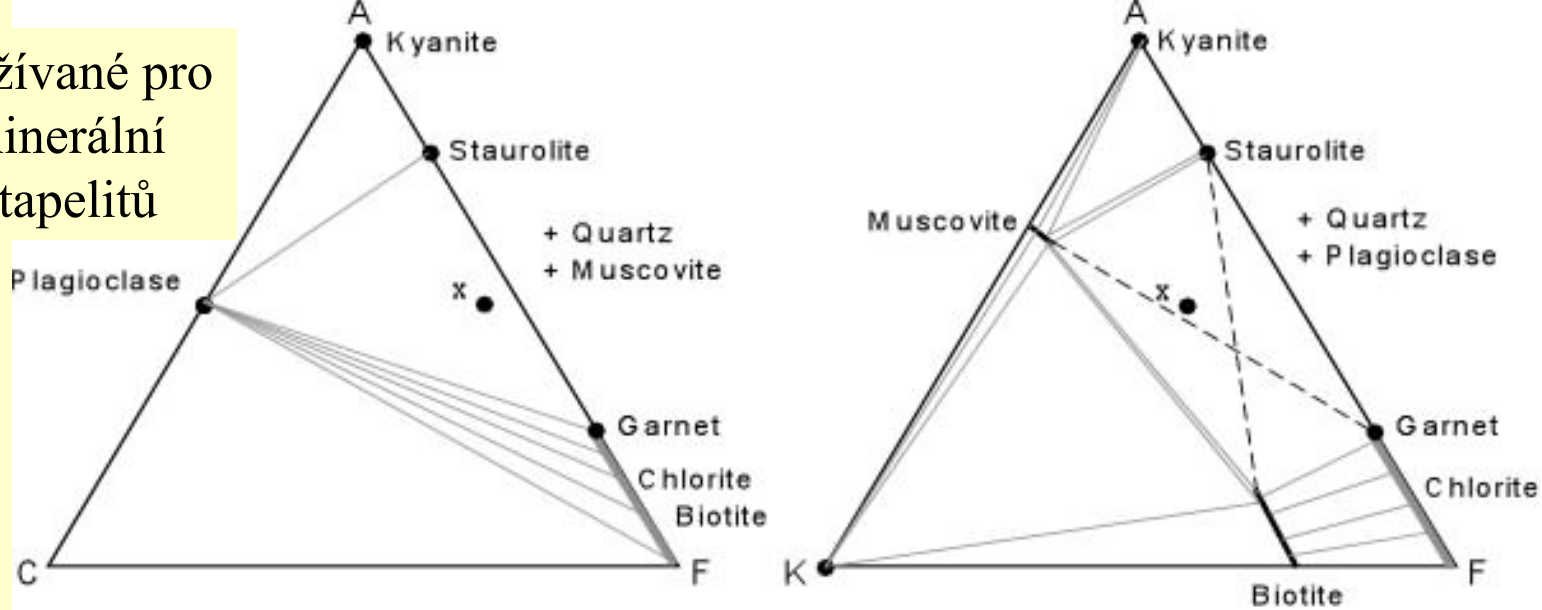
* Reported on a volatile-free basis (normalized to 100%) to aid comparison.

1. "North American Shale Composite". Gromet *et al.* (1984). 2. Average of ~100 published shale and slate analyses (Ague, 1991). 3. Ave. pelite-pelagic clay (Carmichael, 1989). 4. Ave. of low-grade pelitic rocks, Littleton Fm, N.H. (Shaw, 1956). 5. Ave. of

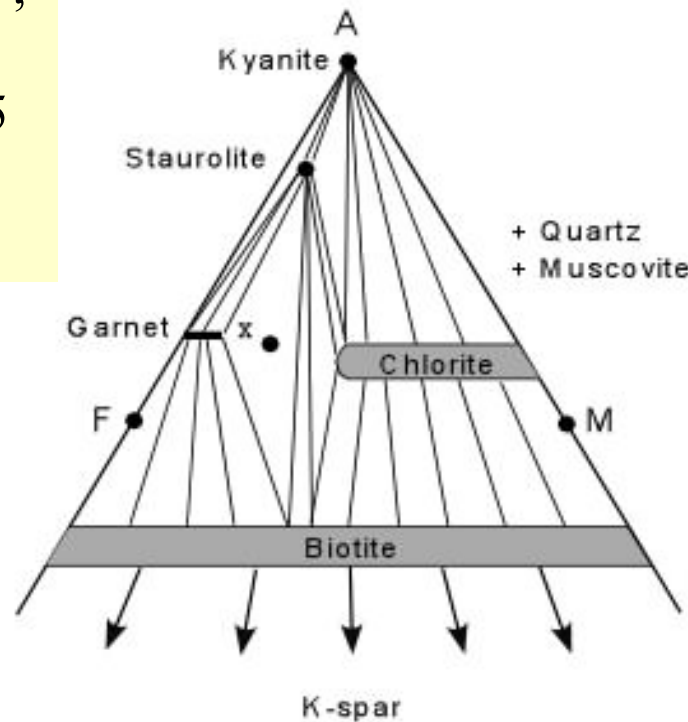


jílová břidlice

Diagramy používané pro prezentaci minerální asociace metapelitů



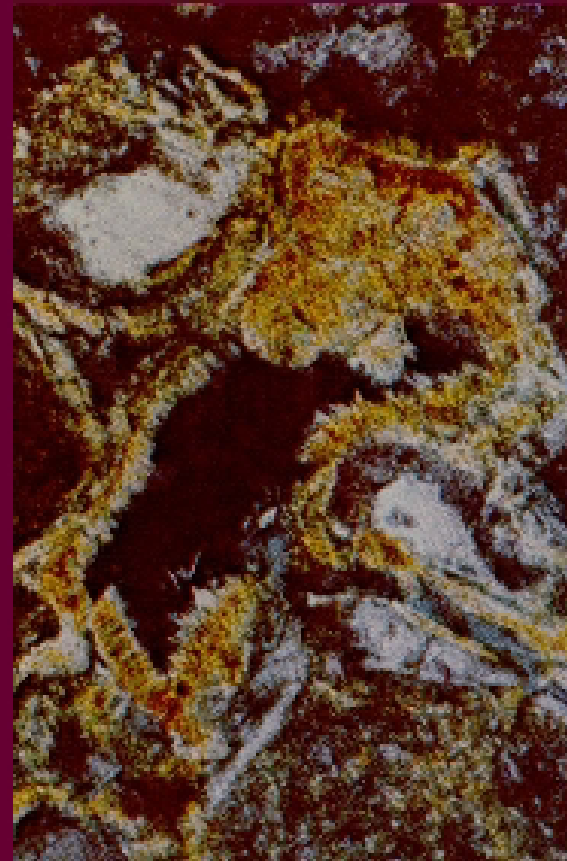
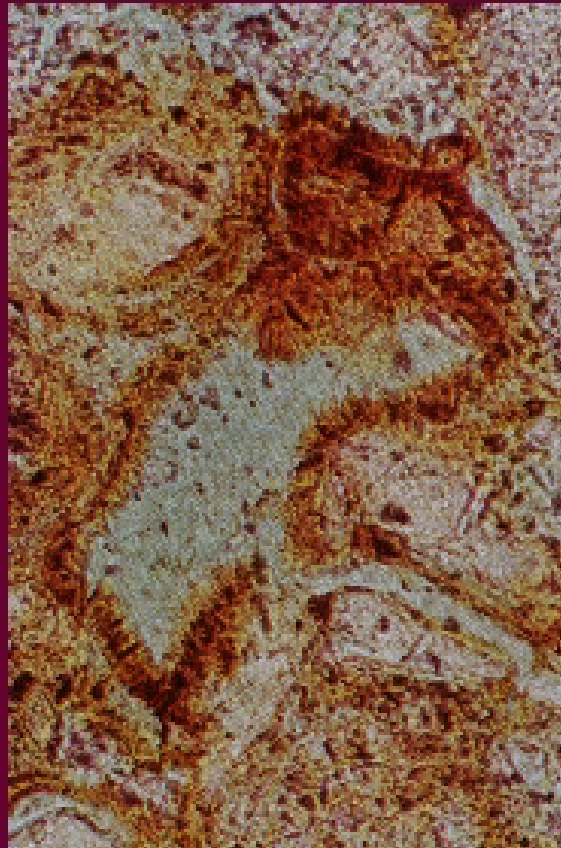
Typický pelit: (SiO_2 55-60 % , Al_2O_3 15-20 wt%, K_2O 2-5 wt%, FeO 2-5 wt%, MgO 2-5 wt% a krystalochemicky vázaná voda - H_2O 4-6 wt%)



3. Diagenese

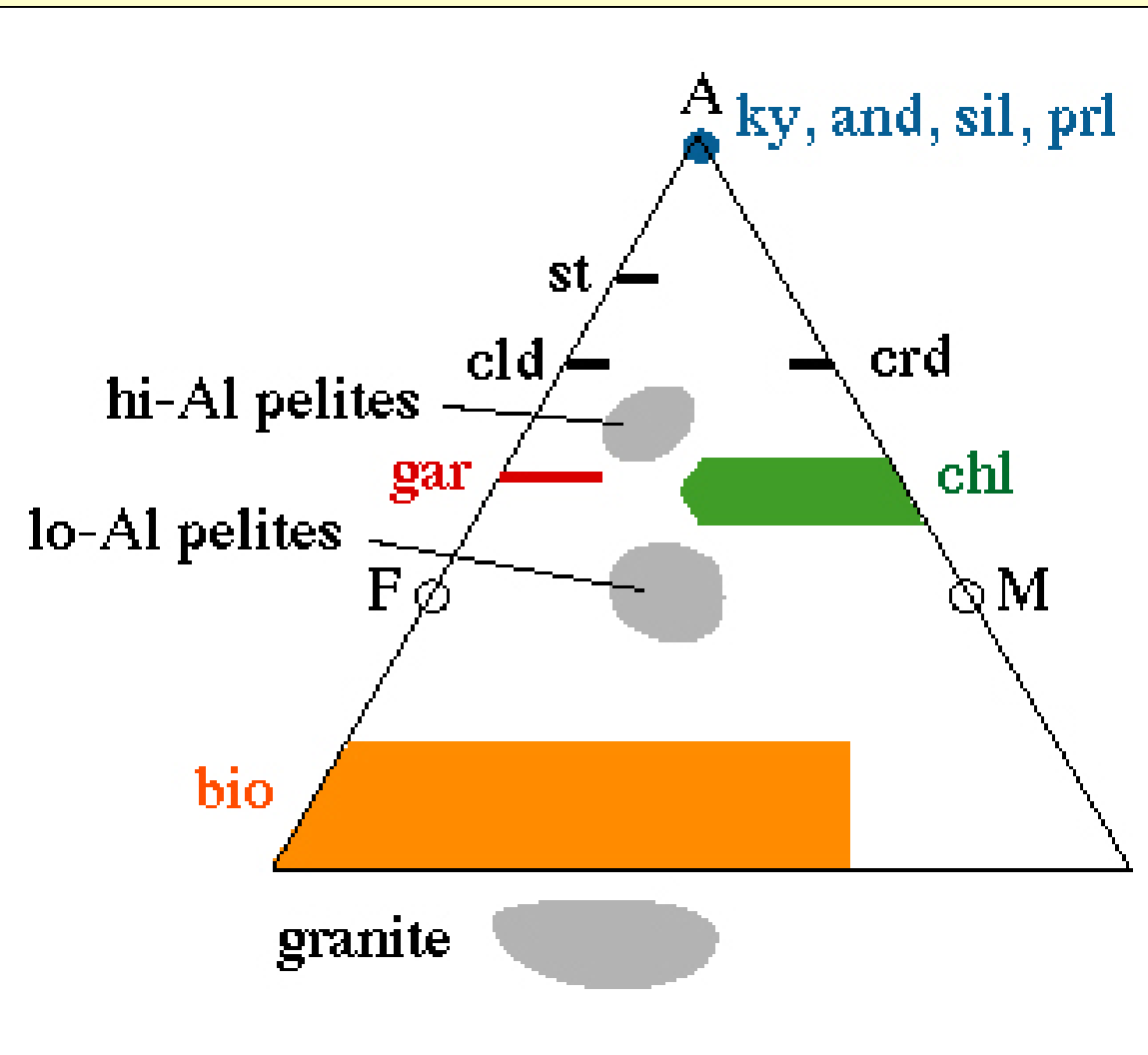
- během diagenese se snižuje porozita (z počátku až 50%) a z horniny je vytlačována voda
- jílové minerály se mění na illit a chlorit
- s rostoucí teplotou roste krystalinita illitu
- organické látky prochází celou řadou přeměn a na konci tohoto procesu zůstává pouze grafit
- za počátek metamorfózy se obvykle považuje 200°C (hloubka kolem 6 km) → Jílové břidlice (illit, muskovit, chlorit, křemen, draselné živce, albit, sulfidy, hematit, organická hmota)
- Illit se rozpadá na sericit (muskovit s výraznou *fengitovou* substitucí $\text{Si}^{\text{vi}}(\text{Fe},\text{Mg})^{\text{iv}}\text{Al}^{\text{vi}}_{-1}\text{Al}^{\text{iv}}_{-1}$).

Authigenic clay is perpendicular
to grain boundaries

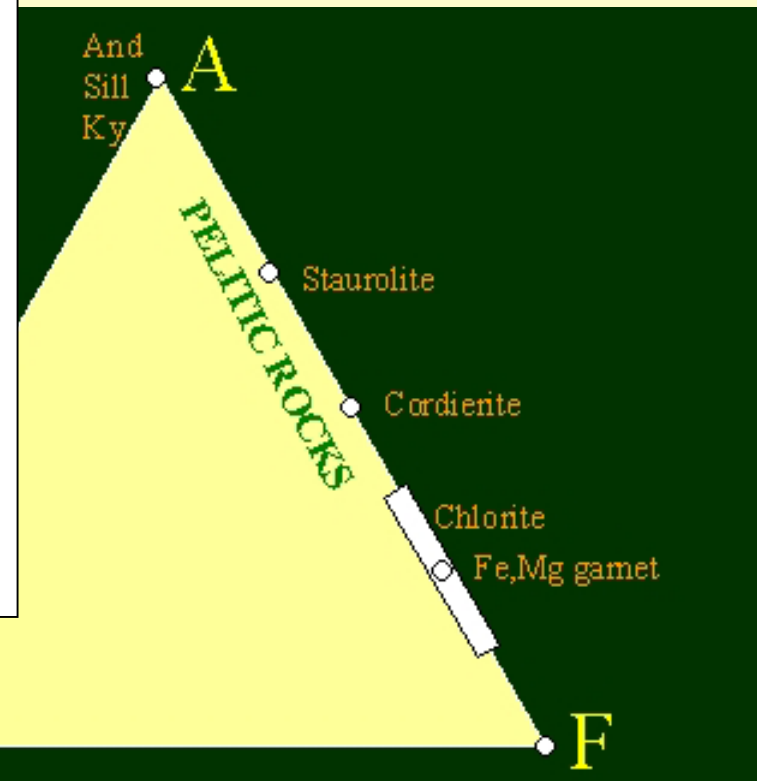


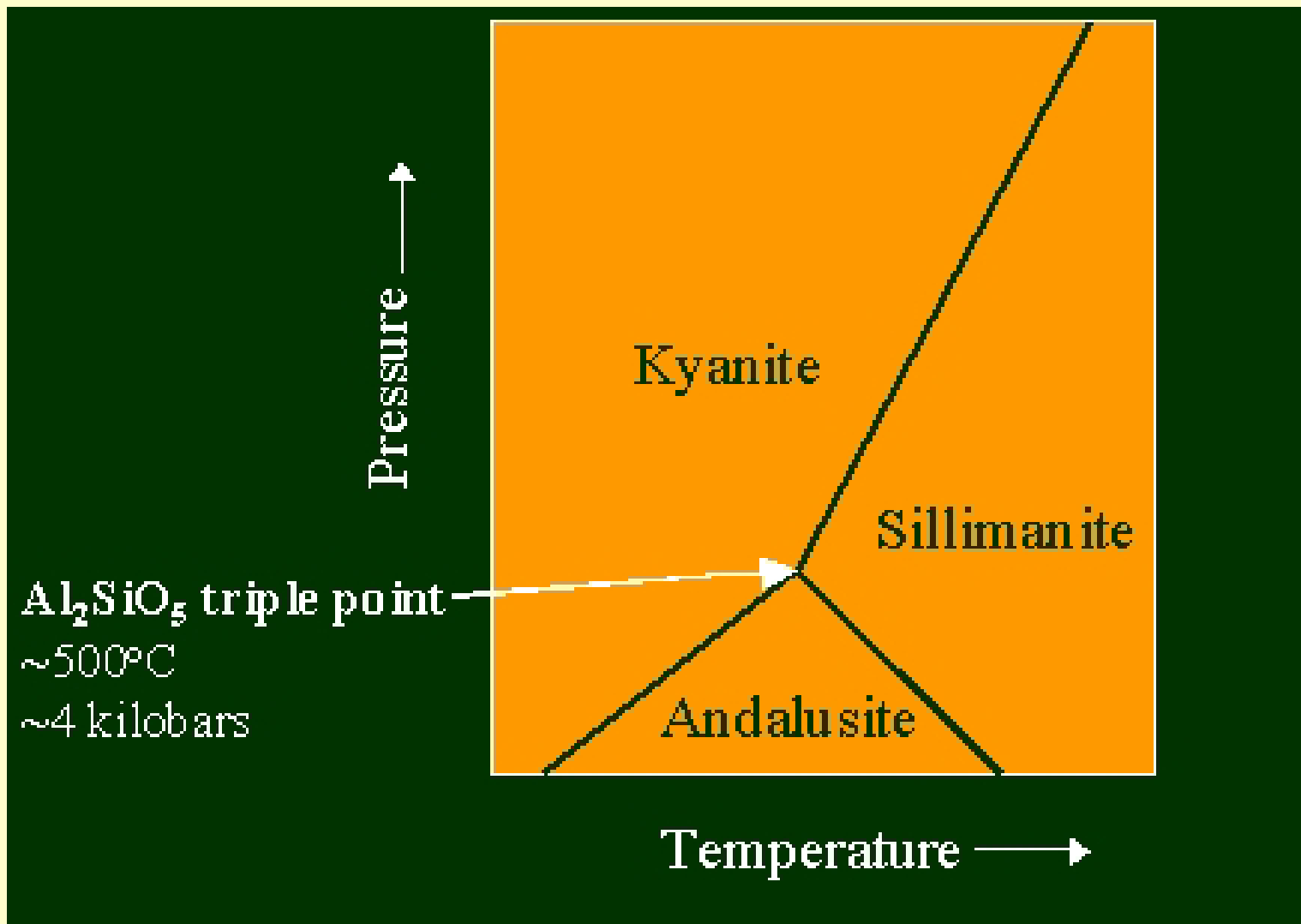
Fe-montmorillonite

4. Prográdní metamorfóza pelitů za středních tlaků

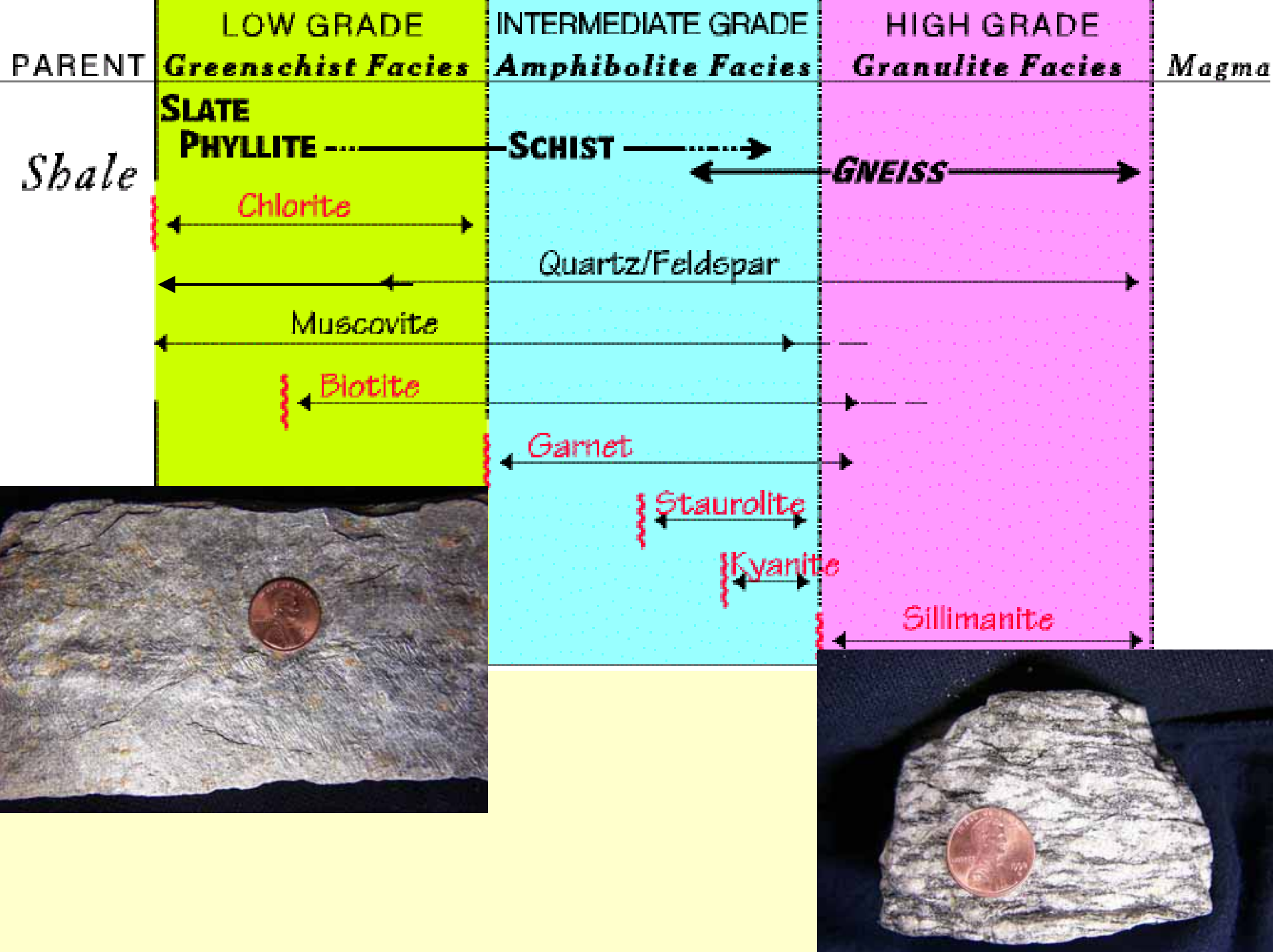


- Jíly 15-20 % Al₂O₃
- Granity 14 % Al₂O₃

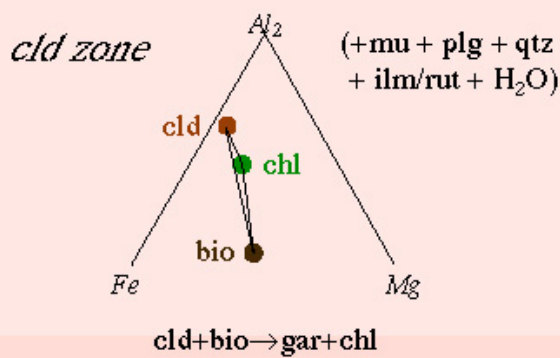




- andalusit \Rightarrow nízke P
- kyanit \Rightarrow vysoké P
- sillimanit \Rightarrow vysoké T



- **muskovit** (Mu) : $K_2Al^{vi}_4(Al_2Si_6)^{iv}O_{20}(OH)_4$
substituce : $(Mg,Fe)SiAl^{iv}_{-1}Al^{vi}_{-1} > fengit$
- **chlorit** (Chl): $(Mg_5Al)^{vi}(AlSi_3)^{iv}O_{10}(OH)_8 > klinochlor,$
substituce : $FeMg_{-1} > chamosit, Al^{vi}Al^{iv}(Fe,Mg)_{-1}Si_{-1} >$
- **biotit** (Bt): $K_2Mg^{vi}_6(Al_2Si_6)^{iv}O_{20}(OH)_4 > flogopit$
substituce : $FeMg_{-1} > annit, Al^{vi}Al^{iv}Mg_{-1}Si_{-1} > eastonit$
- **granát** (Grt): $Mg_3Al_2Si_3O_{12} > pyrop$
substituce : $FeMg_{-1} > almandin, MnMg_{-1} > spessartin$
- **staurolit** (St): $Mg_2Al_9Si_4O_{22}(OH)_2,$
substituce : $FeMg_{-1}$
- **cordierit** (Cdr): $Mg_2Al_4Si_5O_{18}$
substituce: $FeMg_{-1}$
- **draselný živec** (Kfs); $KAlSi_3O_8$
- **plagioklas** (Pl): $NaAlSi_3O_8 > albit$
substituce : $CaAlNa_{-1}Si_{-1} > anortit$
- **andalusit** (And), **sillimanit** (Sill), a **kyanit** (Ky); $Al_2SiO_5,$
- **křemen** (Qtz): SiO_2
- **Ilmenit** (Ilm): $FeTiO_3$
- **Rutile** (Rt): TiO_2



chlorit $(Mg_5Al)^{vi} (AlSi_3)^{iv} O_{10} (OH)_8 \Rightarrow$ nízké T

biotit $K_2 (Mg,Fe)^{vi}_6 (Al_2Si_6)^{iv} O_{20} (OH)_4 \Rightarrow$ střední T

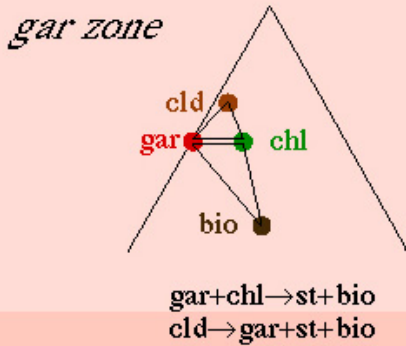
granát $(FeMgMnCa)_3 Al_2 Si_3 O_{12} \Rightarrow$ střední až vysoké T

staurolit $Mg_2 Al_9 Si_4 O_{22} (OH)_2 \Rightarrow$ střední až vysoké P

chloritoid $(Fe,Mg)_2 Al_4 Si_2 O_{10} (OH)_4 \Rightarrow$ střední až vysoké P

cordierit $(MgFe)_2 Al_4 Si_5 O_{18} \Rightarrow$ nízké P

paragonit $NaAl_2 [AlSi_3] O_{10} (OH)_2 \Rightarrow$ vysoké P



Barrovienské zony

minerály

chloritová zóna

chl + ms + qtz + H₂O + reliktní min.

