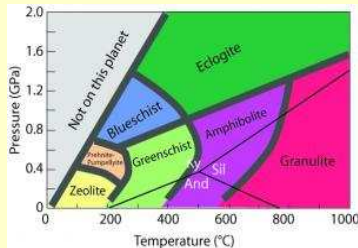


# Petrologie G3021

## 6. Metamorfóza a metamorfní facie



## 3. Metamorfóza a metamorfní facie

### Osnova:

- *Metamorfní zóny, indexové minerály izogrady*
- *Metamorfní facie*
- *Geotektonická pozice metamorfózy*

### 1. Metamorfní zóny, indexové minerály izogrady

#### Diagnostické minerály

- přítomnost některých minerálů, jak v podstatném tak akcesorickém množství nám může indikovat určité metamorfní podmínky nebo specifické chemické složení
- jejich použití v názvu horniny nám může rychle poskytnout důležitou informaci
- například staurolitický svor dosáhl teplotních podmínek nejméně 550 °C
- termín **metamorfní zóna** byl zaveden Barrowem (1893) v metapelitech oblasti Dalradian ve Skotsku
- **podle zvyšujícího metamorfního stupně vstupují další (indexové) minerály:**
  - chlorit – biotit – granát – staurolit – kyanit – sillimanit
  - střednětlaká metamorfóza
- **později byla zjištěna v oblasti Buchan ve Skotsku jiná posloupnost minerálů:**
  - biotit – cordierit – andalusit – sillimanit
  - nízkotlaká metamorfóza

### 2. Metamorfní facie

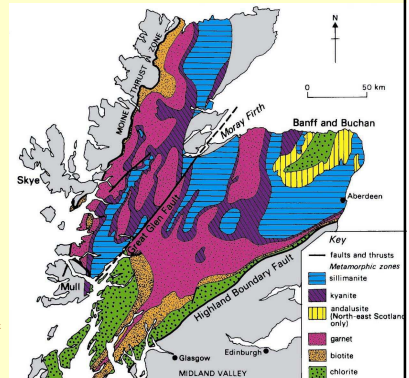
- Eskola (1915) odvodil koncept metamorfních facií (bazické horniny):
  - 1) Metamorfní facie zahrnuje horniny, které byly metamorfovány za stejných podmínek.
  - 2) Jestliže horniny stejného chemického složení jsou tvořeny stejnými minerály, pak náleží jedné facií.
  - 3) Podmínkou je aby hornina byla v rovnováze s metamorfními podmínkami (retrográdní met.).

- George Barrow (1893, 1912): Scottish Highlands, mapoval první výskyty porfyroblastů minerálů v metapelitech jako zóny: chlorit, biotit, granát, staurolit, kyanit, sillimanit.
- U. Grubenmann (1911) *Die Kristallinen Schiefer*:
  - epizona – mělké pohřbení, (zelené břidlice)
  - mesozona – střední hloubka pohřbení, (amfibolity)
  - katazona – hluboké pohřbení, (granulity)
- Cecil E. Tilley (1925): definoval zóny indexových minerálů jako izogrady (tedy linie o stejné teplotě)

### • Metamorfní zóny,


- Termín metamorfní zóna byl zaveden Barrowem (1893) v metapelitech oblasti Dalradian ve Skotsku. Podle zvyšujícího metamorfního stupně vstupuje do horniny další (indexový) minerál

- chlorit
- biotit
- granát
- staurolit
- kyanit
- sillimanit




Regional metamorphic map of the Scottish Highlands, showing the zones of minerals that develop with increasing metamorphic grade. From Gillen (1982) *Metamorphic Geology. An Introduction to Tectonic and Metamorphic Processes*, George Allen & Unwin, London.

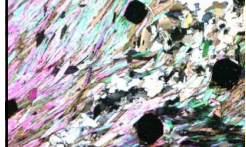
- Chloritová zóna:** metamorfované břidlice se mění na fylity s chloritem, muskovitem, křemenem a albitem



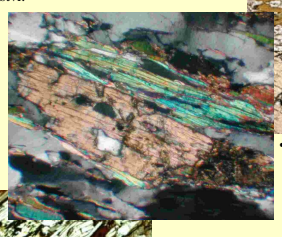
- Biotitová zóna:** ve fylitech se objevuje biotit který je v asociaci s chloritem, muskovitem, křemenem a albitem




- Granátová zóna:** Svory až ruly obsahují porfyroblasty granátu v základní hmotě složené z biotitu, chlorit, muskovit, křemen a albit až oligoklas.



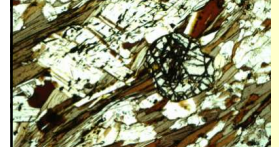
- Staurolitová zóna:** Svory až ruly se staurolitem, biotitem, muskovitem, křemenem, granátem a plagioklasem. Může být přítomen chlorit ale jen v malém množství.



- Kyanitová zóna:** Svory až ruly s kyanitem, staurolitem, biotitem, muskovitem, křemenem, granátem a plagioklasem.



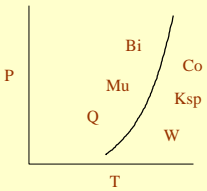
- Silimanitová zóna:** Svory až ruly se silimanitem biotitem, muskovitem, křemenem, granátem a plagioklasem. Někdy může být přítomen staurolit a relikty kyanitu.



**Pentii Eskola (1914, 1915)** hominy o podobném chemickém složení v okolí Oslo a Orijarvi mají odlišné minerální asociace

**Reakce:**  
 $2 \text{KMg}_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 + 6 \text{KAl}_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2 + 15 \text{SiO}_2$   
 Bi Mu Q  
 $= 3 \text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18} + 8 \text{KAlSi}_3\text{O}_8 + 8 \text{H}_2\text{O}$   
 Crd Ksp P

Oslo: Ksp + Cord  
 Orijarvi: Bi + Mu



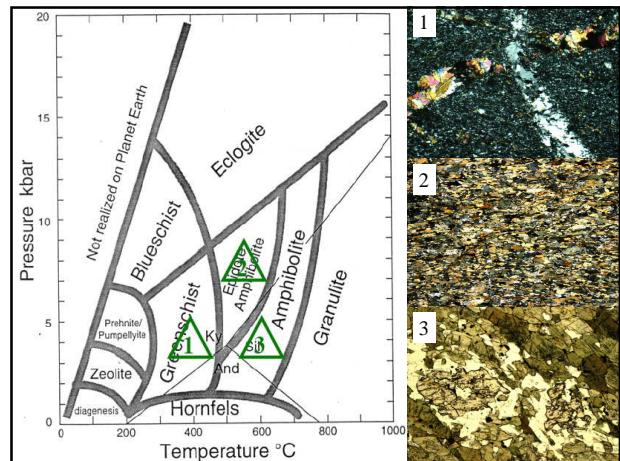