biotitová zóna

chl + bt + ms + qtz + H₂O

granátová zóna

chl + bt + grt + ms + qtz + H₂O

staurolitová zóna

st + bt + grt + ms + qtz + H₂O

kyanitová zóna

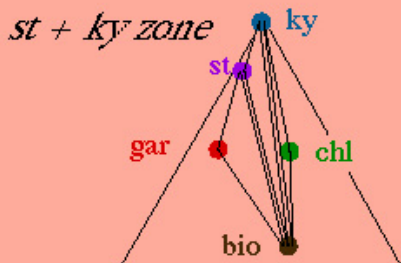
ky + bt + st + grt + ms + qtz + H₂O

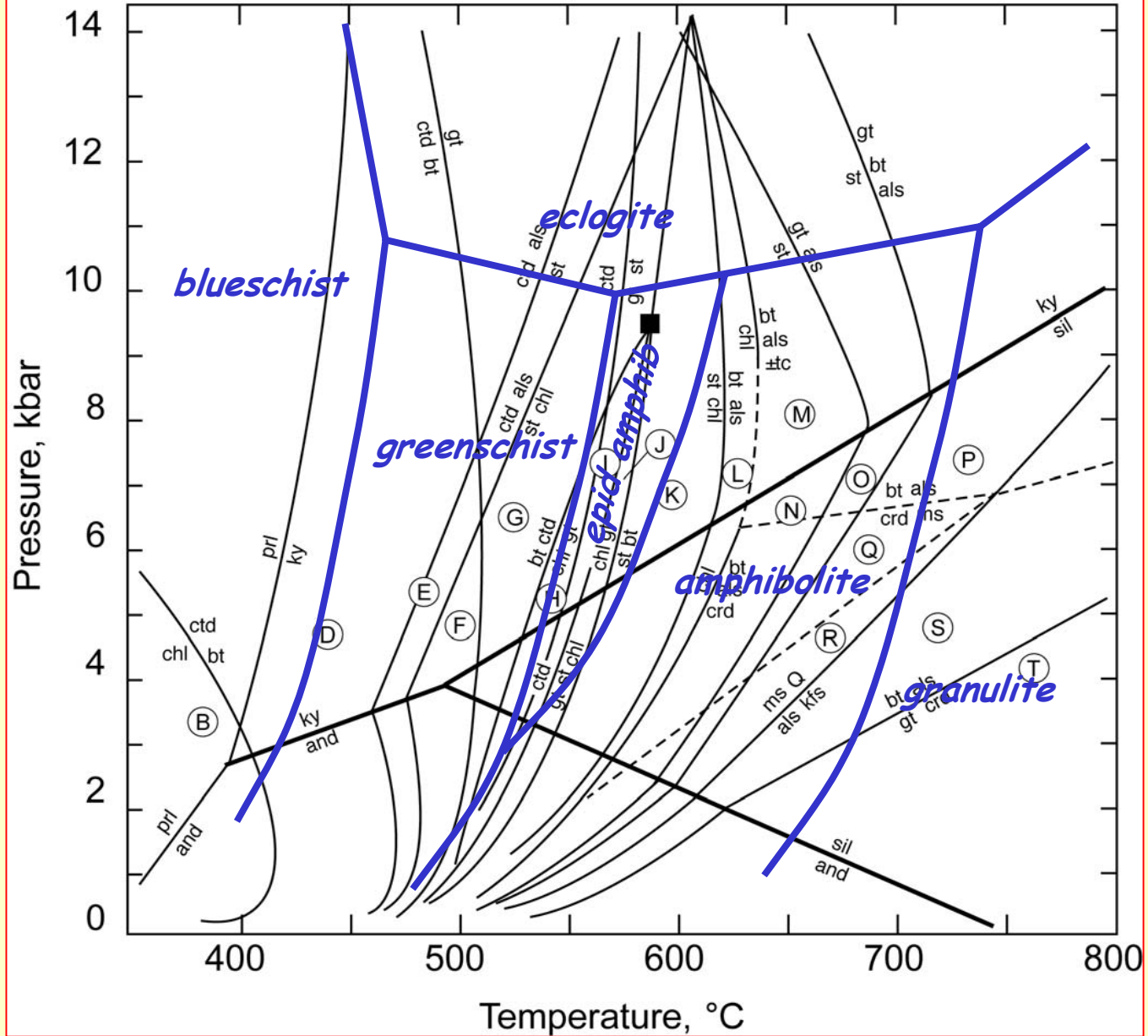
sillimanitová zóna

grt + bt + sil + ms + qtz + H₂O

druhá sillimanitová zóna

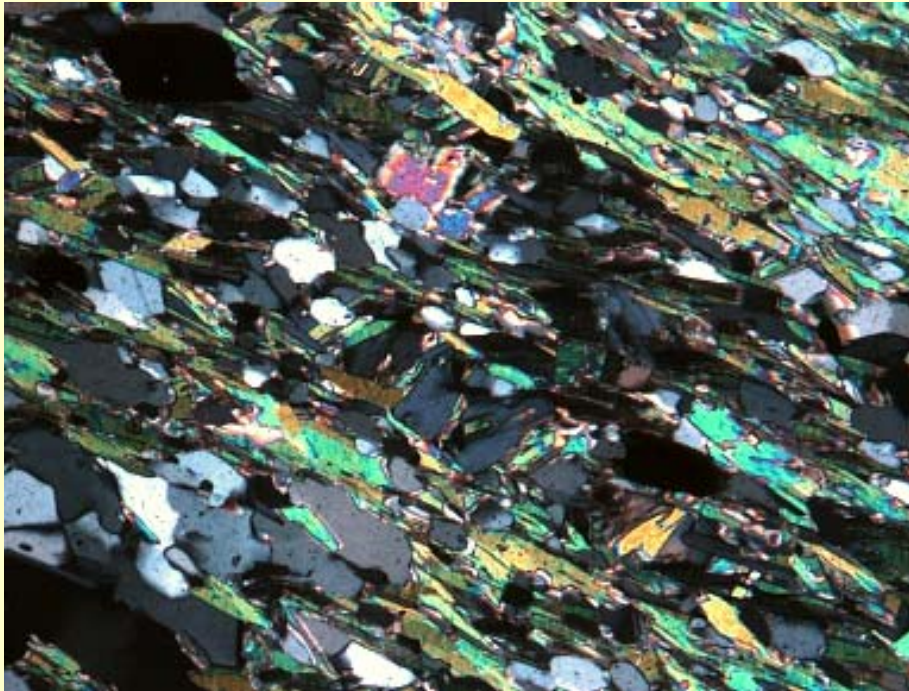
sil + or + qtz + H₂O + melt



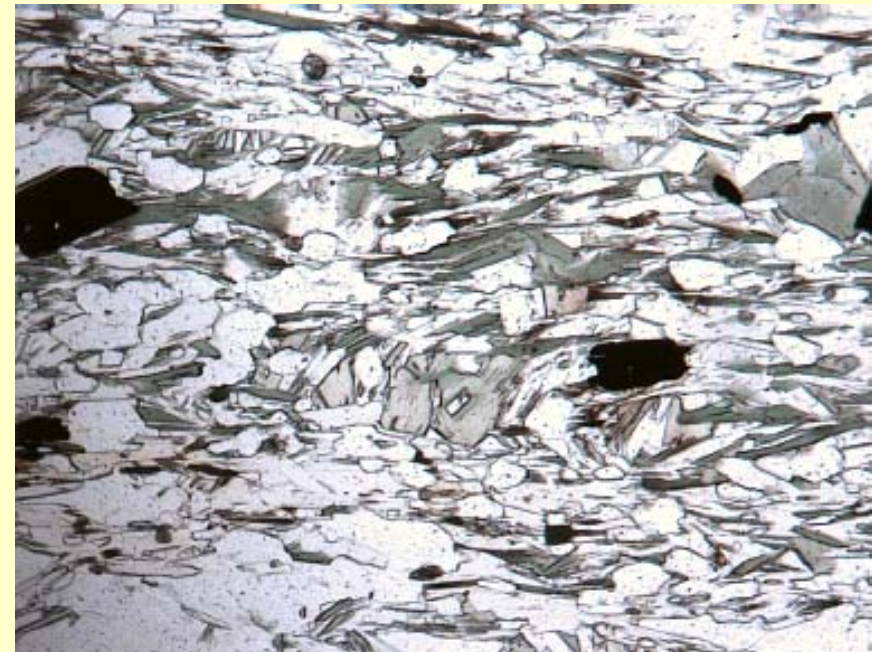
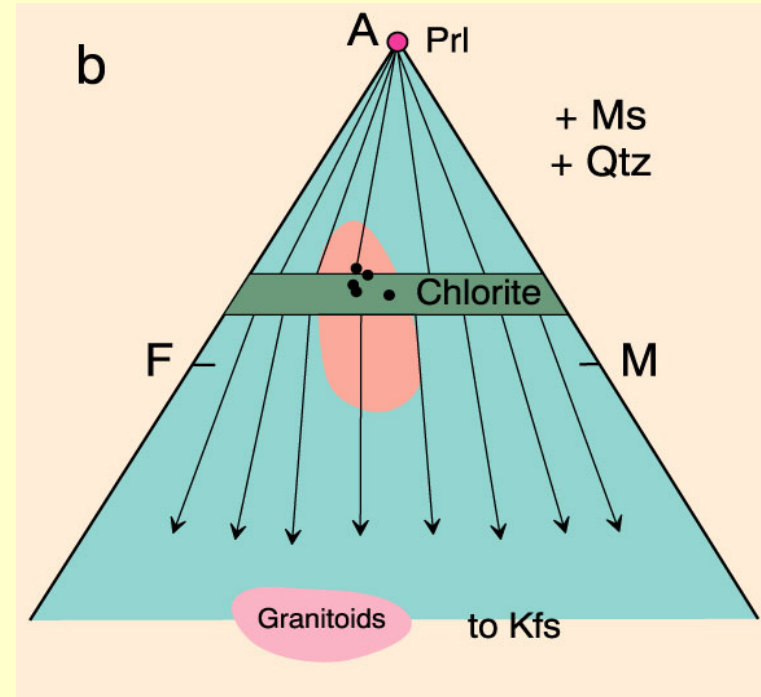


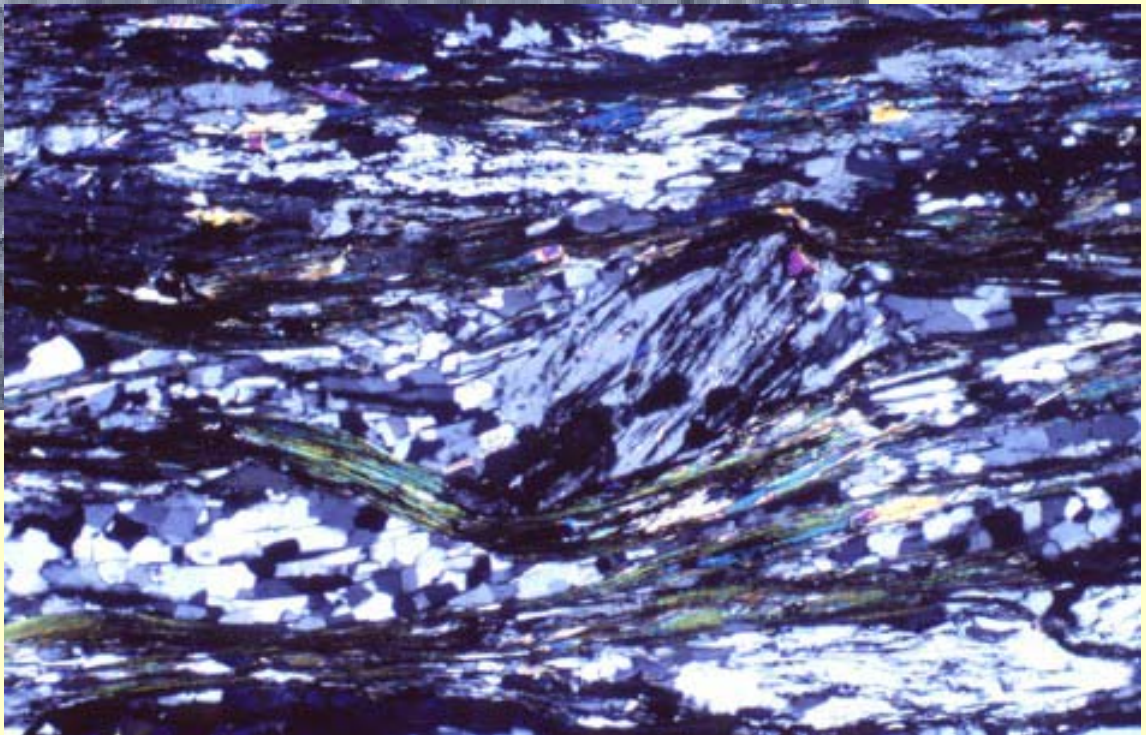
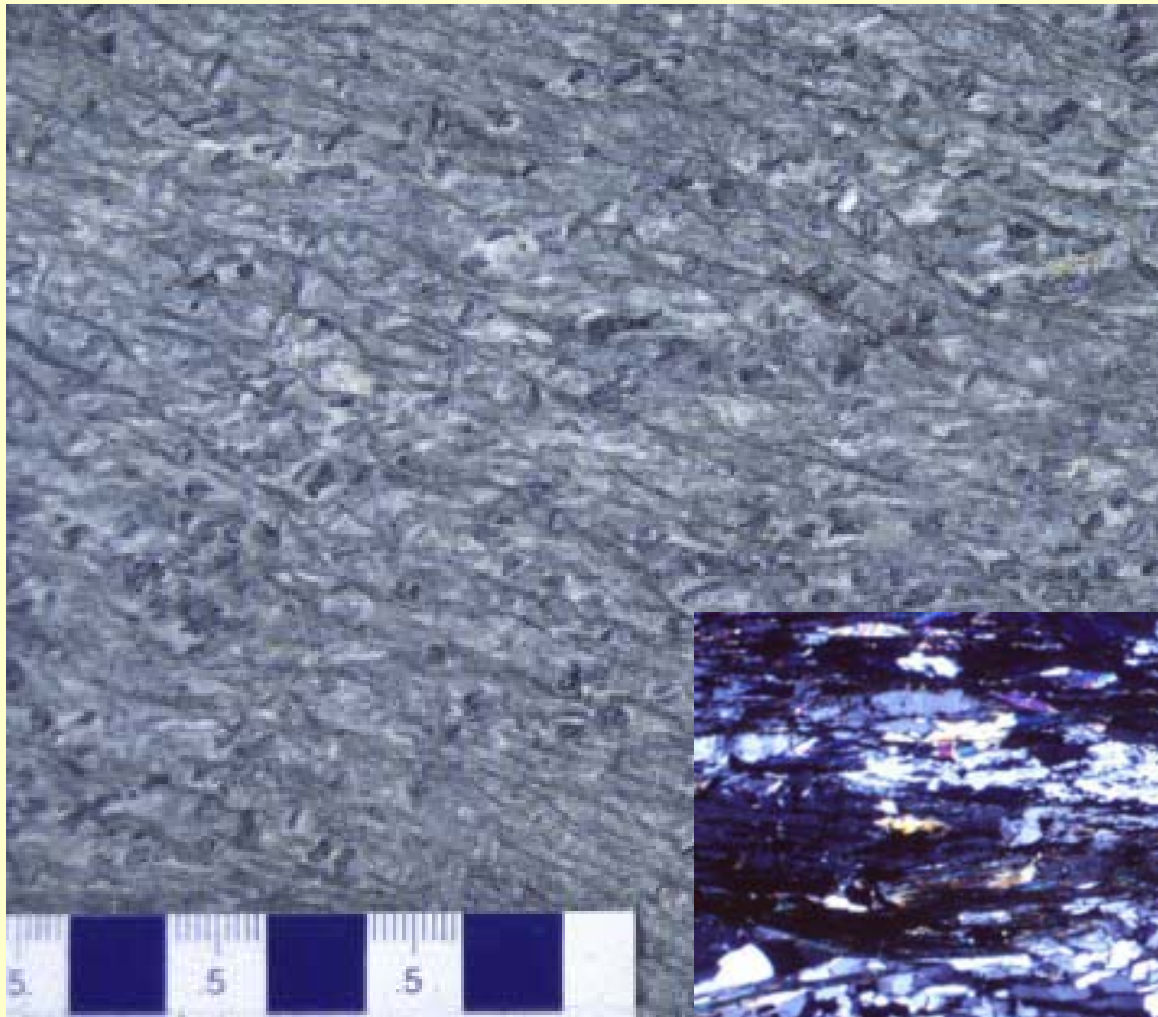
Průběh progradní metamorfozy pelitů za středních tlaků

- 1) *Chloritová zóna*
- Anchinetamorfózou vznikají v Al-bohatých pelitech: pyrofylit / $\text{Al}_2((\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10})$ / a chlority.



Fylit: Qtz+Ab+Chl+Ms





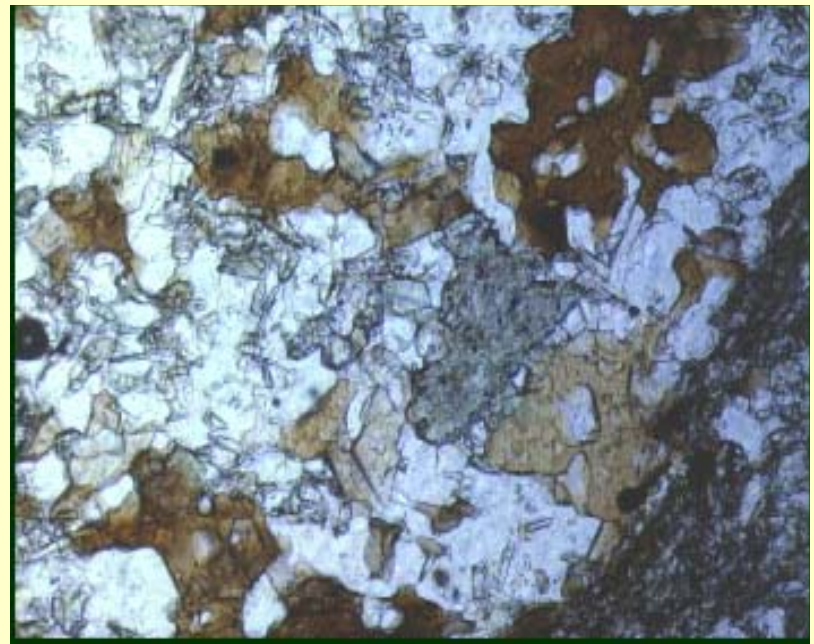
Fylit: Ms+Chl+Qtz+Ab
±Prf ±Kfs

- 2) *Biotitová izograda (300-400 °C)*

- KFASH: Fe-chlorit + K-živec = muskovit + biotit + křemen + H₂O (A)

- 3) *Vznik chloritoidu (~ 400 °C)*

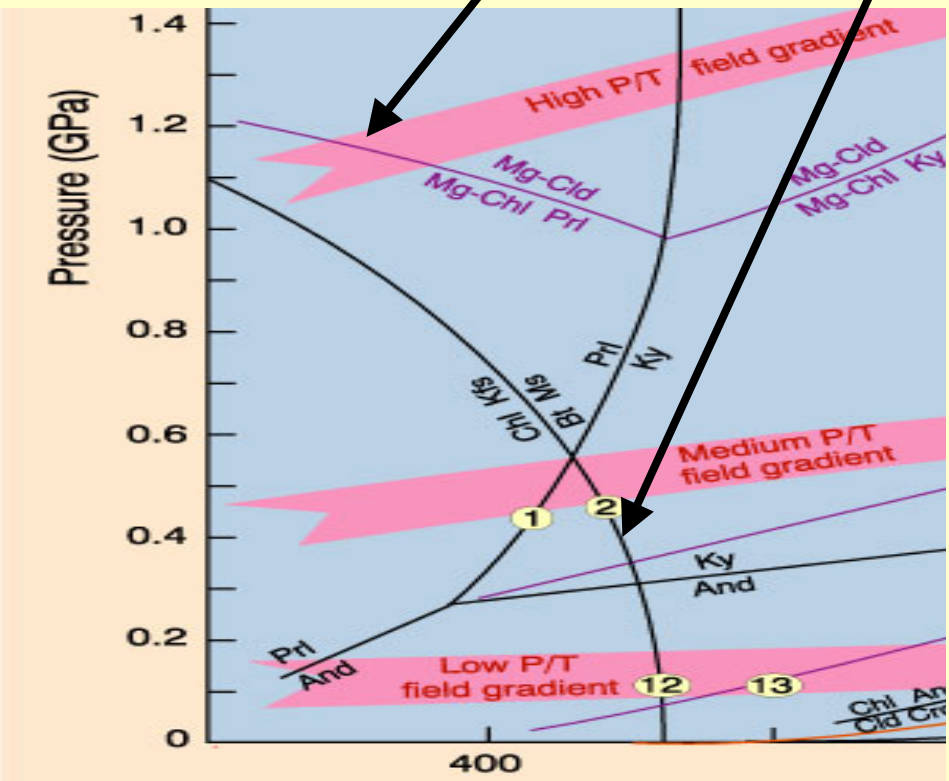
- pro střední tlaky Fe-chlorit (KFASH)
- KMASH: Mg-chlorit + pyrofyilit = Mg-chloritoid + křemen + H₂O (B)

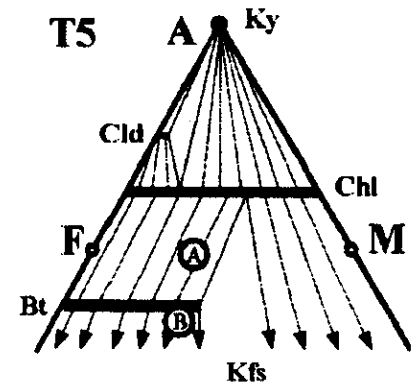
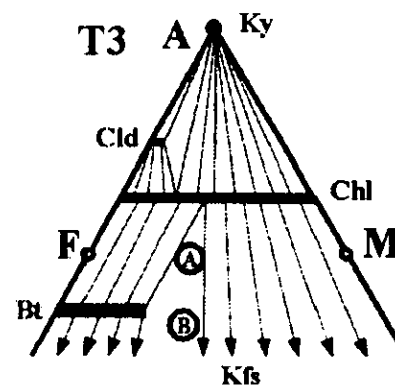
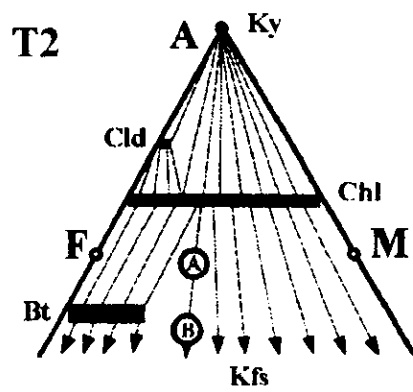
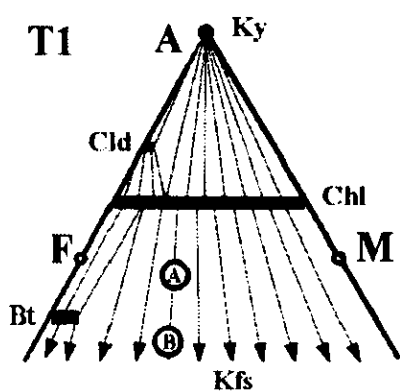
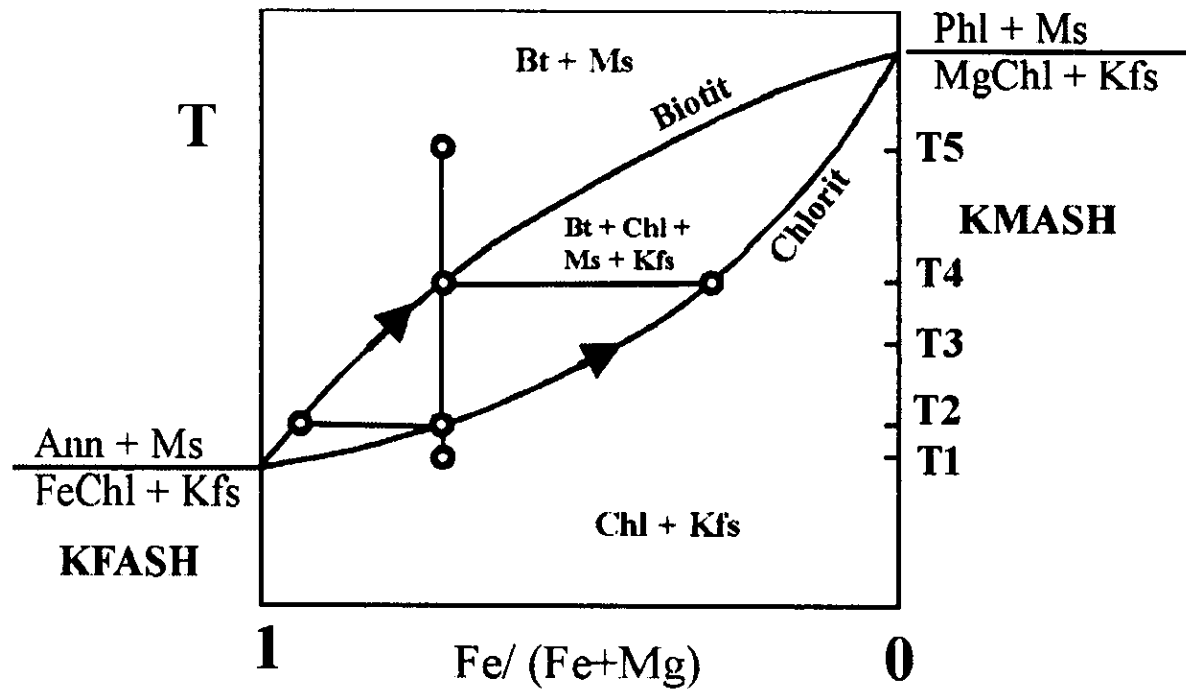


Fylit: Qtz+Ab+Bt+Chl+Ms+Ab



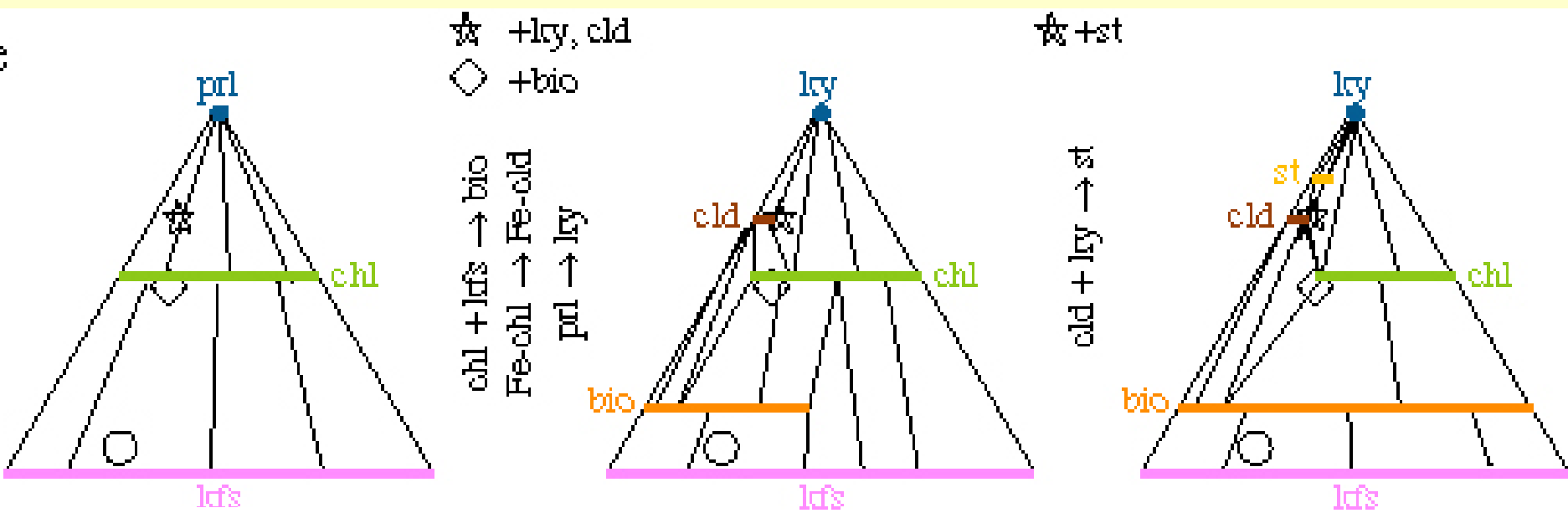
Fylit: Qtz+Ab+Bt+Chl+Ms+Ab+Cld





T-X diagram a odpovídající AMF diagramy pro kontinuální (divariantní) reakci chlorit + K-živec = muskovit + biotit + křemen + H₂O v KFMASH systému

- 4) *Biotit-chloritoidová zóna*
- **Chl + Bt + Ms + Qtz + H₂O ± Cld**
- ASH: pyrofylit = kyanit + křemen + H₂O (C)
- KFASH: Fe-chlorit + muskovit = Fe-chloritoid + annit + křemen + H₂O
- FASH: Fe-chloritoid + kyanit = Fe-staurolit + H₂O (D)



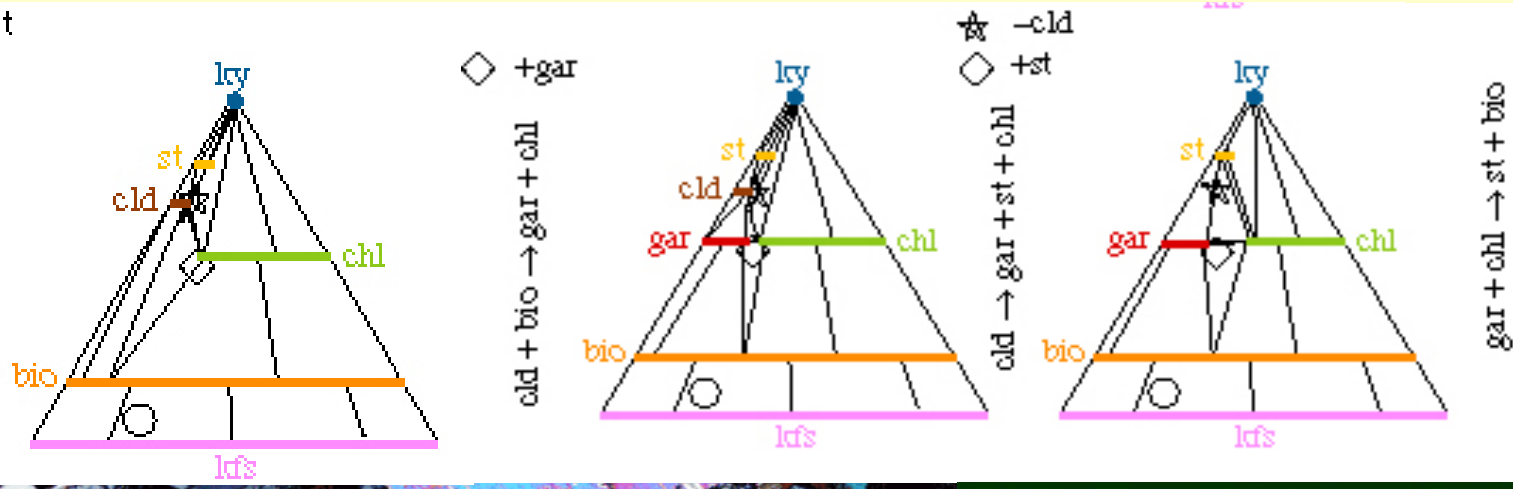
AKFM medium pressure
+ qtz + mu + H₂O

- ☆ hi-Al pelite
- ◇ lo-Al pelite
- granite

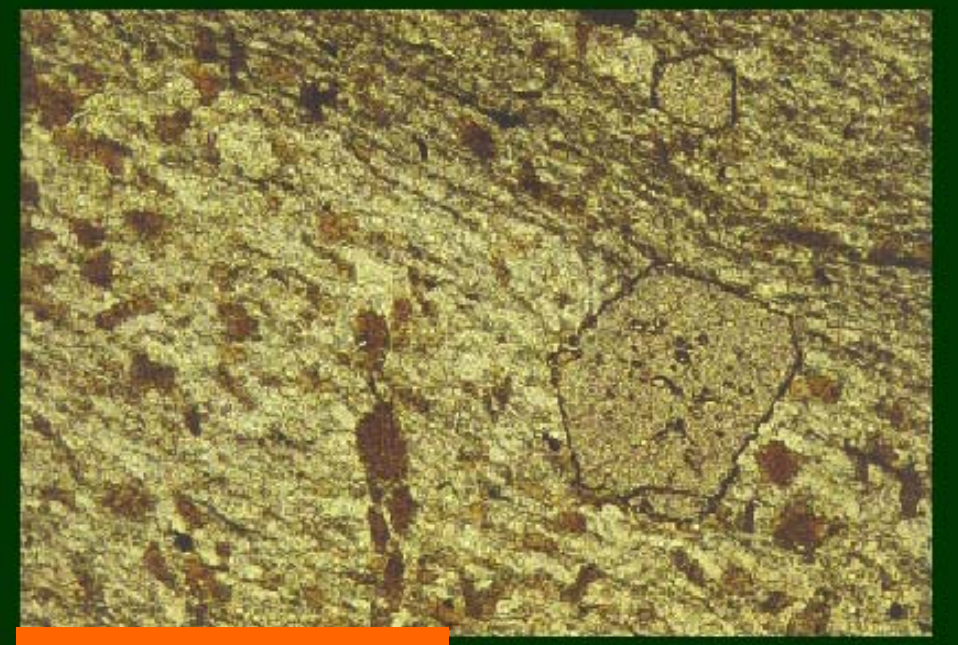
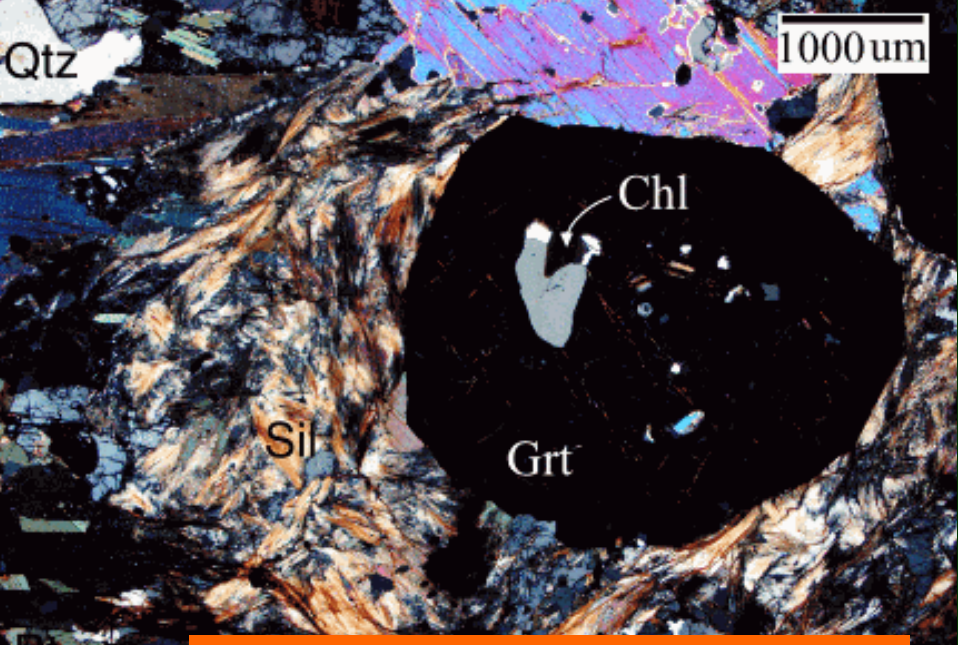
AKFM medium pressure
+ qtz + mu + H₂O

- 5) *Granátová izograda* (~ 500 °C)
- KFLASH: Fe-chloritoid + annit = almandin + muskovit + H₂O (E)
- KFMASH: chloritoid + biotit = granát + chlorit (F)

- ★ hi-Al pelite
- ◇ lo-Al pelite
- granite



Svory:
Chl + Bt +
Grt + Ms +
Qtz + H₂O



chloritoid + biotit = granát + chlorit + H₂O

svor: Qtz + Ms + Bt + Grt

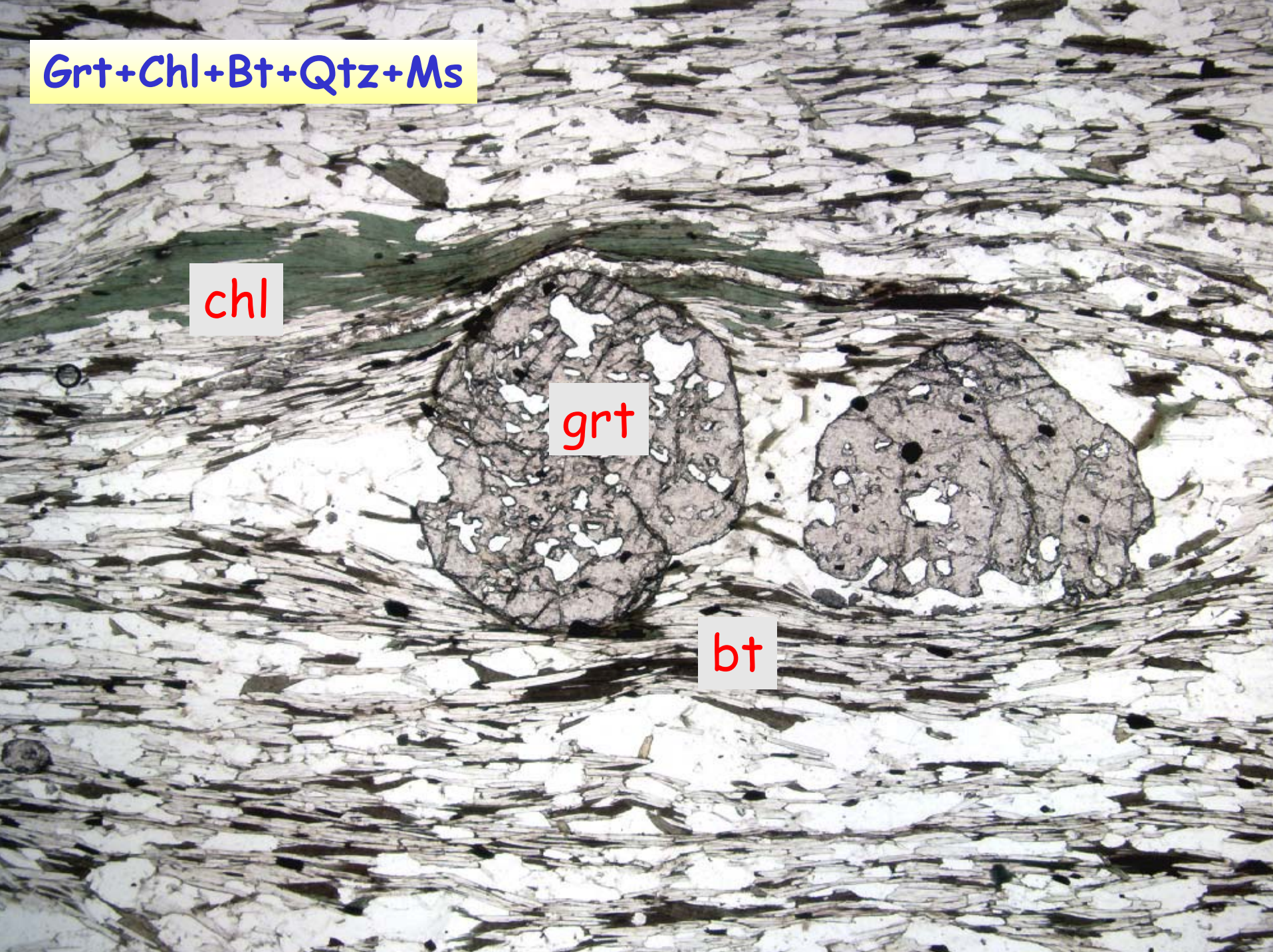
PPL - first garnets are tiny

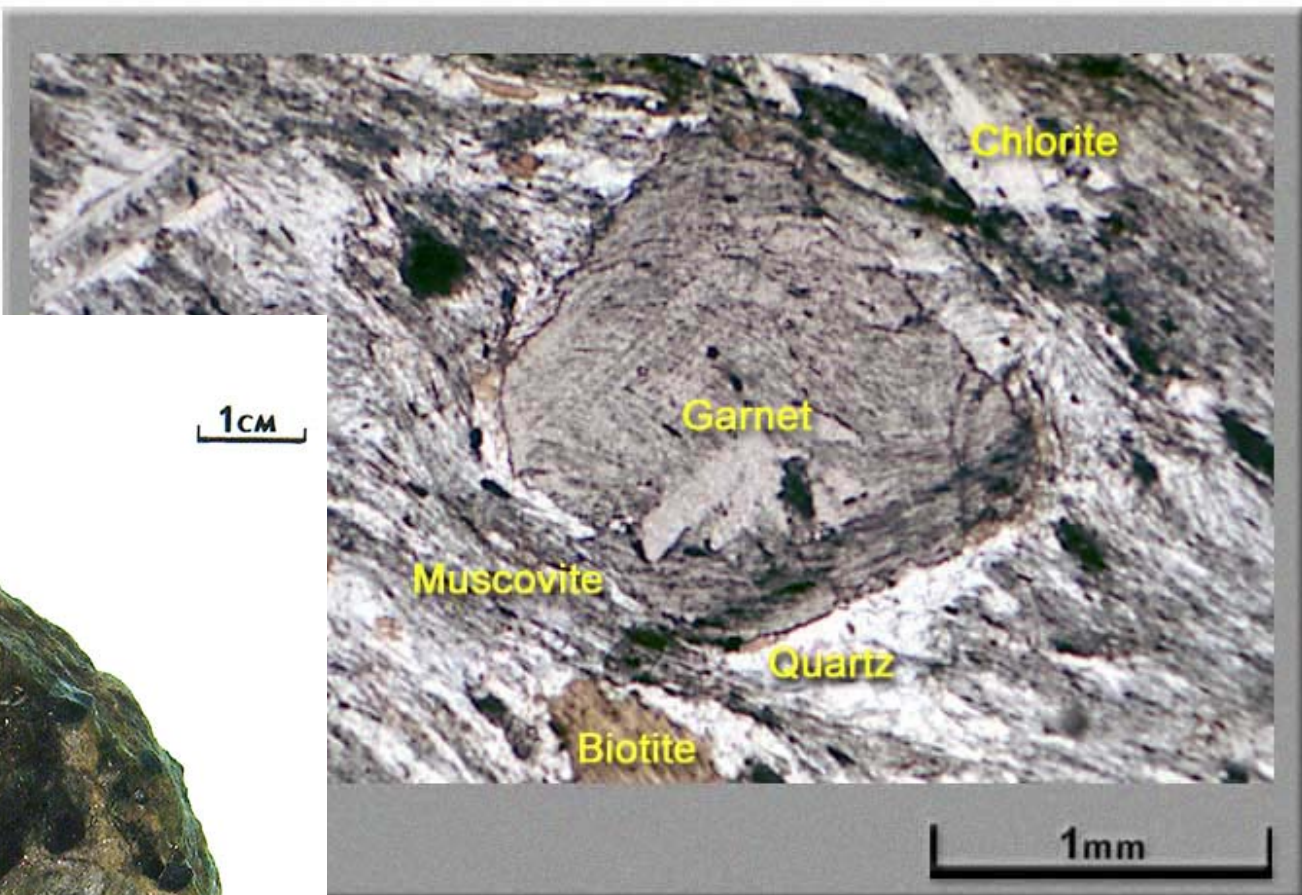
Grt+Chl+Bt+Qtz+Ms

chl

grt

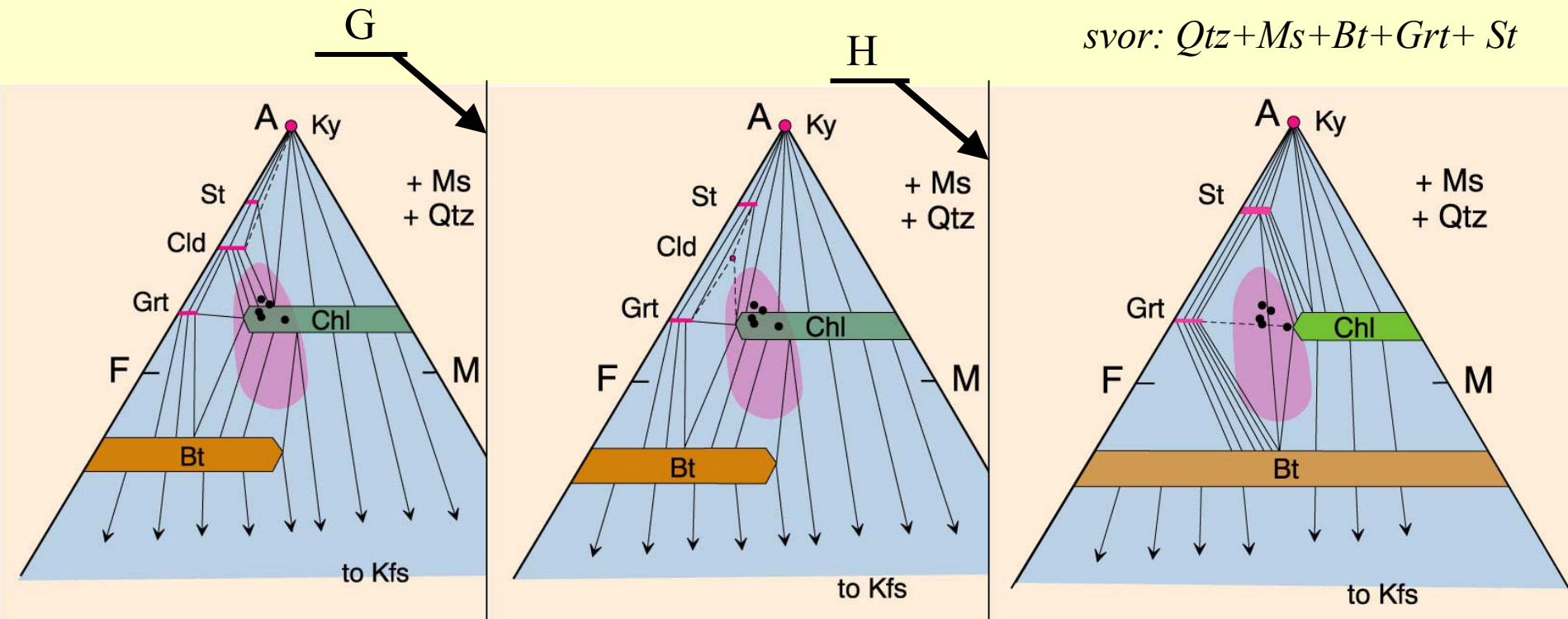
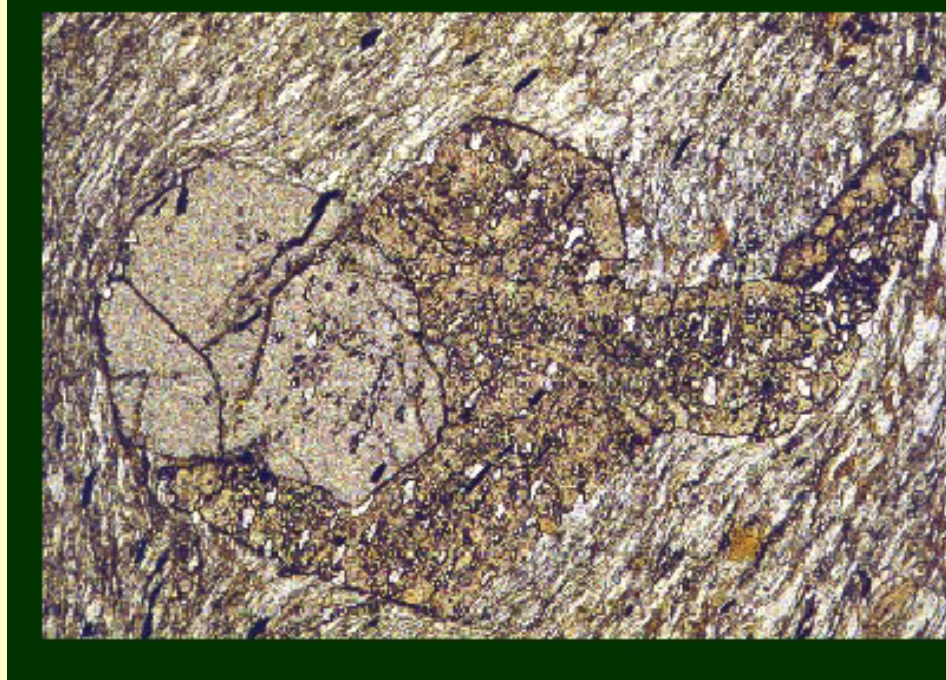
bt



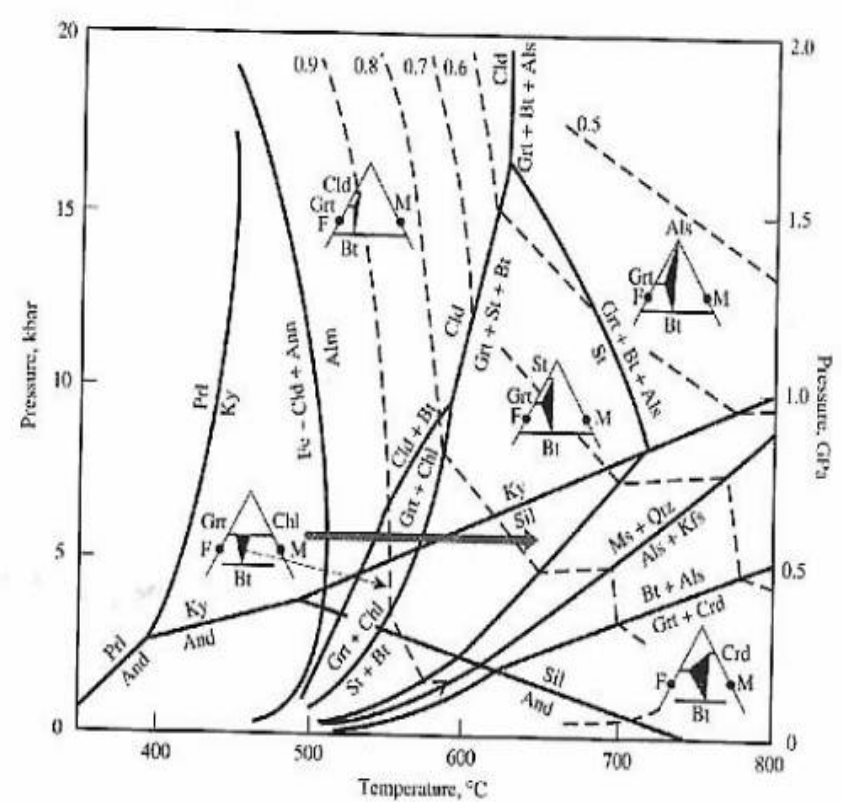
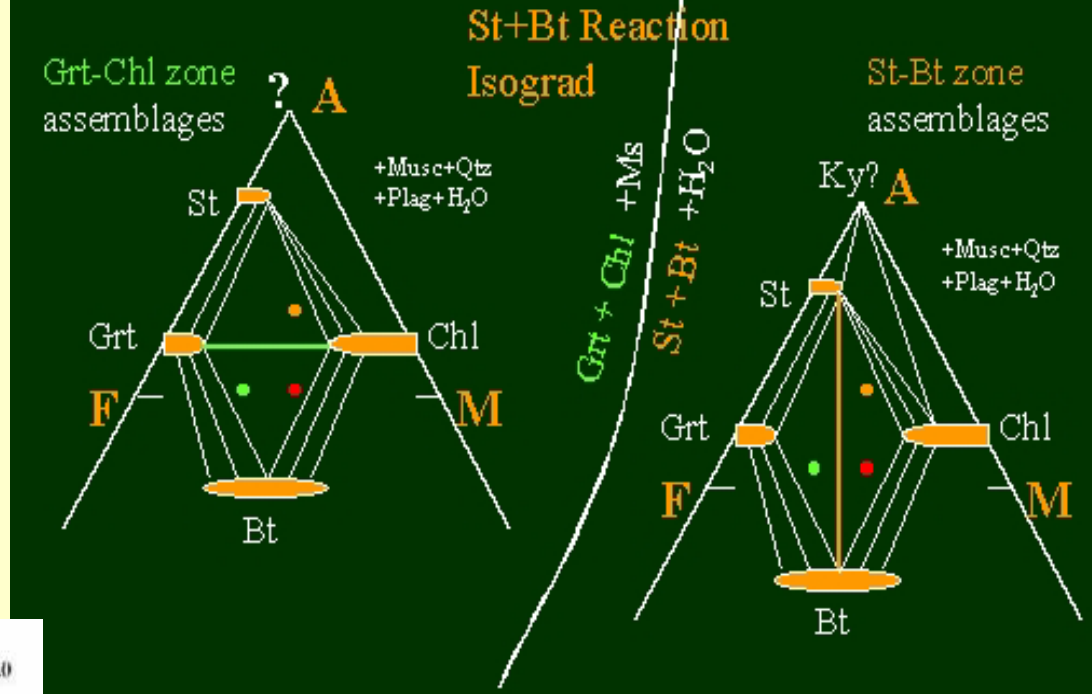


svor: $Qtz + Ms + Bt + Grt + Chl + \underline{St}$

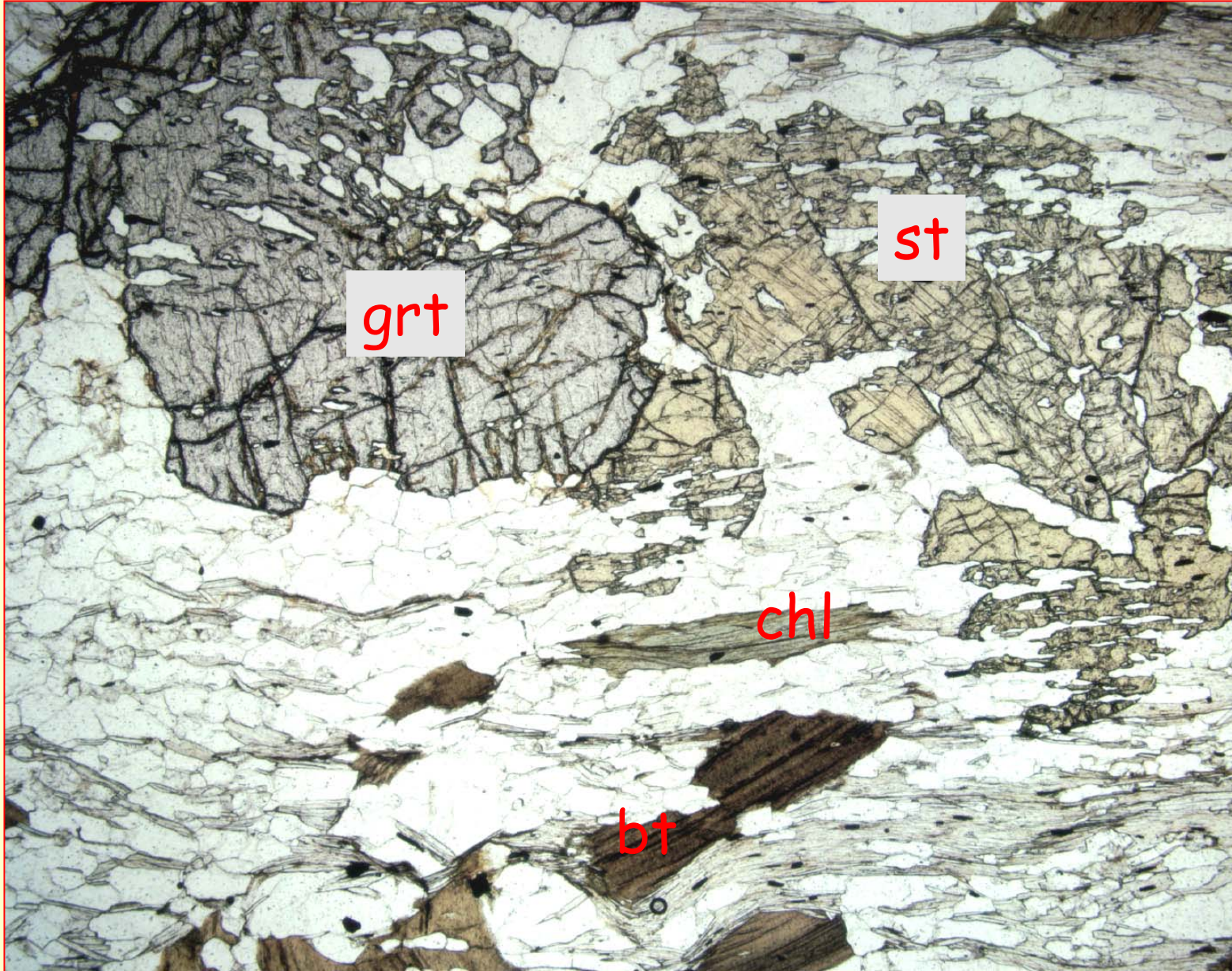
- 6) *Reakce konzumující chloritoid*
- KFLASH: Fe-chloritoid = Fe-staurolit + almandin + H₂O (*G*)
- KFMASH: chloritoid = granát + chlorit + staurolit + H₂O (terminální reakce) (*H*)

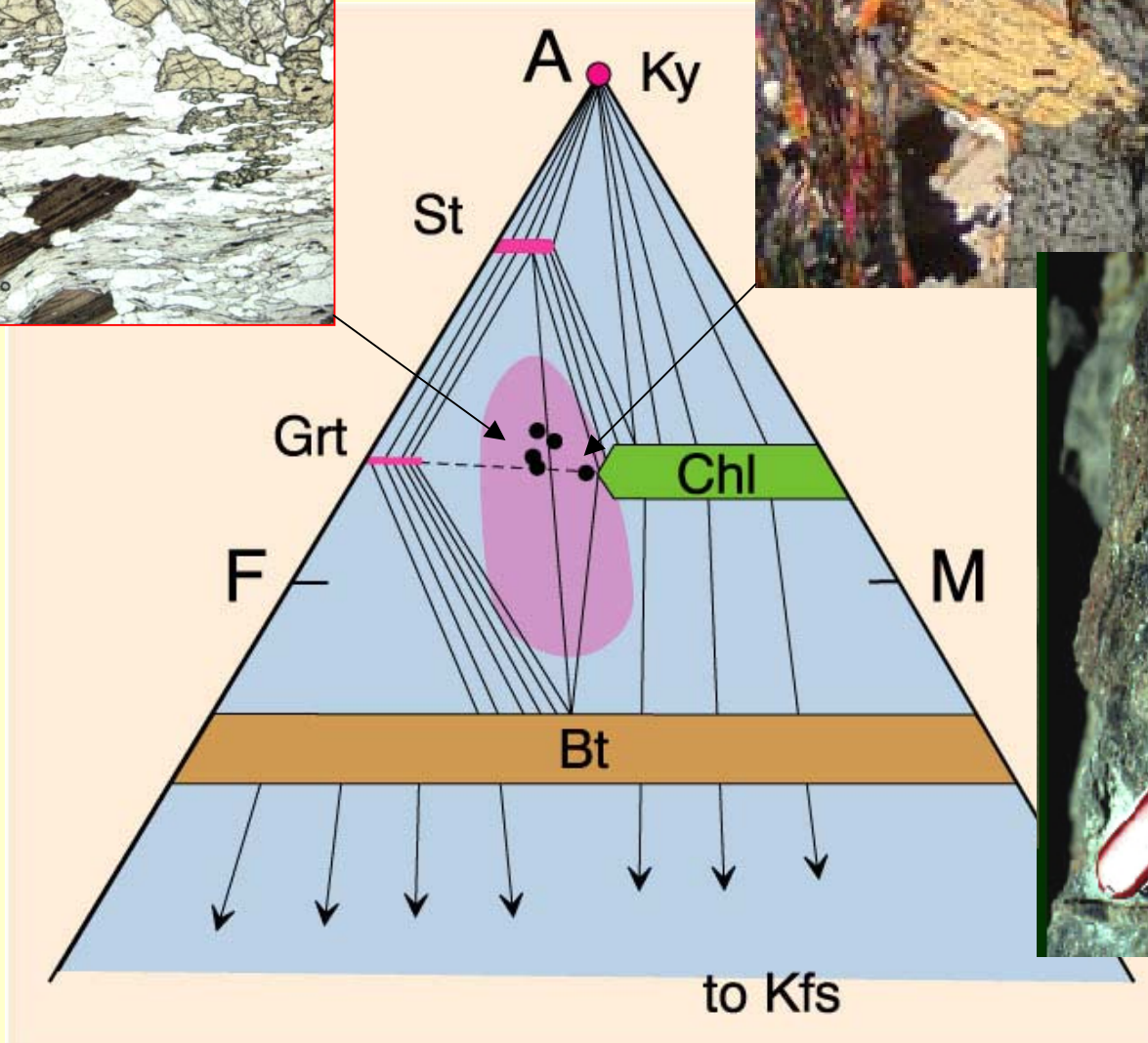
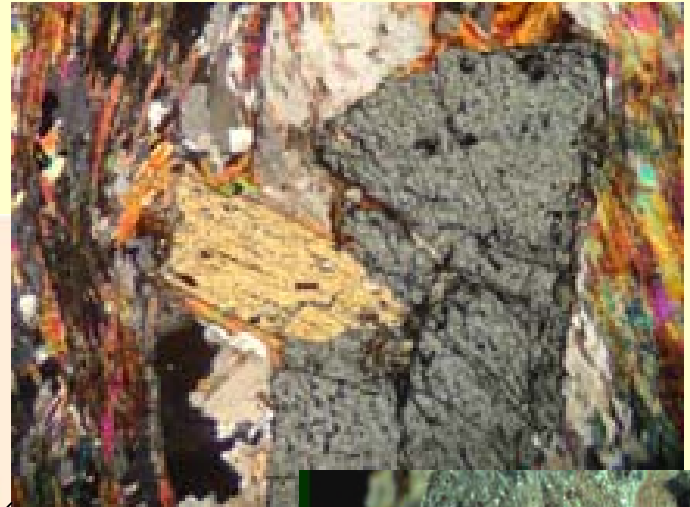


- 7) *Staurolitová* (~ 550 °C) *izograda*
- Ve svorech se objevují automorfní porfyroblasty staurolitu.
- KFMASH: granát + chlorit = staurolit + biotit + H₂O (*Ch*)

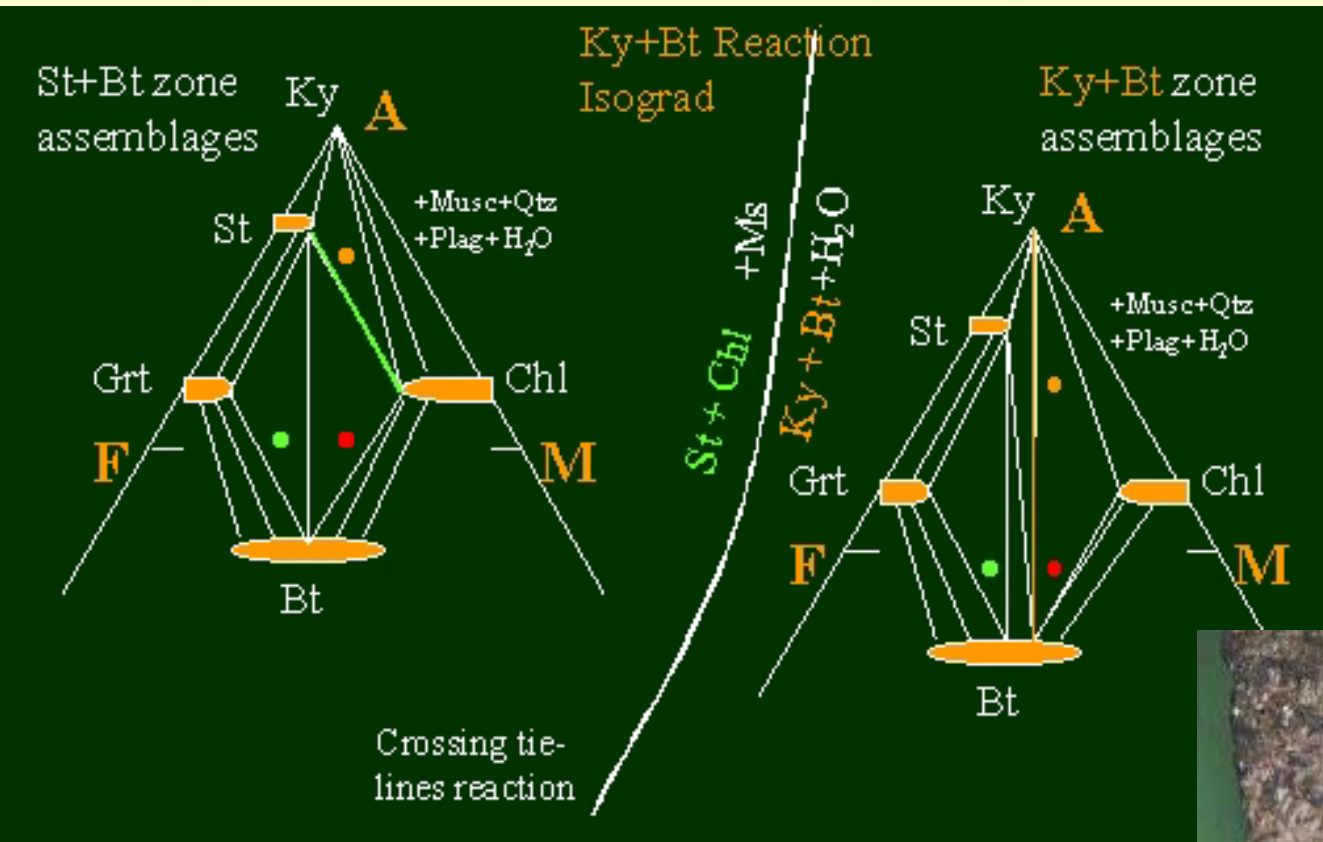


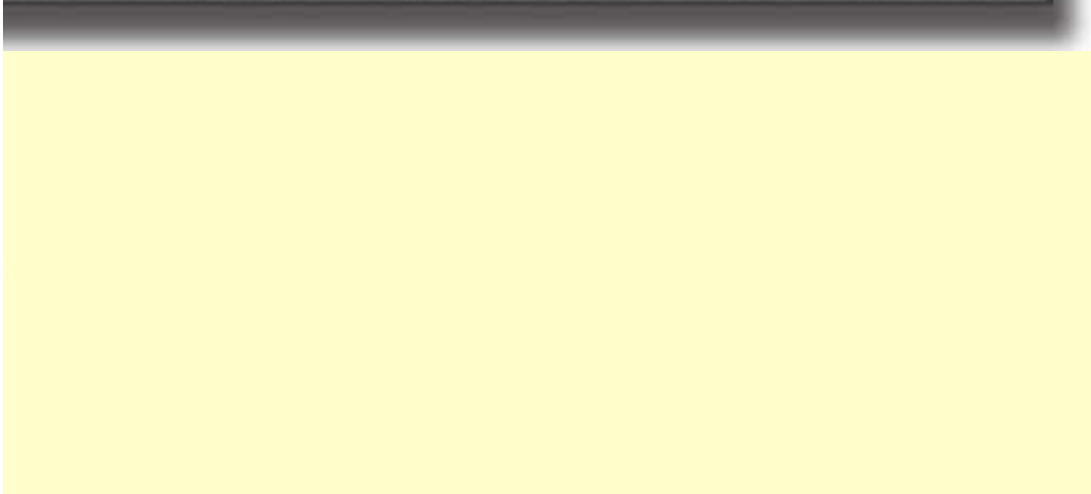
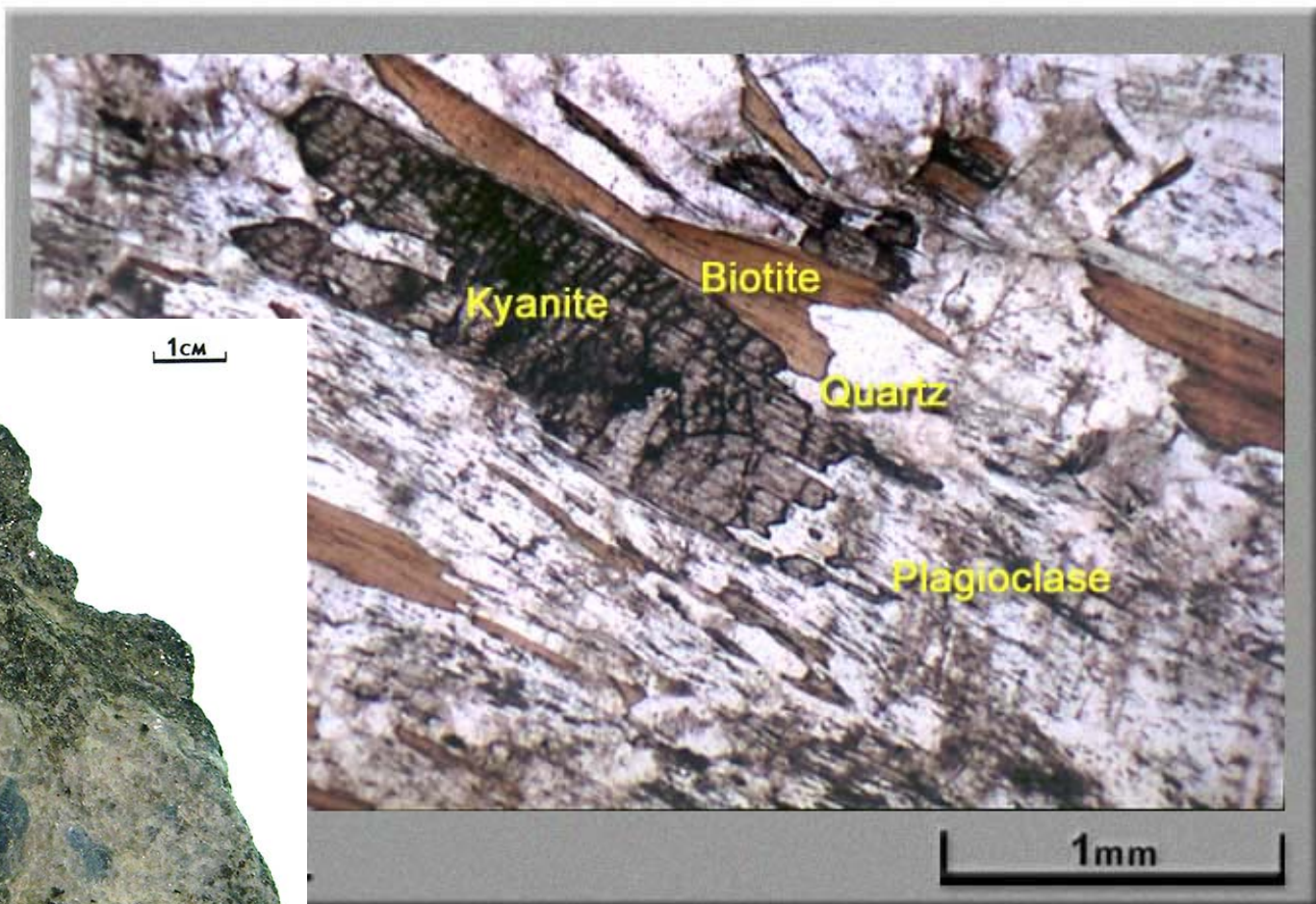
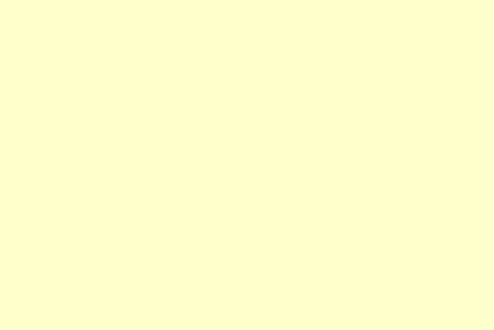
svor: porfyroblasty staurolitu





- 8) *Kyanitová izograda v Al-chudých metapelitech* (~ 600 °C)
- KFMASH: staurolit + chlorit = biotit + kyanit + H₂O (**I**)
- KMASH: Mg-chlorit + muskovit = flogopit + kyanit + H₂O (**J**)





- 9) *Sillimanitová izograda*
- AS: kyanit = sillimanit (**K**)
- Sillimanit ale většinou nezatlačuje přímo kyanit, ale roste jako vlákna mezi muskovitem a biotitem, zatímco kyanit je zatlačován muskovitem. Tj. tzv. *1. sillimanitová izograda*.
- kyanit + muskovit I = sillimanit + muskovit II

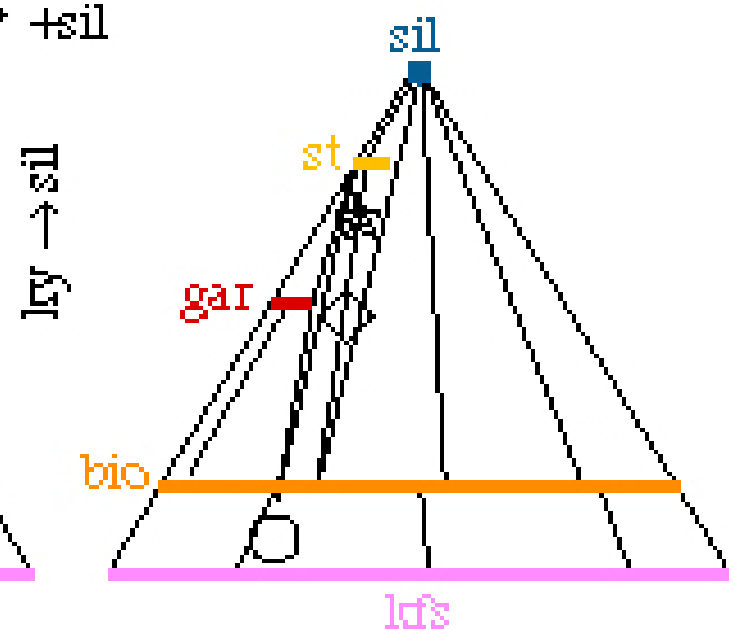
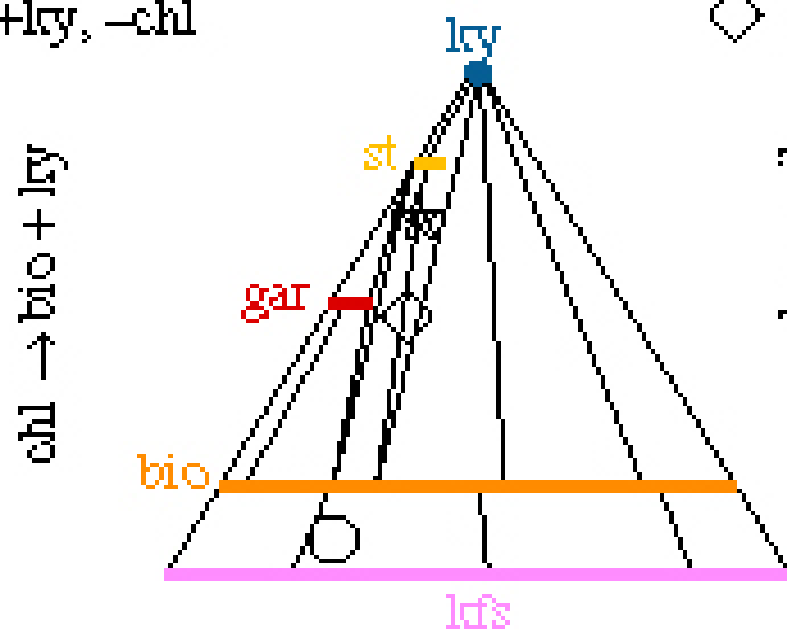
AKFM medium pressure
+ qtz + mu + H₂O

- ★ hi-Al pelite
- ◇ lo-Al pelite
- granite

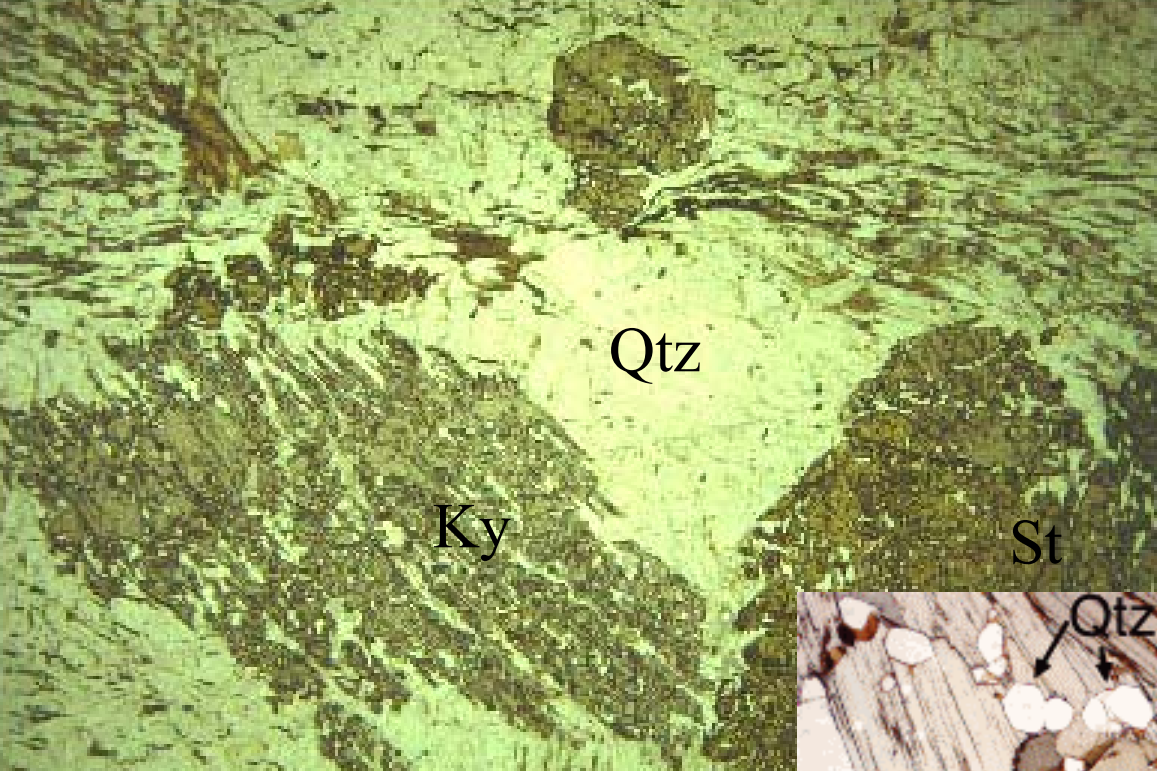
- ★ -chl
- ◇ +ky, -chl

- ★ +sil
- ◇ +sil

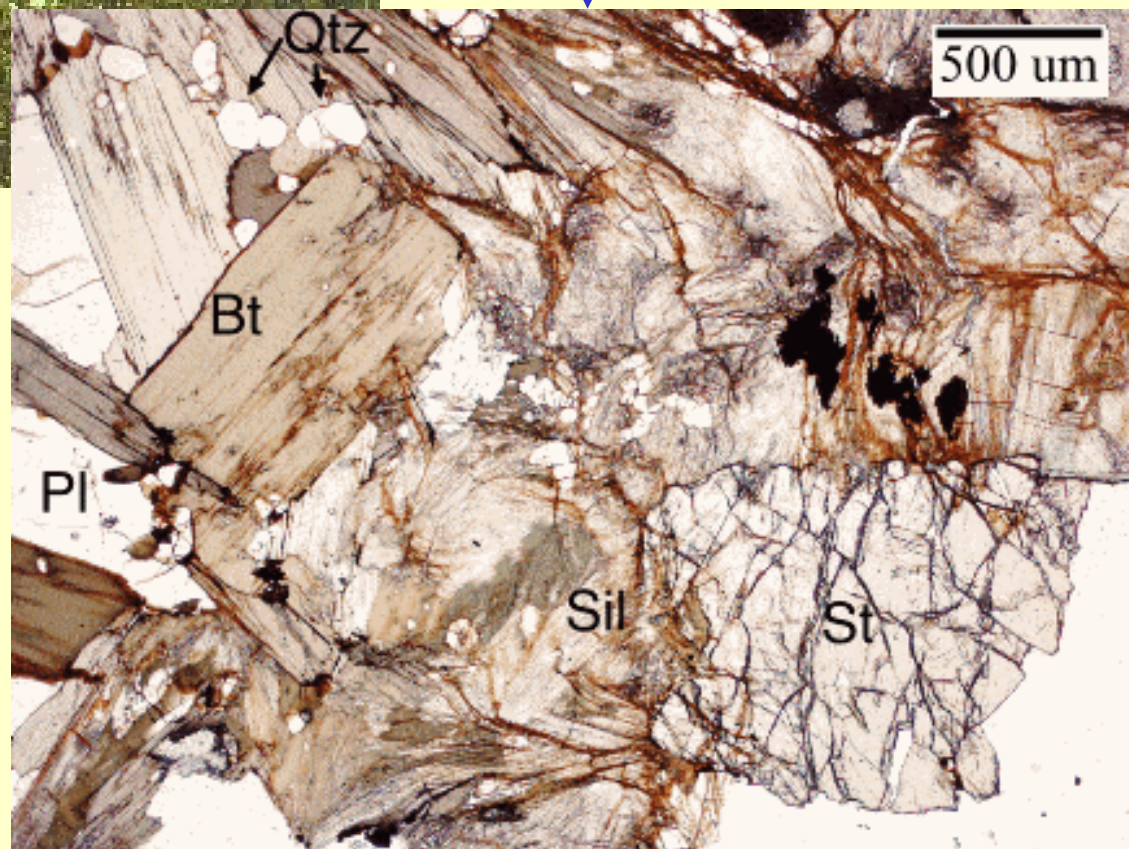
- ★ -st
- ◇ -st



st → gar + bio + sil



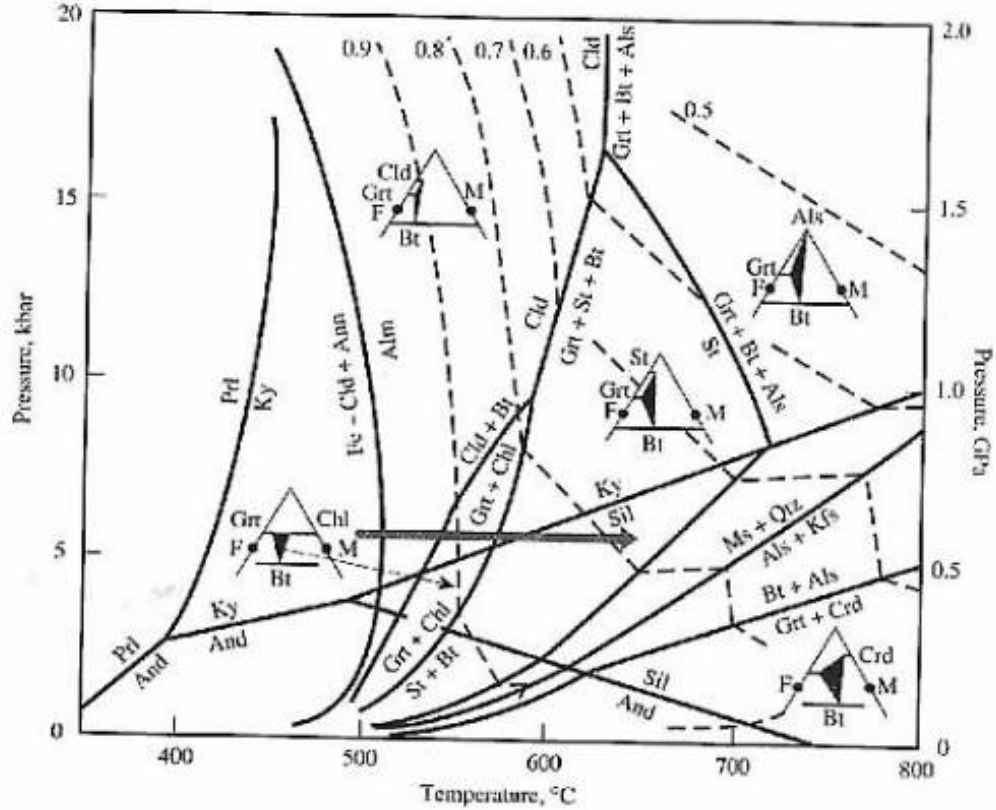
kyanit = sillimanit



- 10) *Zánik staurolitu*
- KFASH: Fe-staurolit = almandin + Al_2SiO_5 + H_2O (*L*)
- KFMASH: staurolit = granát + biotit + Al_2SiO_5 + H_2O (terminální reakce) (*M*)

AKFM medium pressure + qtz + mu + H_2O

- ★ hi-Al pelite
- ◇ lo-Al pelite
- granite

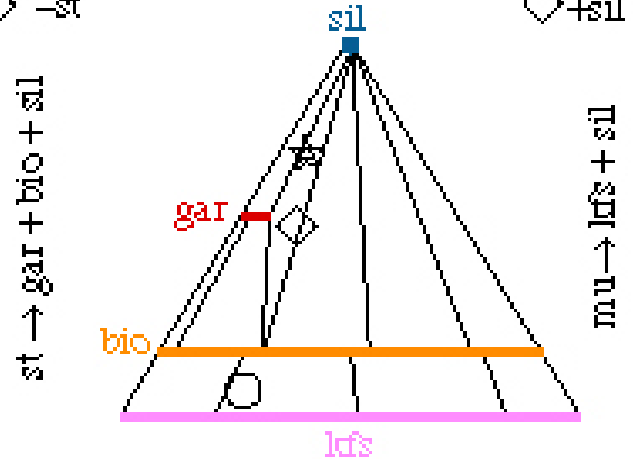
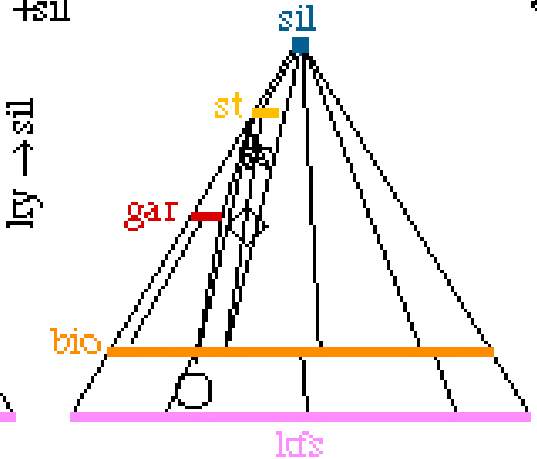
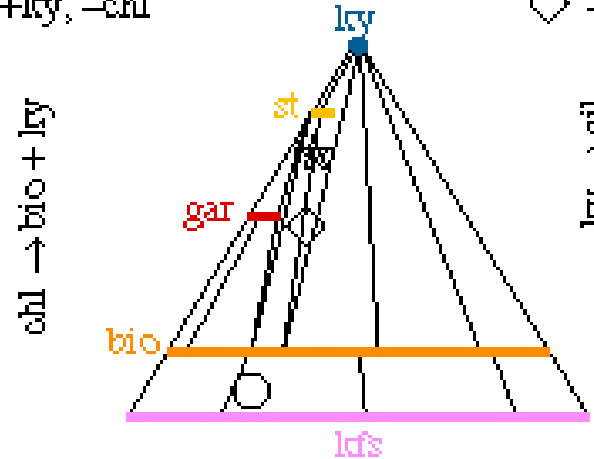


- ★ -chl
- ◇ +ky, -chl

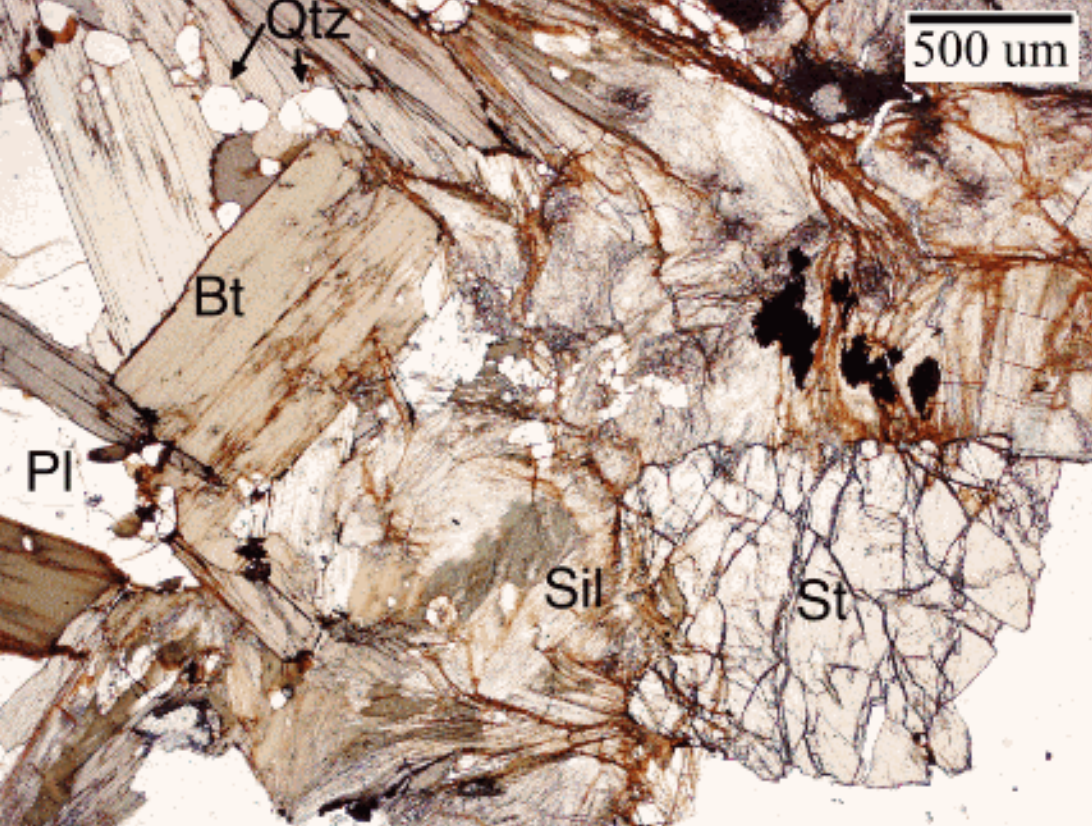
- ★ +sil
- ◇ +sil

- ★ -st
- ◇ -st

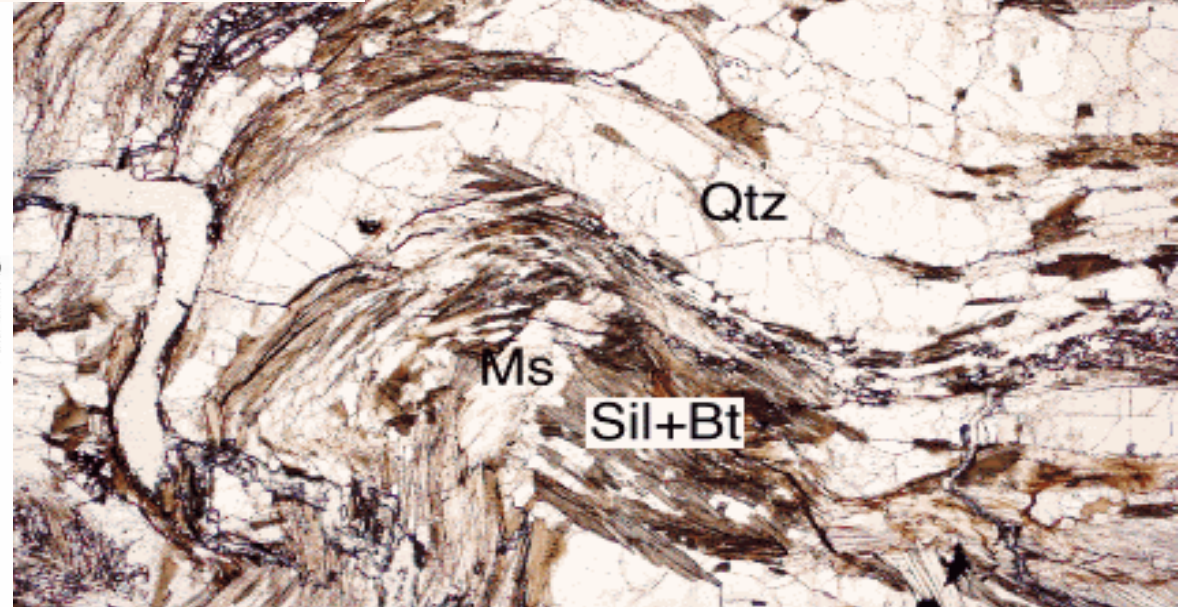
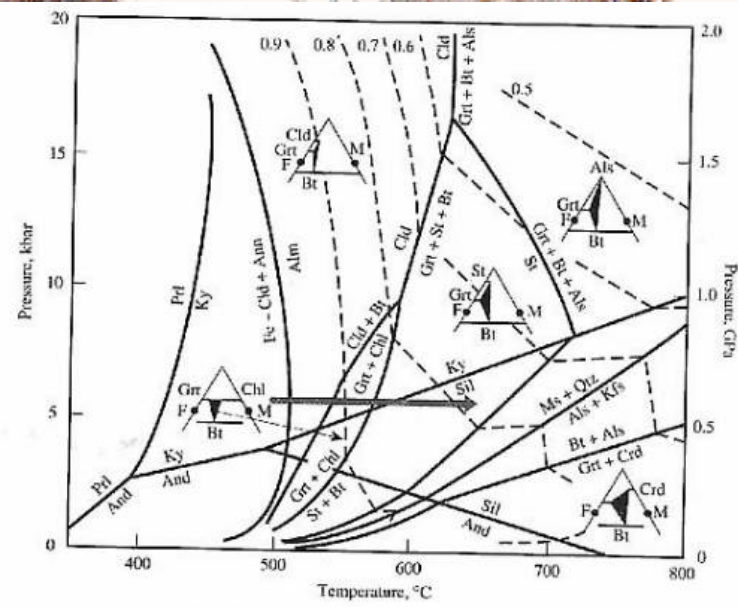
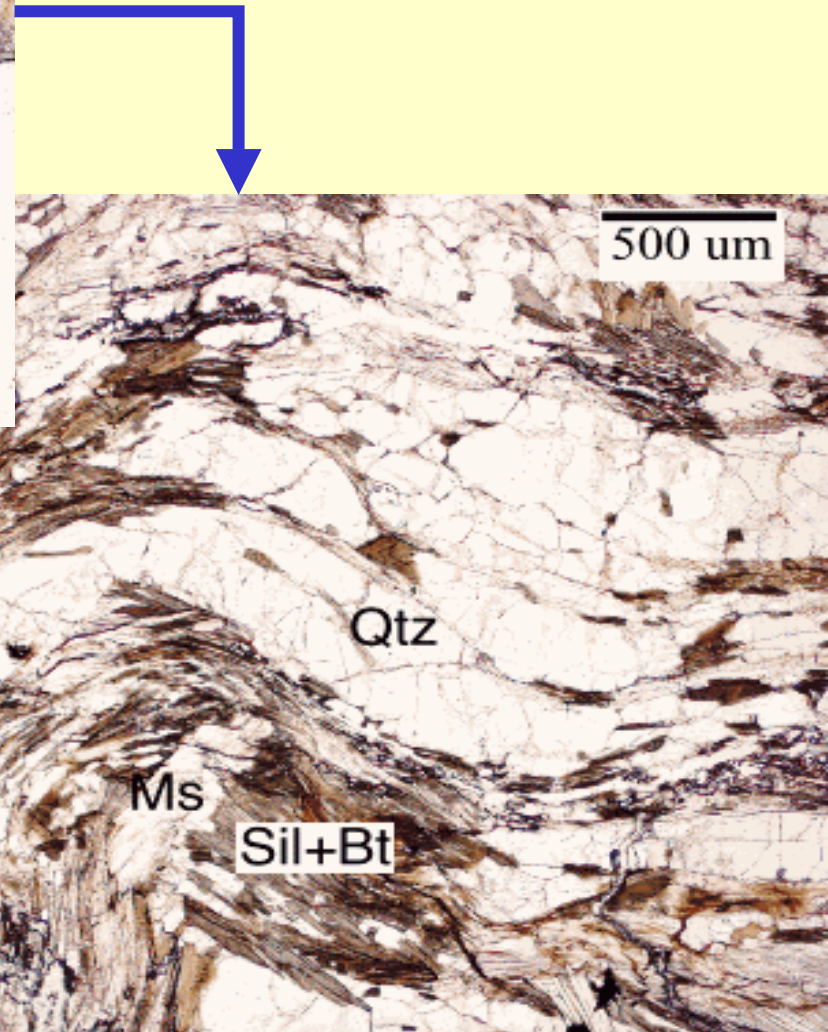
- ★ +sil + or
- ◇ +sil + or



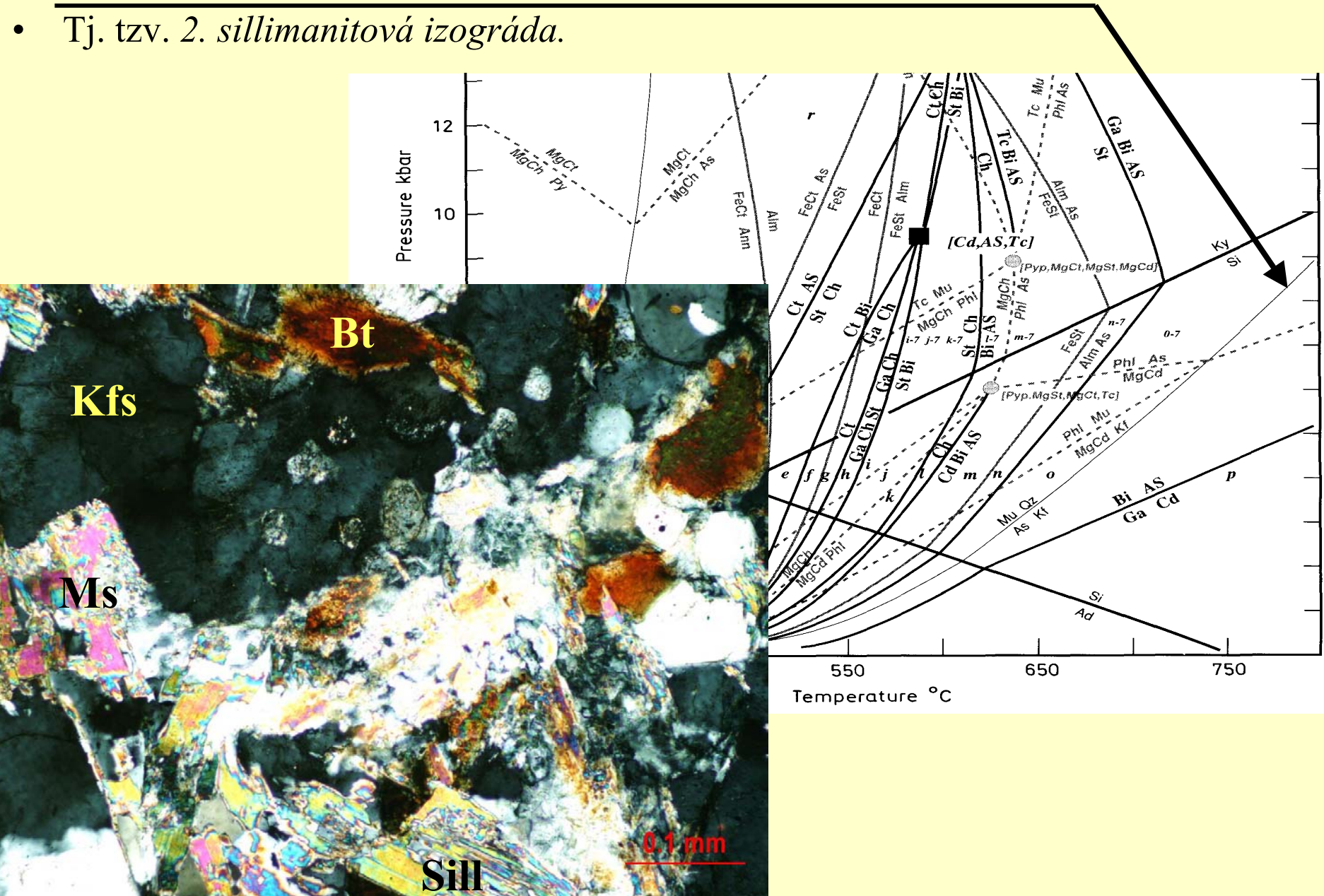
mu -> sil + or



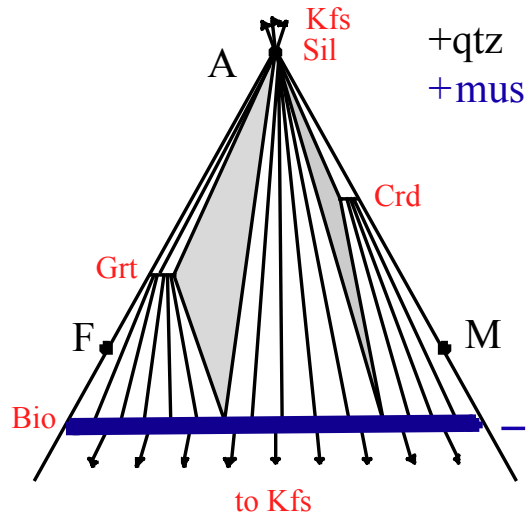
staurolit = granát + biotit
 + Al_2SiO_5 + H_2O



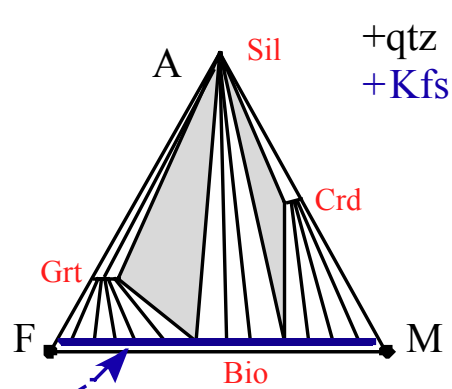
- 11) *Rozpad muskovitu*
- KASH: muskovit + křemen = K-živec + Al_2SiO_5 + H_2O (N)
- Tj. tzv. 2. sillimanitová izograda.



Musc projection

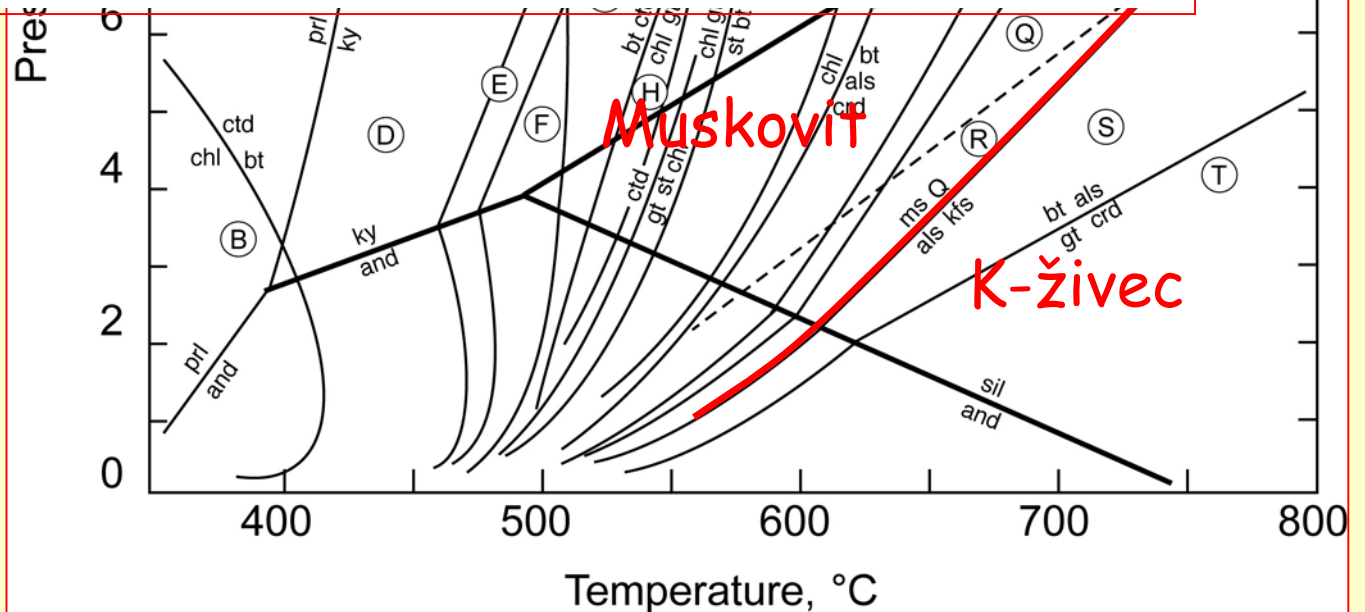


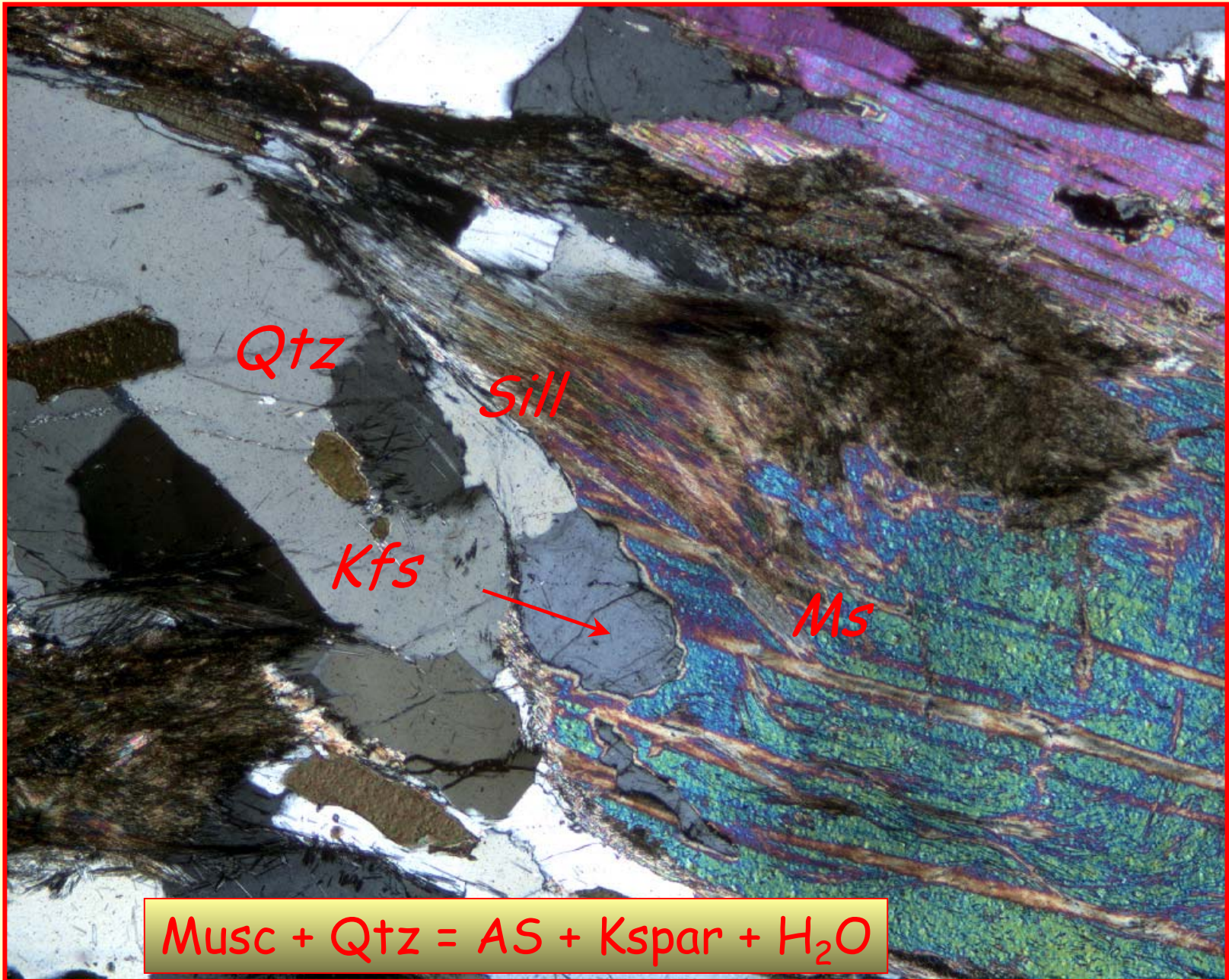
Kspar projection

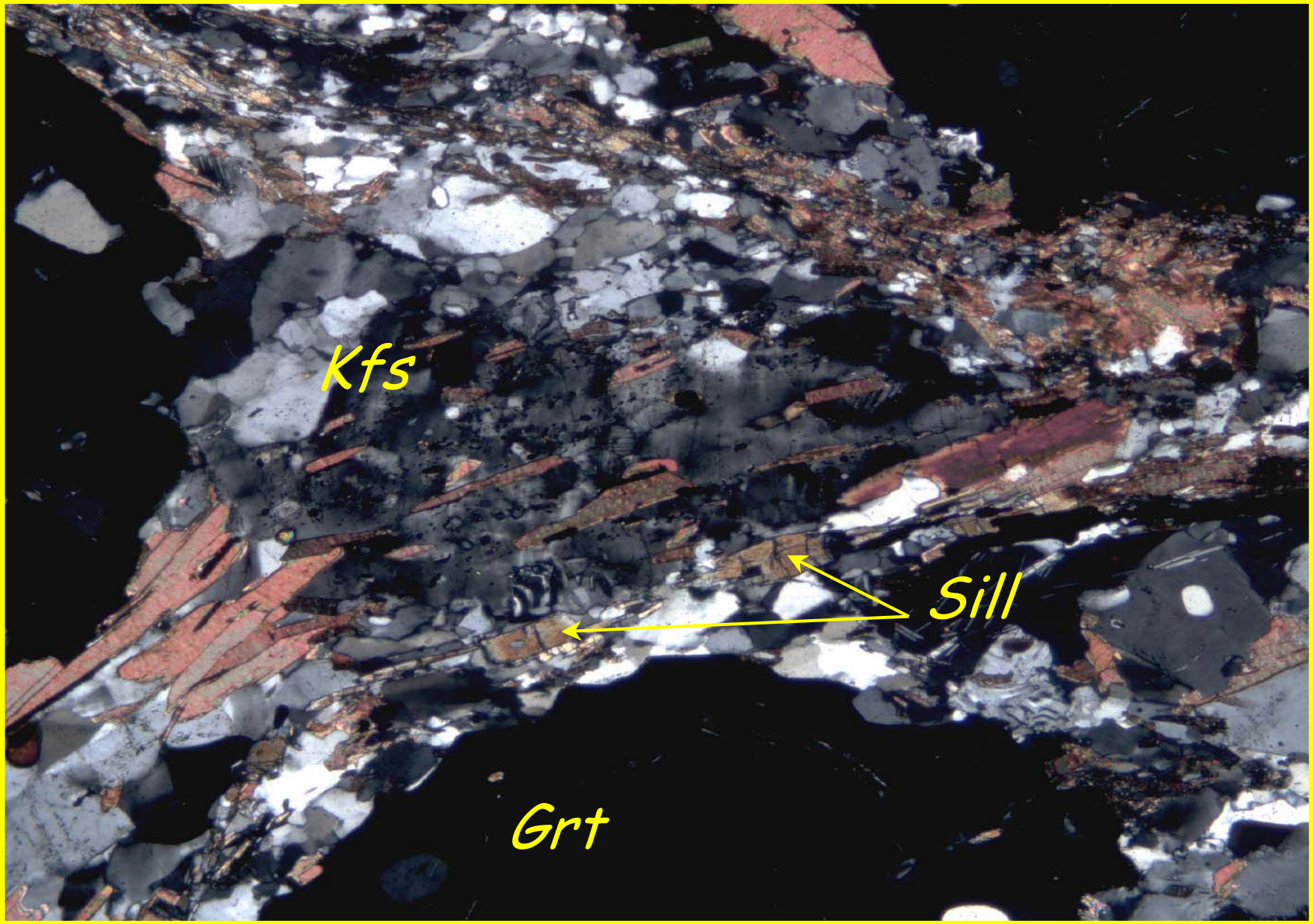


Mus + Qtz
AS + Kfs

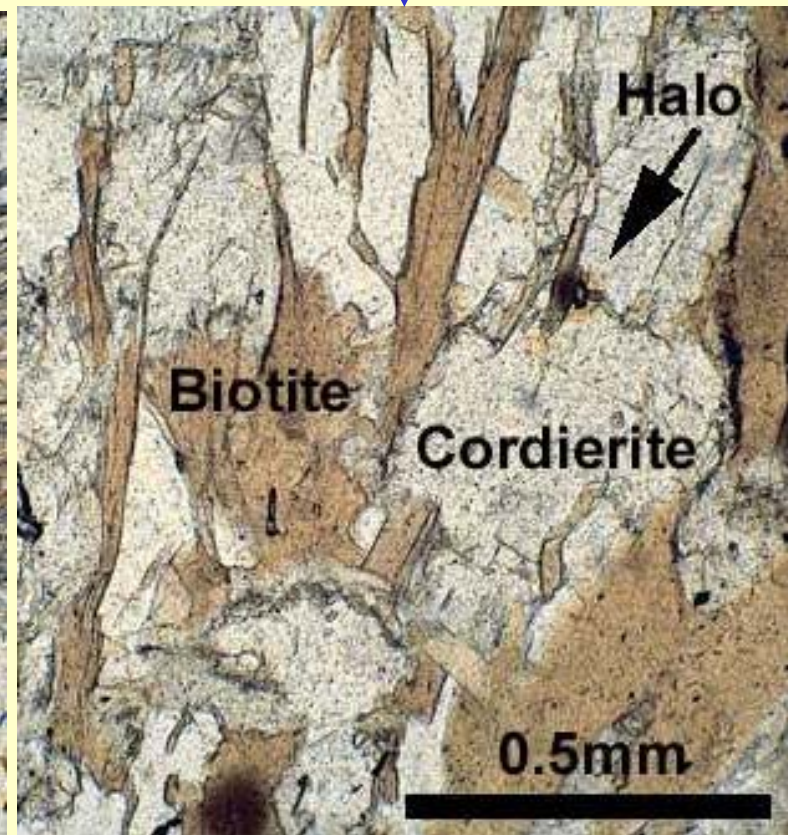
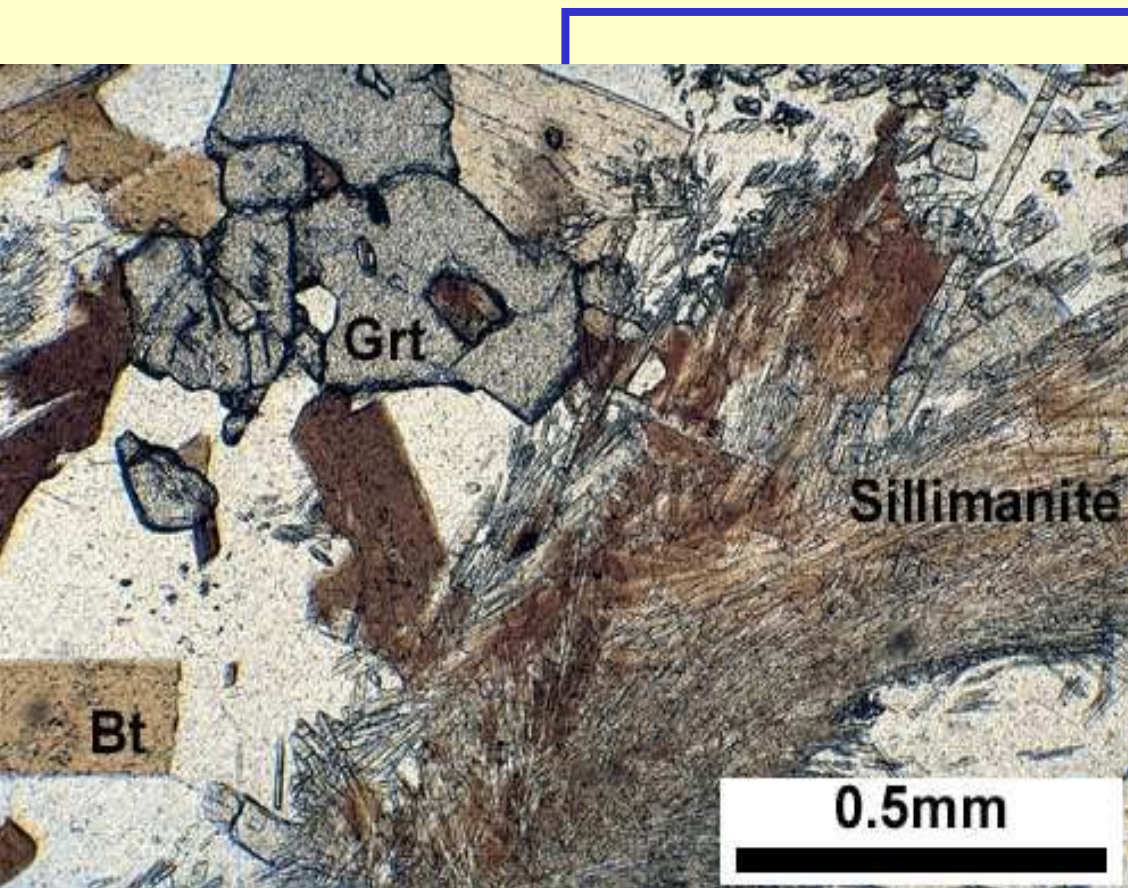
ear, 1993

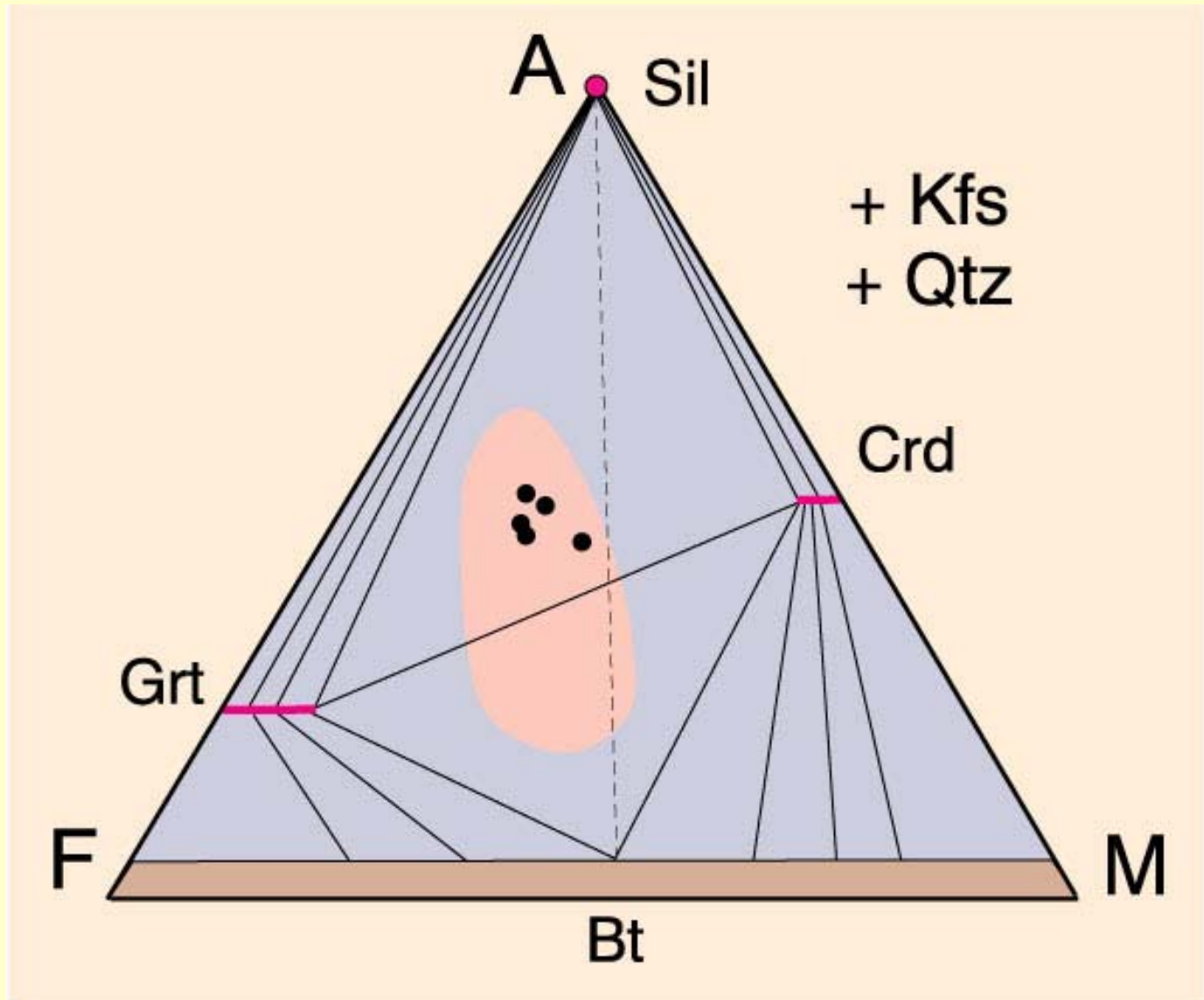




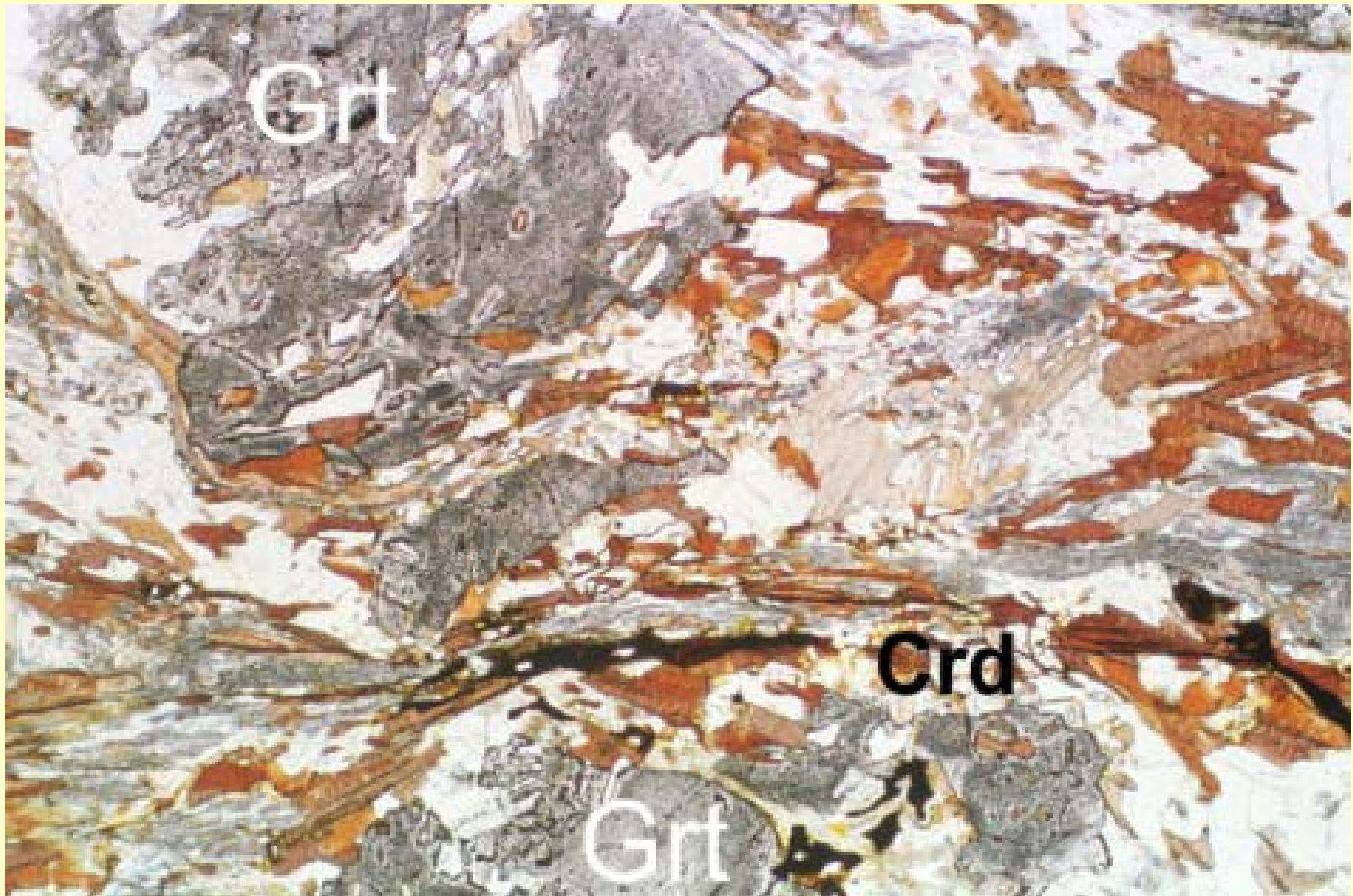


- *12) Vznik cordieritu* (na hranici granulitové facie)
- KMASH: flogopit + sillimanit = Mg-cordierit + muskovit
- KMASH: flogopit + muskovit = Mg-cordierit + K-živec + H₂O
- KFMASH: biotit + sillimanit = granát + cordierit + H₂O (O)

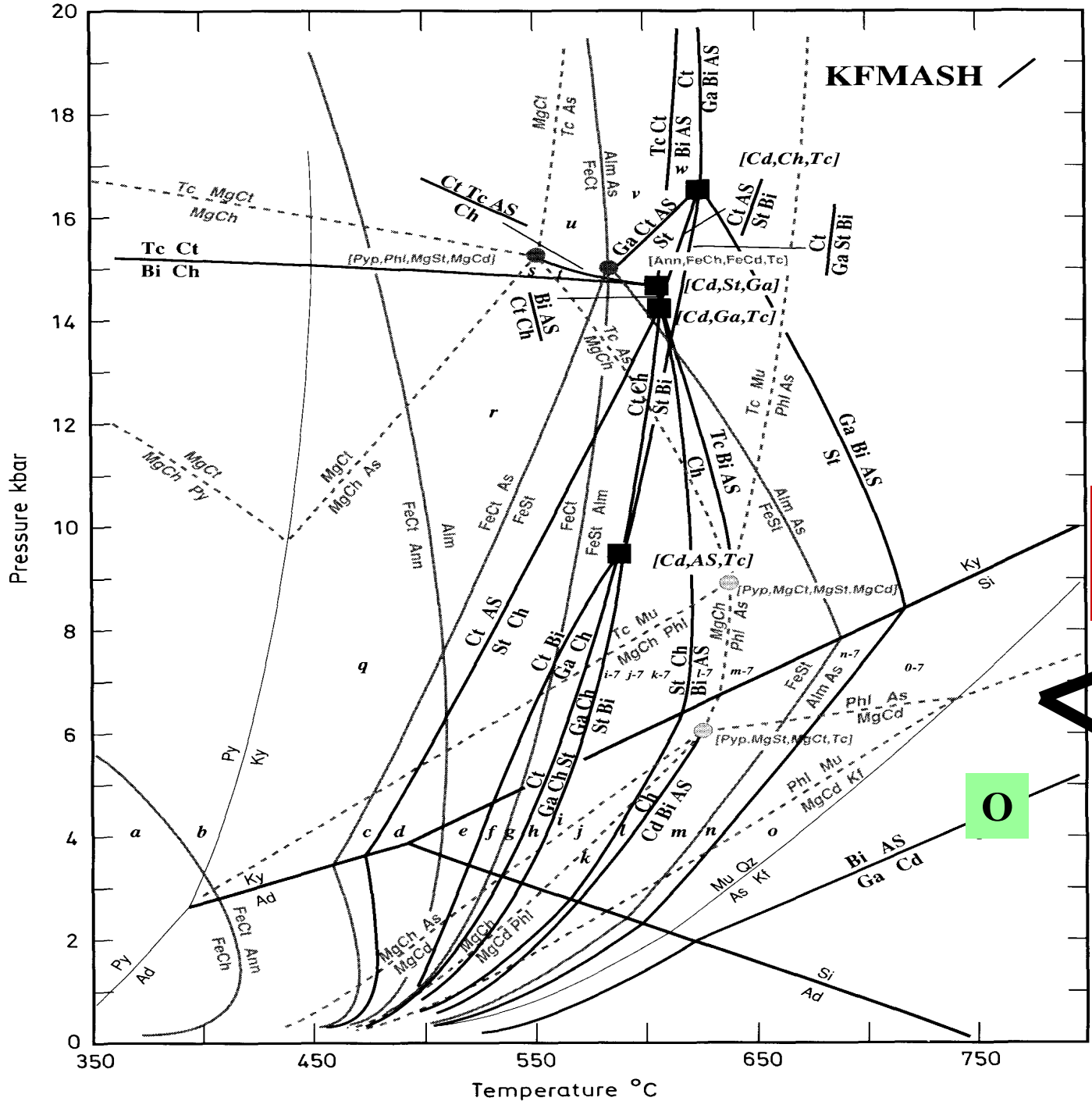




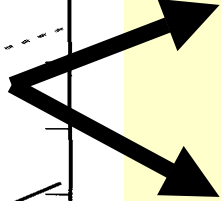
AFM diagram pro cordieritovou izográdú (granulitová facie). Zpočátku je v diagramu linie Sill – Bt za vyšších teplot zmizí a místo ní vznikne linie Grt - Cdr. Winter (2001) An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology. Prentice Hall.



Cordieritická rula

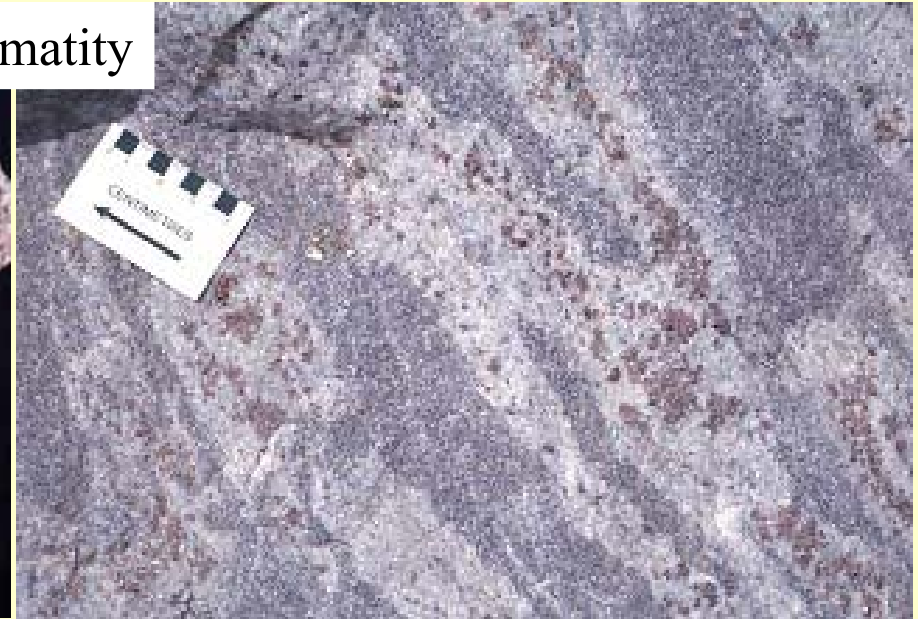


**Granulitová
facie**



Tavení

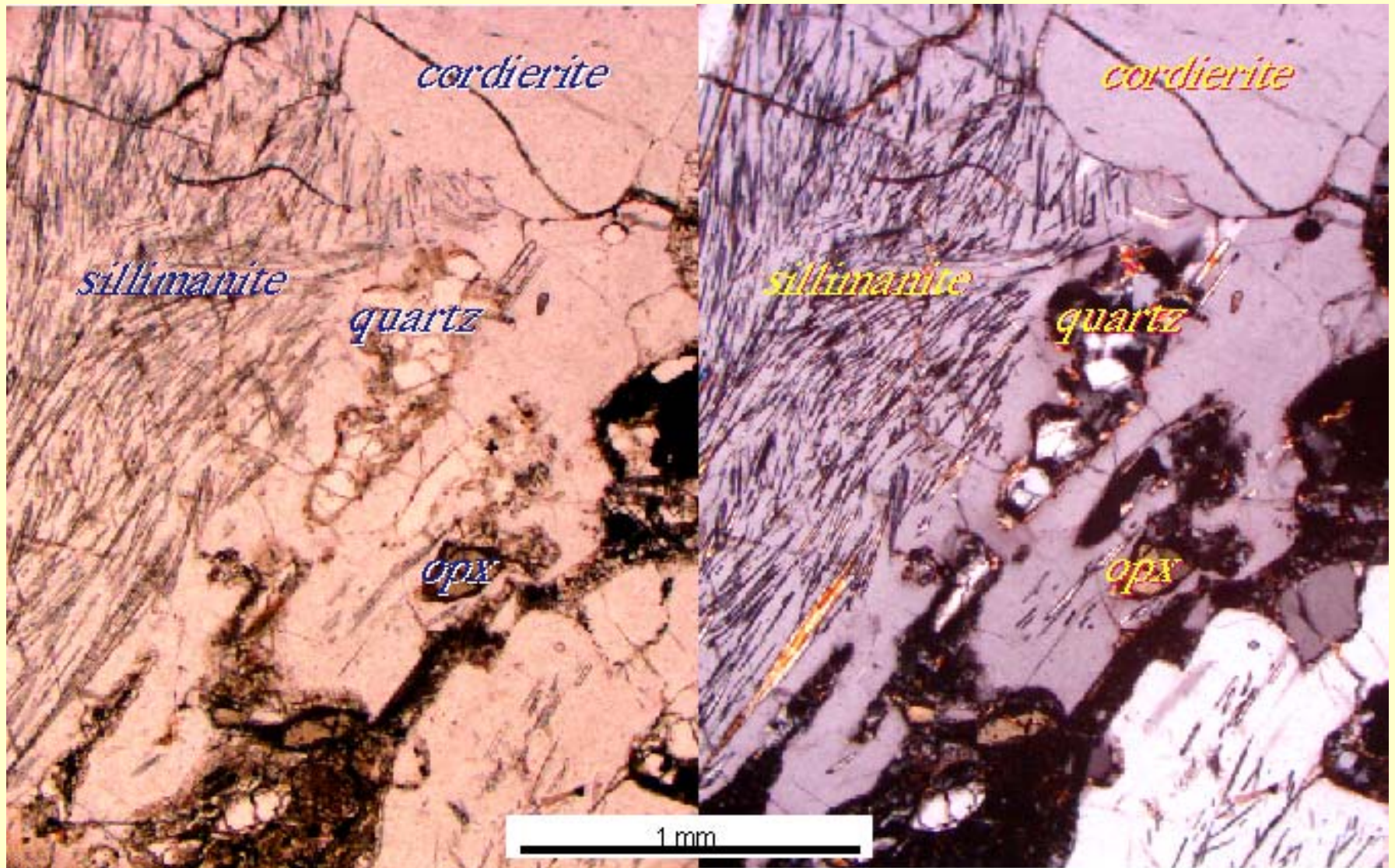
Migmatity



Za podmínek granulitové facie probíhají v metapelitech dehydratační reakce (Ms, Bt), které produkují taveninu a bezvodý restit.

Granulit





Při HT metamorfóze (teploty nad 850° a $P_{\text{H}_2\text{O}}=0$) – dehydratační tavení muskovitu a biotitu

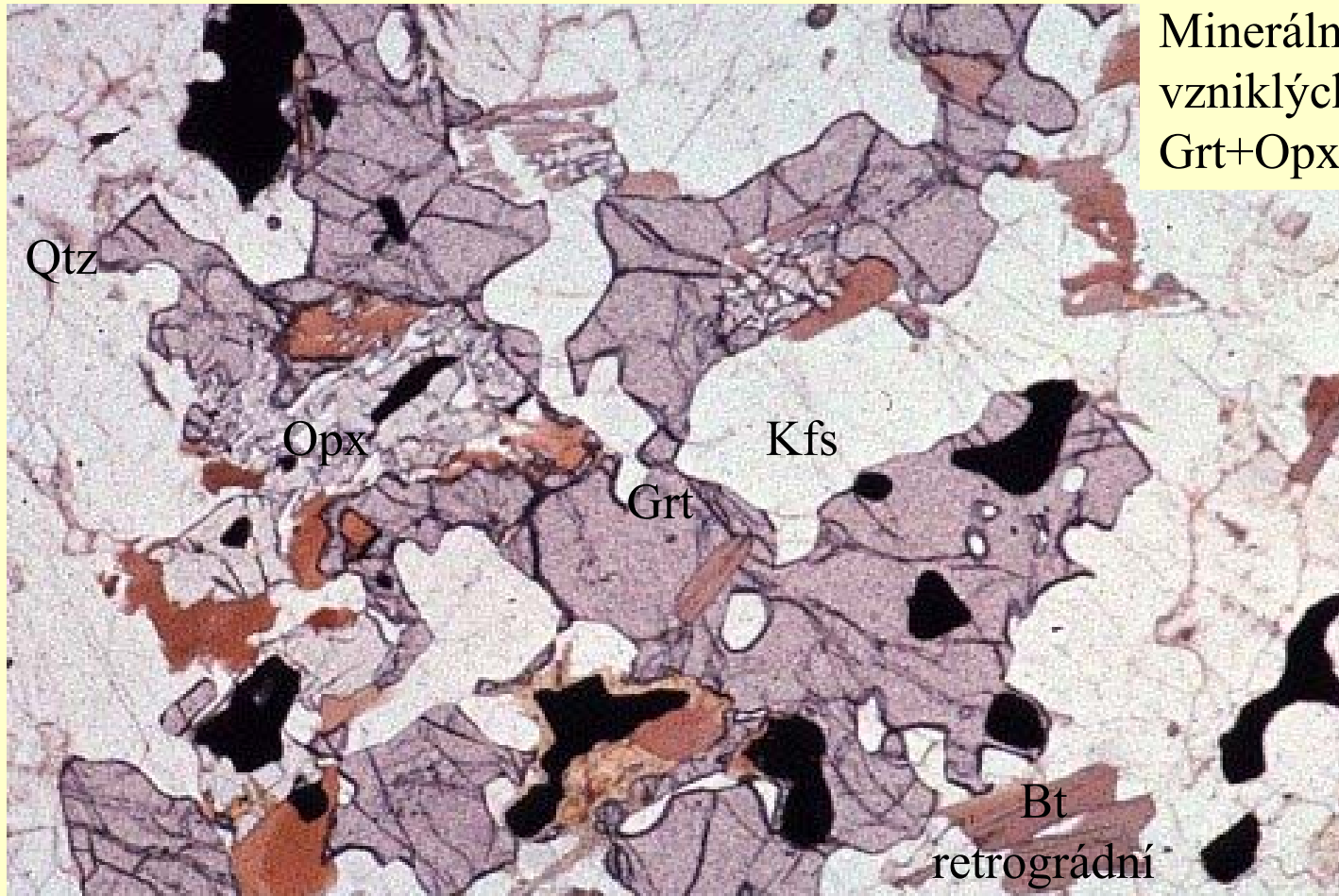


Migmatity jsou částečně natavené horniny. Angmagssalik area, E. Greenland. Outcrop width ca. 10 m. Winter (2001) An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology. Prentice Hall.

•13) *Ultra vysokoteplotní metamorfóza pelitů* (granulitová facie)

•KFMASH: biotit = ortopyroxen + K-živec + H₂O

•dále minerály jako safírín, hercynit, osumilit



Minerální asociace granulitů
vzniklých z metapelitů:
Grt+Opx+Ky+Kfs+Qtz+Sp

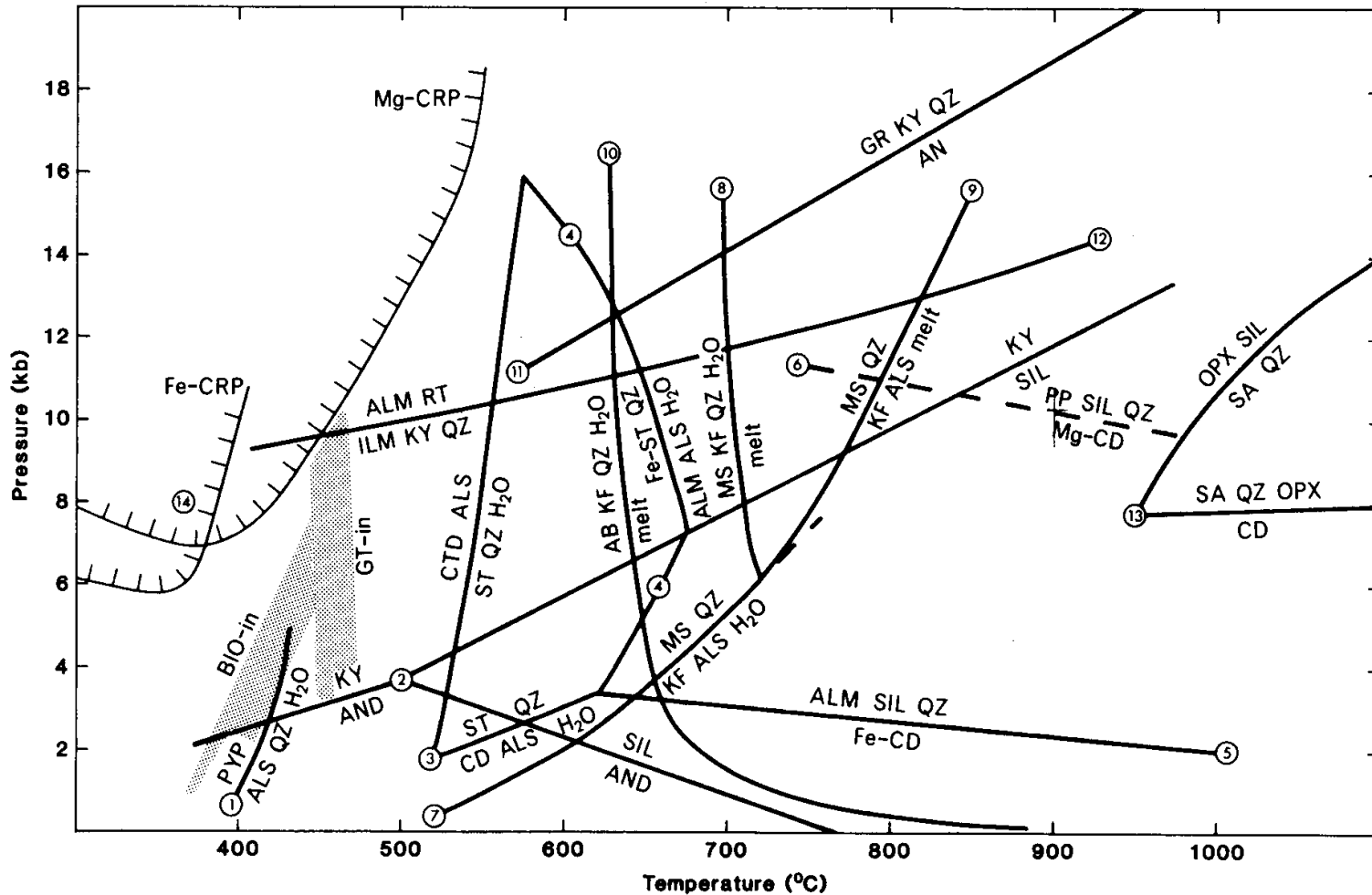
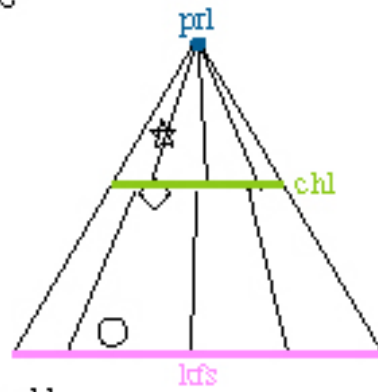


Fig. 3.11 Petrogenetic grid for pelitic metasediments with $P = P_{H_2O}$ (except curve (9)). Abbreviations used are: AB = albite; ALM = almandine; ALS = Al-silicate; AN = anorthite; AND = andalusite; BIO = biotite; CD = cordierite; CRP = carpholite; CTD = chloritoid; GR = grossular; GT = garnet; ILM = ilmenite; KF = K-feldspar; KY = kyanite; MS = muscovite; OPX = orthopyroxene; PP = pyrope; PYP = pyrophyllite; QZ = quartz; RT = rutile; SA = sapphirine; SIL = sillimanite; ST = staurolite. Data sources for the curves are as follows: (1) Kerrick (1968); (2) Holdaway (1971) (see also Fig. 3.12); (3) lower P - T limits of Fe-staurolite + quartz fitted to data of Richardson (1968) and Rao & Johannes (1979); (4) Yardley (1981b), compiled from Richardson (1968), Ganguly (1972) & Rao & Johannes (1979); (5) & (6) Holdaway & Lee (1977); (7) Chatterjee & Johannes (1974); (8) & (9) Thompson (1982) (calculated), note that curve (9) is for H_2O -absent conditions; (10) Luth, Jahns & Tuttle (1964); (11) Goldsmith (1980); (12) Bohlen, Wall & Boettcher (1983a); (13) limits to sapphirine + quartz in the Mg end-member system, Grew (1980); (14) inferred limits to carpholite from Chopin & Schreyer (1983). Stippled bands are approximate conditions of the biotite and garnet isograds. Dashed lines are metastable. N.B. Experimental uncertainties are invariably much greater than the thicknesses of the lines drawn.

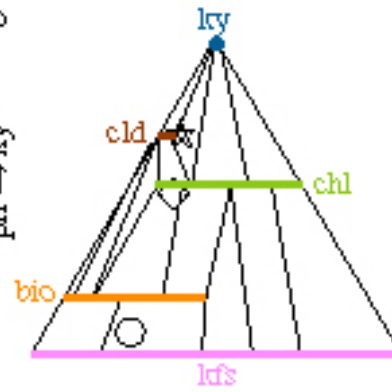
AKFM medium pressure

+qtz + mu + H₂O

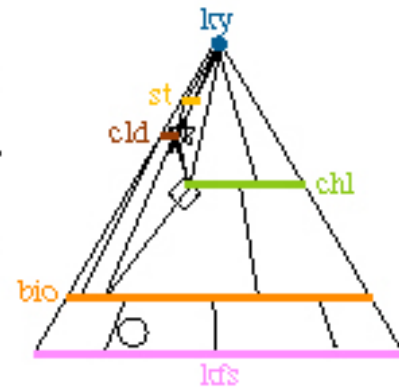
- ☆ hi-Al pelite
- ◇ lo-Al pelite
- granite



- ☆ +lky, cld
 - ◇ +bio
- chl + lfs → bio
Fe-chl → Fe-cld
prl → lry

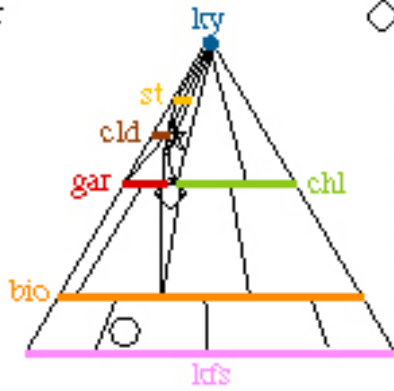


cld + lry → st

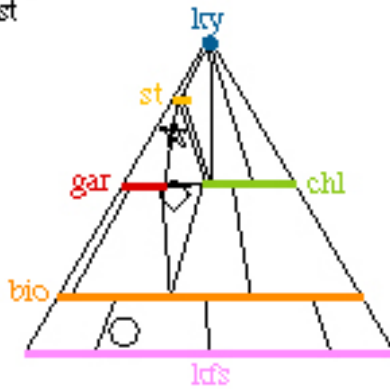


◇ +gar

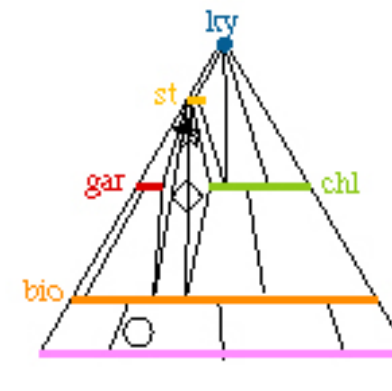
cld + bio → gar + chl



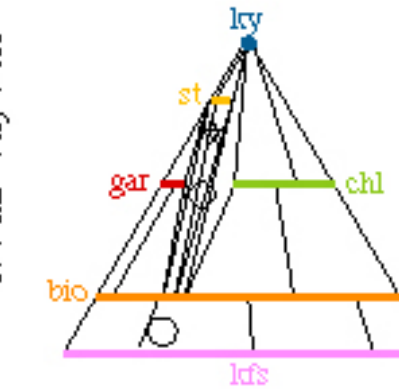
- ☆ -cld
 - ◇ +st
- cld → gar + st + chl



gar + chl → st + bio



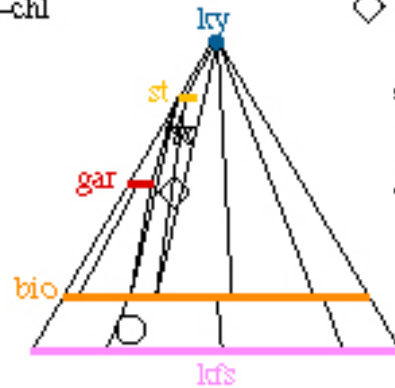
st + chl → lry + bio



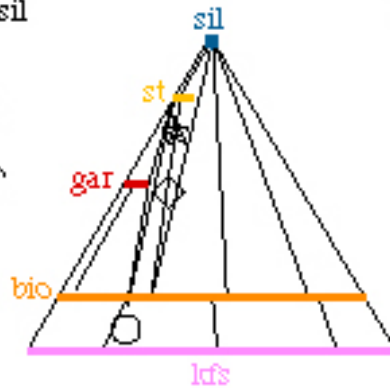
☆ -chl

◇ +lry, -chl

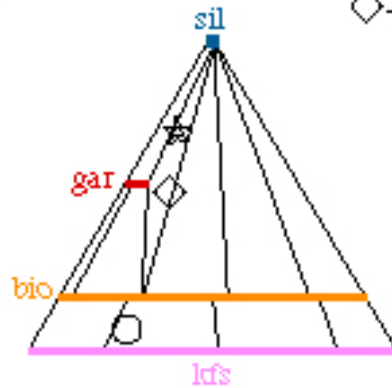
chl + lry → bio + lry



- ☆ +sil
 - ◇ +sil
- lry → sil

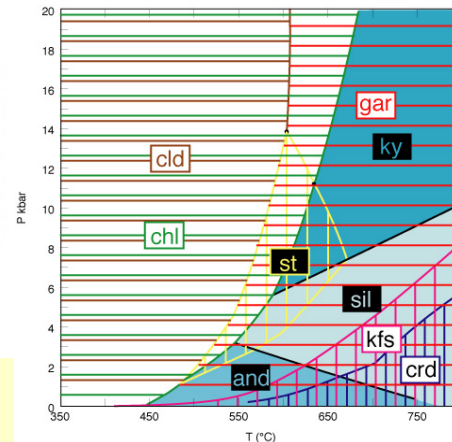


- ☆ -st
 - ◇ -st
- st → gar + bio + sil

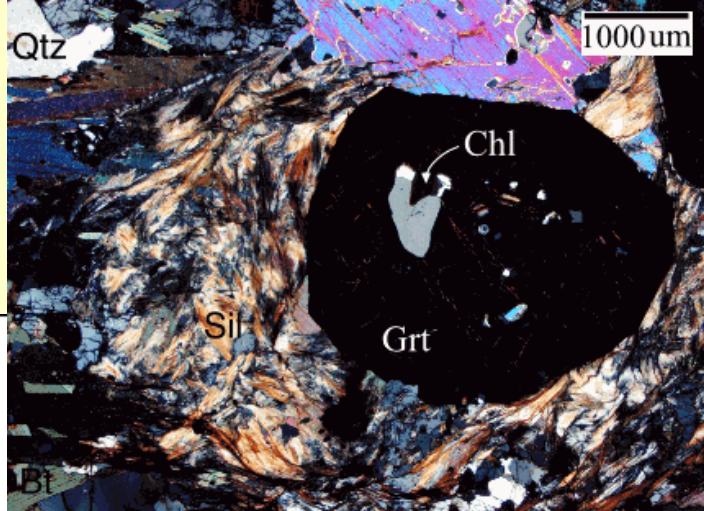


- ☆ +sil + or
 - ◇ +sil + or
- mu → lfs + sil

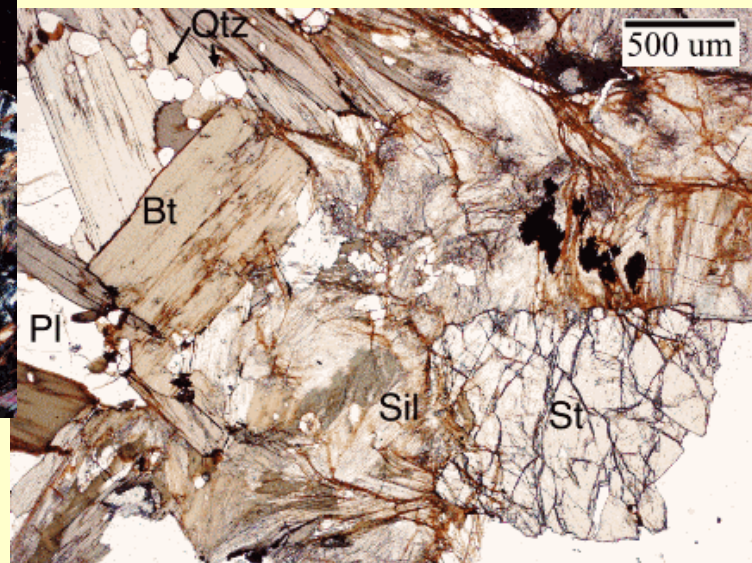
mu → lfs + sil



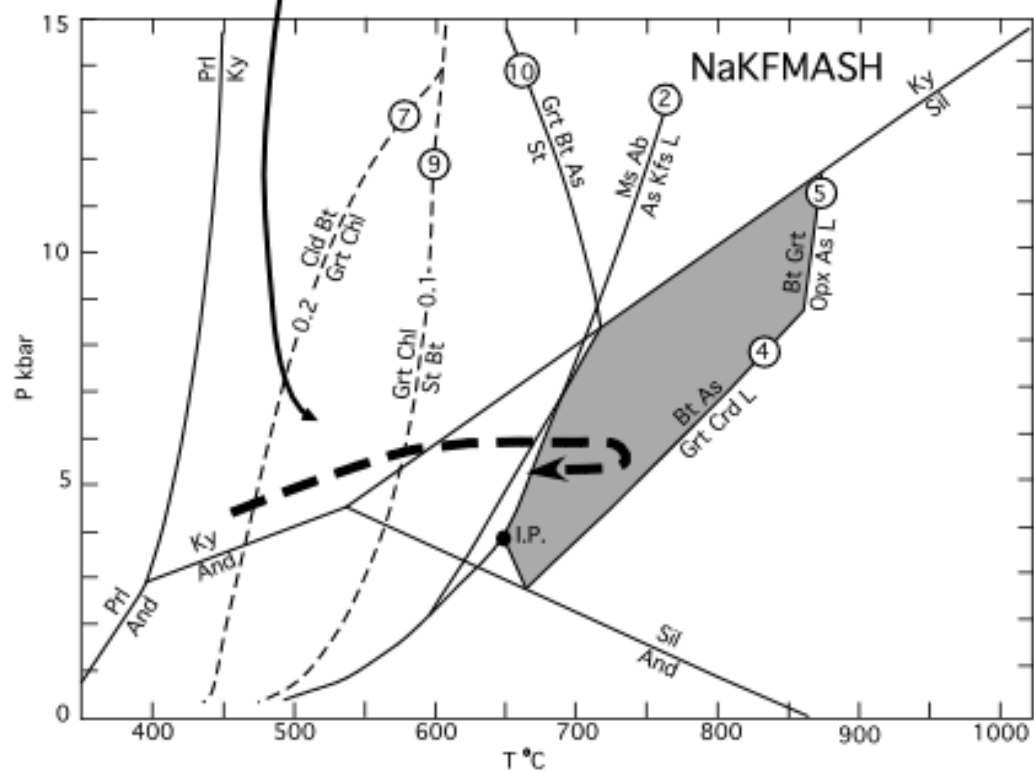
**chloritoid + biotite =
garnet + chlorite + H₂O**



**garnet + chlorite + muscovite = staurolite +
biotite + H₂O**

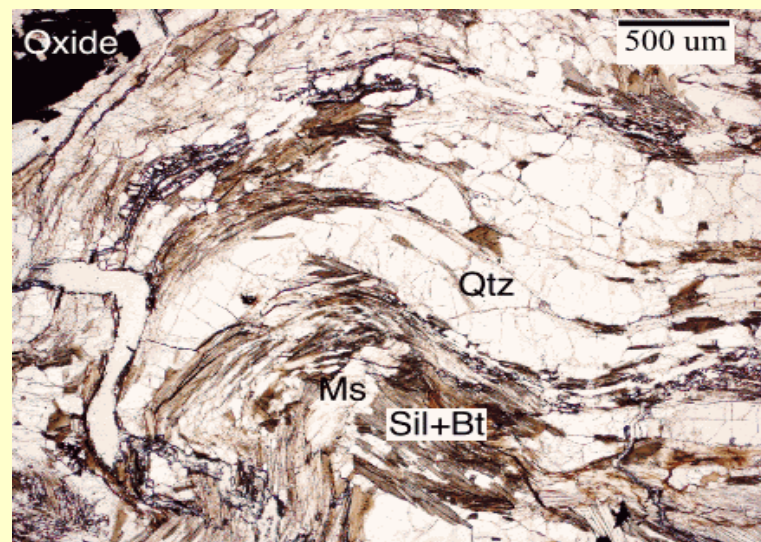


Grt + Chl
stability field
---0.2---
Mn/(Mn+Fe+Mg)
in grt



--- = SPECULATIVE P-T PATH

staurolite = garnet + biotite + Al₂SiO₅ (sillimanite)



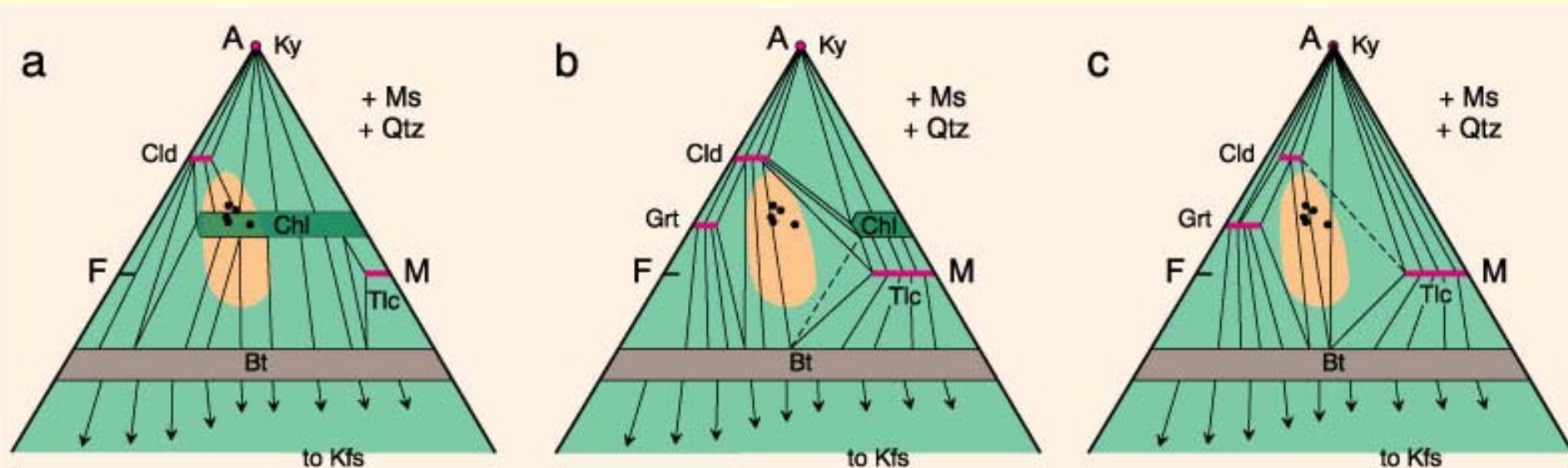
**biotite + Al₂SiO₅ (sillimanite)
=
garnet + K-feldspar + melt**

5. Vysokotlaká metamorfóza pelitů

- Ve facii modrých břidlic je v pelitech stabilní karfolit (chem. vzorec odpovídá součtu chloritoid + křemen + H₂O)
- Charakteristické jsou asociace s mastkem (Tc+Ms, Ms+Ky, Ms+Cld) → bílé břidlice
- reakce např.: $Bt + Chl = Tc + Cld + H_2O$ (**P**)
- Asociace s chloritoidem jsou stabilní za vyšších teplot.
- S nárůstem tlaku roste X_{Mg} v chloritoidu a staurolitu

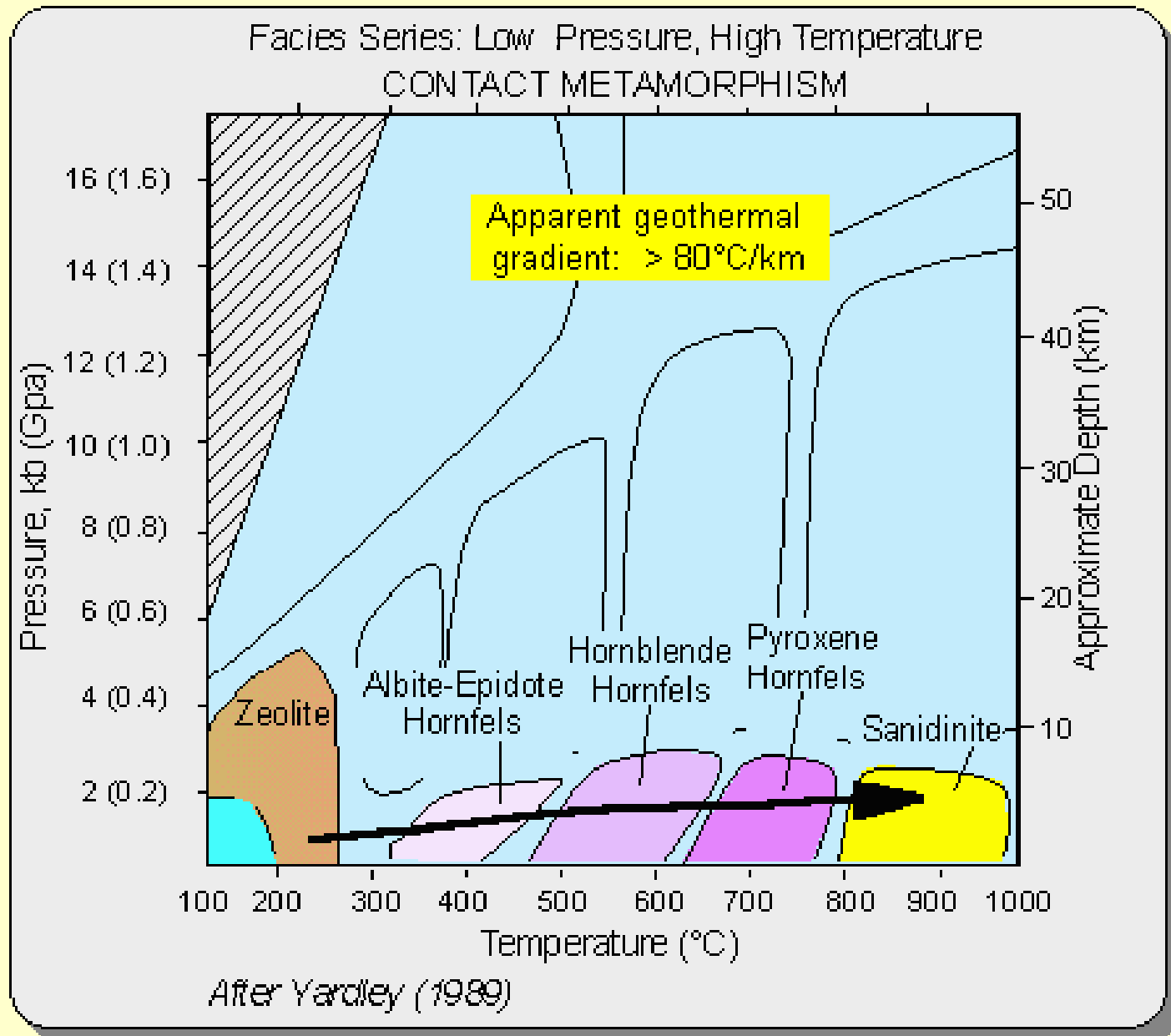
Eklogitová Facie

- Typická asociace pro tlaky nad 20 kbar: Prp + Ky + Tc + Qtz + fengit
- Vysokotlaké modifikace křemene (coesit – nad 25 kbar)
- Ve světlých slídách stoupá s tlakem obsah fengitové komponenty ($MgSi = AlAl$)



AFM diagram pro pelity metamorfované za vysokého poměru P/T (eklogitová facie): a. v horninách s vysokým obsahem Mg může vznikat mastek, b. vzniká spojnice mezi Cld - Tc a část metapelitů může tyto minerály obsahovat, c. zaniká chlorit a většina metapelitů obsahuje kyanit Winter (2001) An Introduction to Igneous and Metamorphic Petrology. Prentice Hall.

6. Kontaktní metamorfóza pelitů

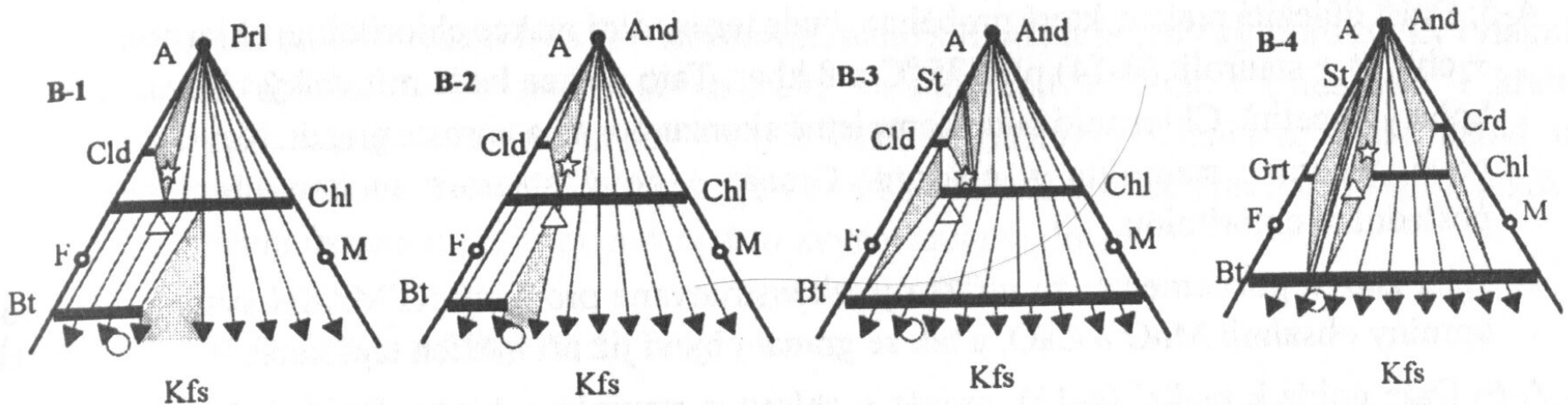


Facie	Mafické horniny	Ultramafické horniny	Pelitické horniny	Vápence
Albit-epidotické rohovce	albit, epidot nebo zoisit, aktinolit, chlorit	serpentin, mastek, tremolit, chlorit, brucit	křemen, albit, muskovit, chlorit, biotit	kalcit, dolomit, křemen, tremolit, mastek,
Amfibolické rohovce	hornblend, plagioklas, diopsid	forsterit, diopsid, tremolit, mastek, chlorit, antofylit, (Al-spinel, magnetit)	křemen, plagioklas, muskovit, biotit, cordierit, andalusit	kalcit, dolomit, křemen, tremolit, diopsid, forsterit
Pyroxenické rohovce	orthopyroxen, augit, plagioklas, (granát)	forsterit, orthopyroxen, klinopyroxen, plagioklas, Al-spinel	křemen, plagioklas, orthoklas, andalusit, sillimanit, cordierit, orthopyroxen	kalcit, diopsid, forsterit, wollastonit
Sanidinové rohovce	orthopyroxen, augit, plagioklas, (granát)	forsterit, orthopyroxen, klinopyroxen, plagioklas	křemen, sanidin, plagioklas, sillimanit, cordierit, orthopyroxen, korund, safirin, Al-spinel	kalcit, diopsid, forsterit, periklas, wollastonit, monticellit, akermanit

Al-bohaté pelity

B-1: počáteční met. asociace: pyrofylyt + chloritoid + chlorit

- B-2: Pod hranicí 400 °C při 2 kbar rozpad pyrofylytu a vznik **andalusitu**.
- B-3: Při reakci chloritoid + andalusit = staurolit + chlorit, ve 475 °C a 2 kbar, bude zkonsumovaný dříve chloritoid než alumosilikát, na rozdíl od situace při střednětlaké metamorfóze. Objeví se **staurolit**, andalusit bude slabě resorbován a poroste nová generace chloritu. Asociace v B3 bude staurolit + chlorit + andalusit.
- B-4: Proběhne reakce staurolit + chlorit = biotit + andalusit. Asociace tedy bude andalusit + **biotit** + chlorit. Granát může být stabilní, je-li v hornině CaO a **MnO**.

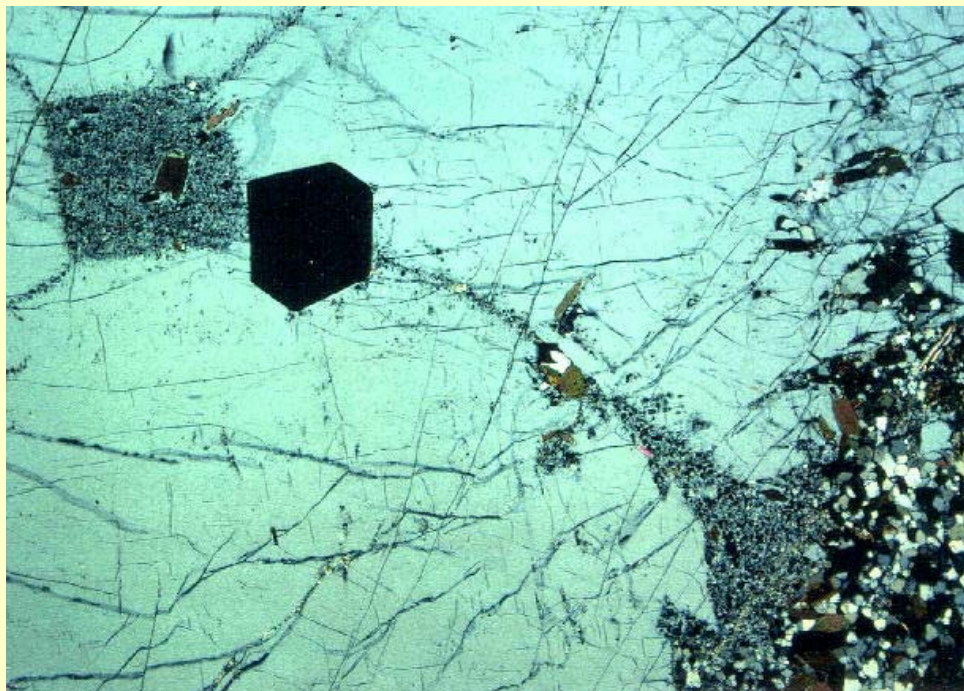


- Plodová břidlice



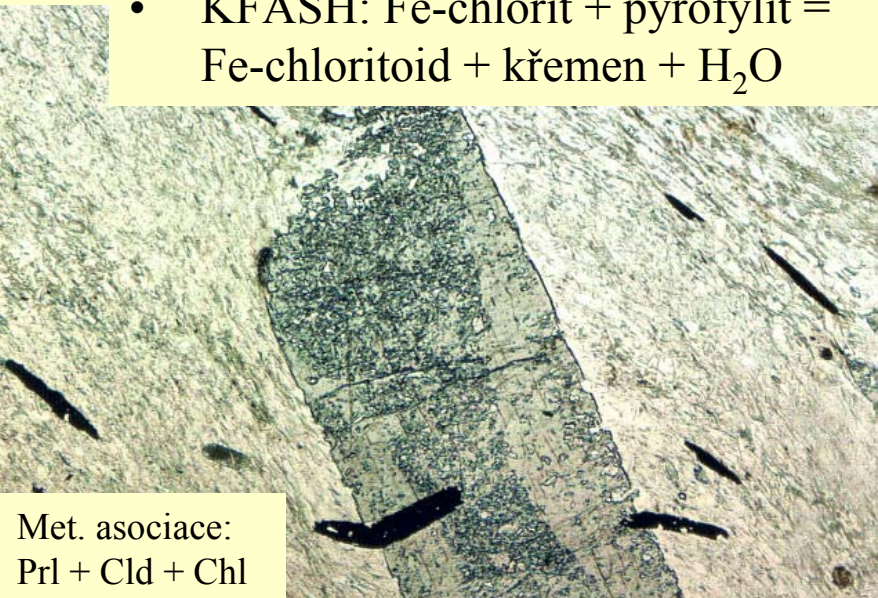
2 CM

Facie albit-epidotických rohovců



Kontaktní břidlice s chloritoidem:

- KFLASH: Fe-chlorit + pyrofylit = Fe-chloritoid + křemen + H₂O



Met. asociace:
Prl + Cld + Chl

Kontaktní břidlice s andalusitem:

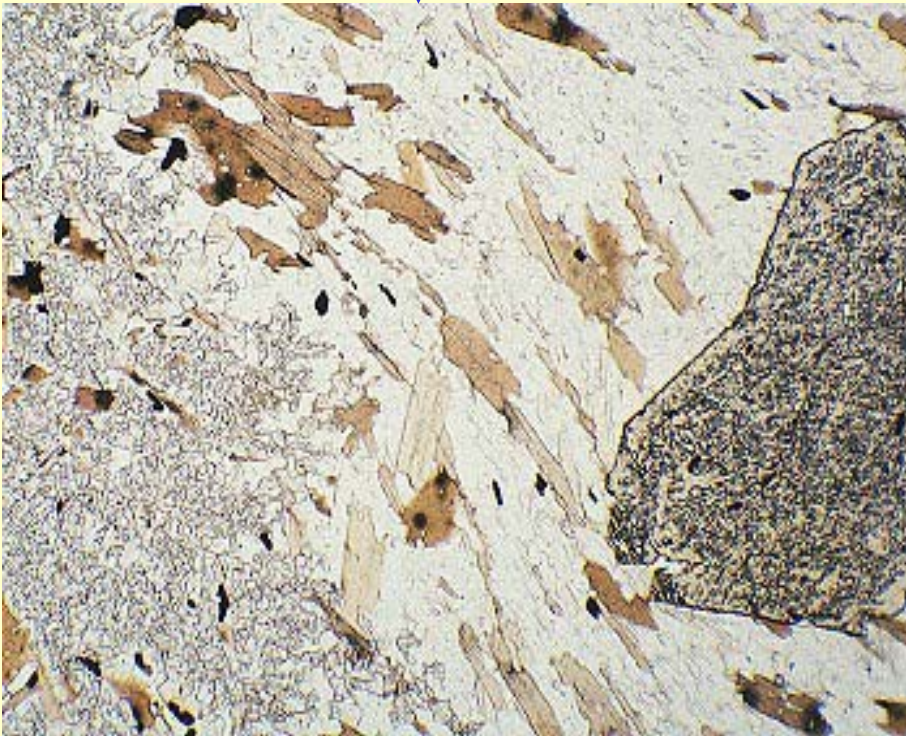
- Porfyroblast andalusitu je obklopen:
Cld + Chl + Qtz + Ms

Facie amfibolických rohovců

chloritoid + andalusit = staurolit + chlorit

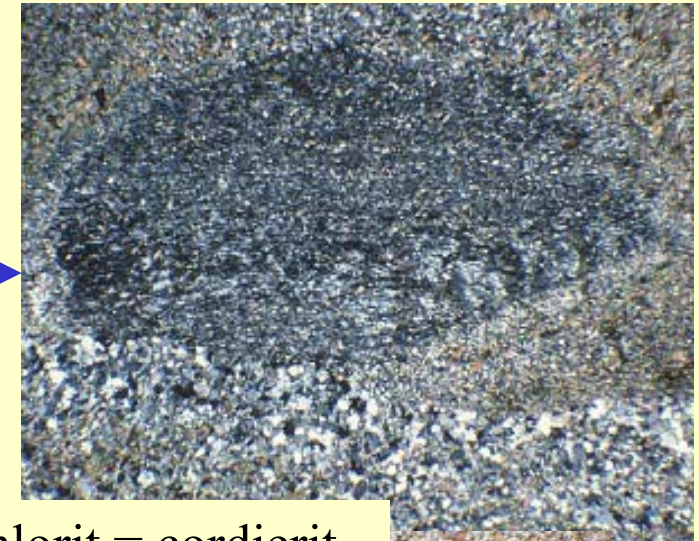


staurolit + chlorit = biotit + andalusit.



Kontaktní břidlice se staurolitem a andalusitem:

- Staurolit tvoří porfyroblast v základní tkáni tvořené Bt+Qtz+Chl+Ms velikost obr. 2,5 mm.



chlorit = cordierit
+ biotit + andalusit

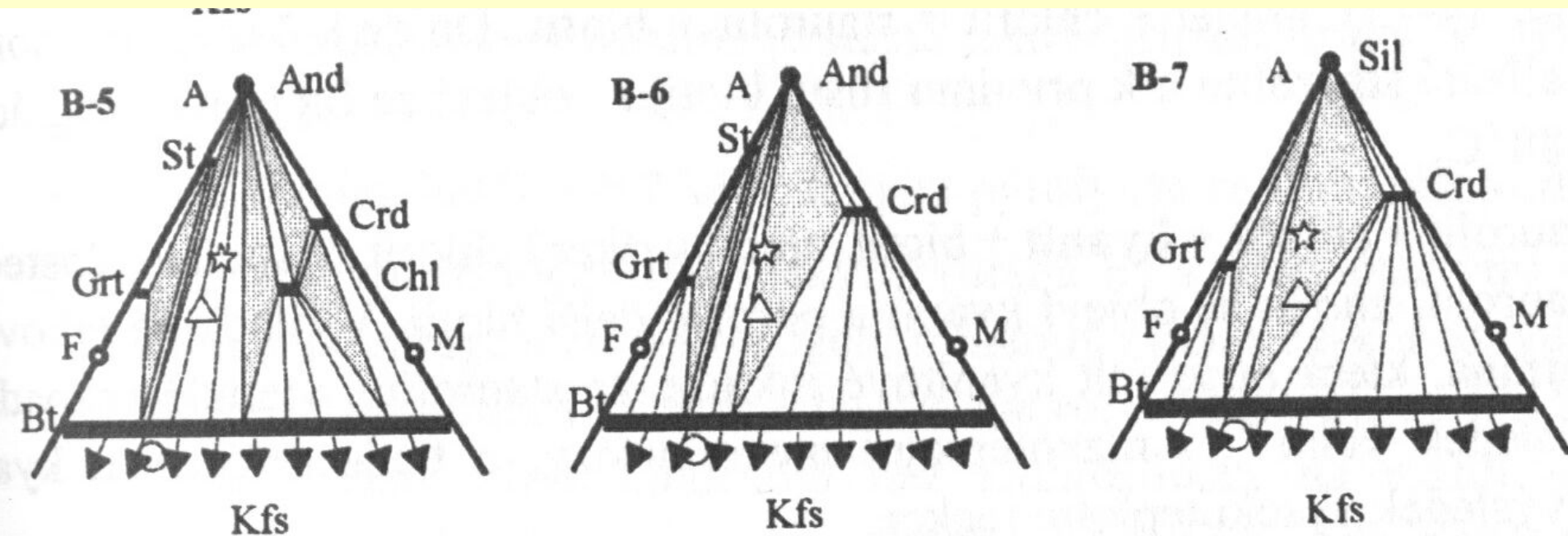


Oválný porfyroblast cordieritu obklopený jemnozrnnou matrix z Ms+Bt+Qtz a porfyroblasy And+St (facie amfibolitových rohovců).

B-5: Chlorit je zkonsumován během kontinuální reakce, při které roste andalusit a biotit.

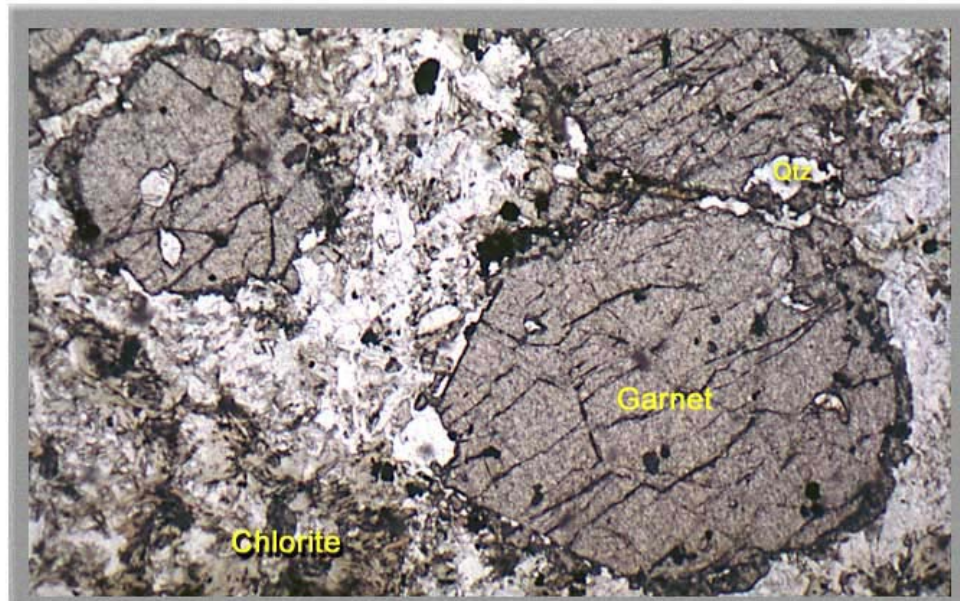
B-6: Terminální reakce pro stabilitu chloritu v KFMASH systému chlorit = cordierit + biotit + andalusit. Vzniká asociace cordierit + andalusit + biotit. Další cordierit poroste během kontinuální reakce biotit + andalusit = cordierit

B-7: Andalusit je nahrazen sillimanitem, reakcí andalusit = sillimanit. Výsledná asociace je sillimanit + biotit + cordierit (+ křemen + muskovit). Granát může být přítomný díky komponentám MnO a CaO.



Al-chudé pelity

- B-1; Al-chudé pelity ve 350 °C a 2 kbar mají asociaci chlorit + biotit (+ muskovit + křemen).
- B-2, B-3: Asociace zůstane chlorit + biotit.
- B-4: V podmínkách 550 °C, 2 kbar je stále ještě stabilní asociace chlorit + biotit, ale pokud je v hornině dostatek CaO a MnO může být již přítomný i granát.
- B-5: Začne probíhat kontinuální reakcí: chlorit = andalusit + biotit. Chlorit bude z horniny úplně zkonsumován.

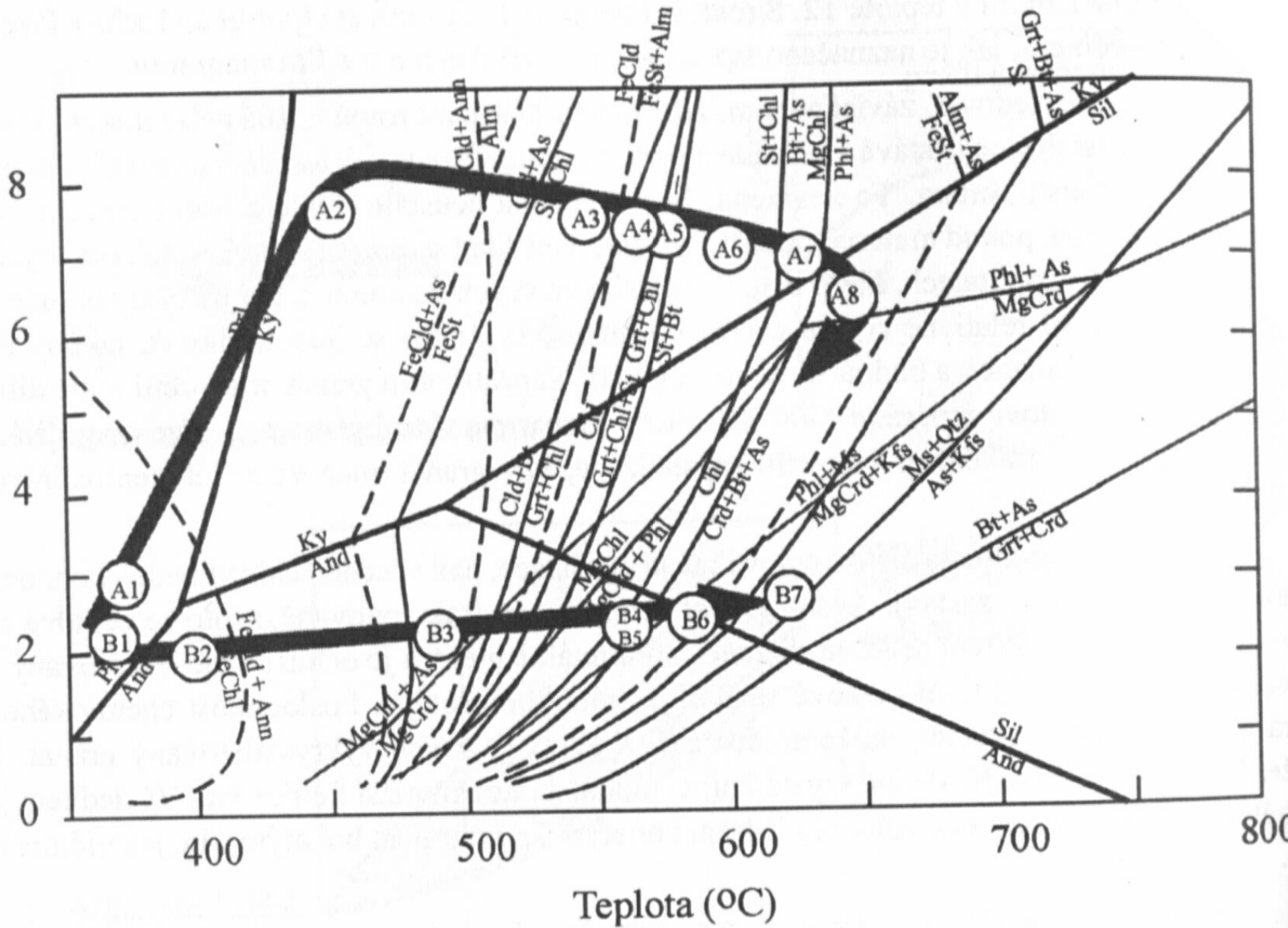


Granulitický kontaktní rohovec



Andalusitický kontaktní rohovec

Tlak (kbar)



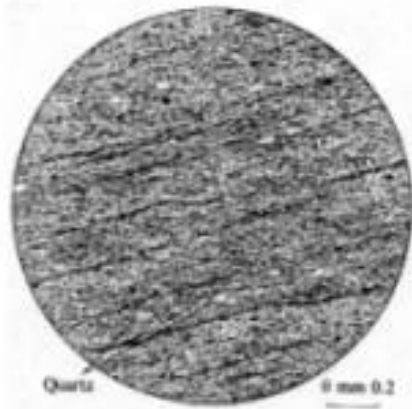


- B-6: Proběhne reakce chlorit = cordierit + andalusit + biotit a kontinuální reakce andalusit + biotit = cordierit.
- B-7: Dojde k nahrazení andalusitu sillimanitem a konečná asociace je: Sill + Cdr + Bt + Ms + Qtz \pm Grt

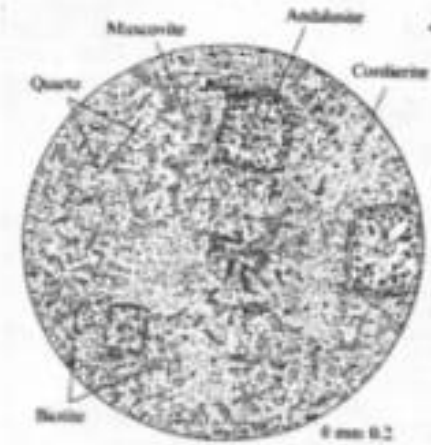


Cordieritický
kontaktní rohovec

- And + Cdr + Bt + Ms + Qtz



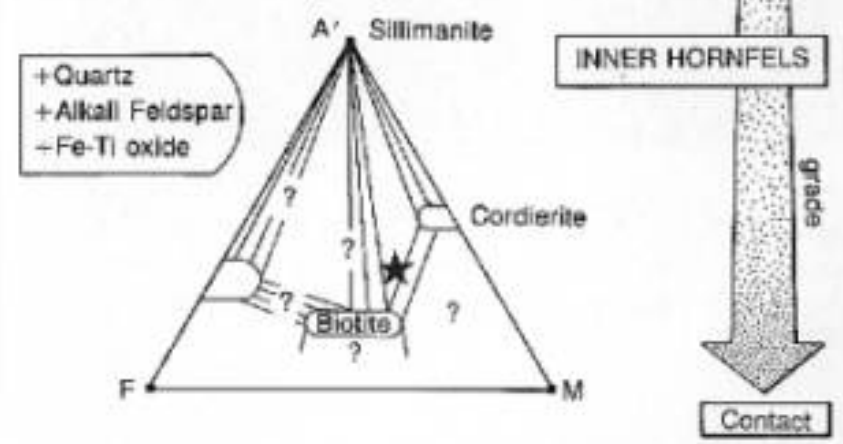
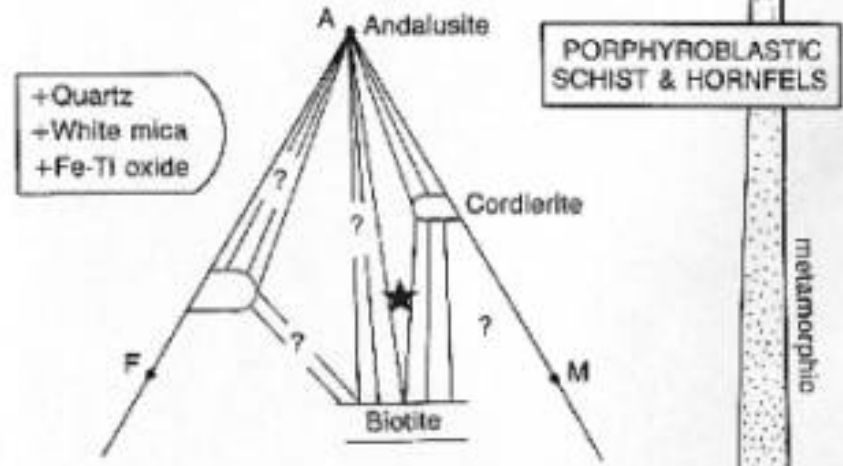
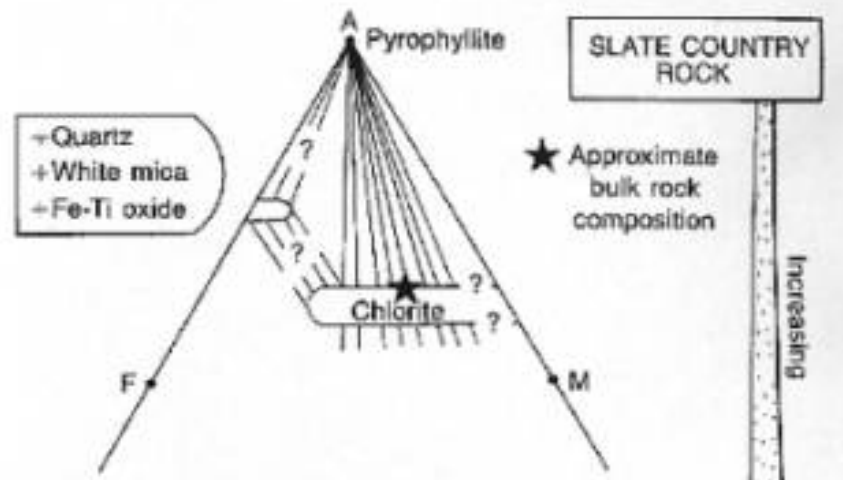
Quartz 0 mm 0.2



0 mm 0.2



0 mm 0.2



Literatura

- Dudek, A. - Fediuk F. - Palivcová M. (1962): Petrografické tabulky
- Hejtman, B. (1962): Petrografie metamorfovaných hornin
- Konopásek, J. – Štípská P. – Klápová H. – Schulmann K. (1998): Metamorfnní petrologie
- Naprostá většina obrazového materiálu pochází z celé řady internetových stránek věnujících se metamorfnní petrologii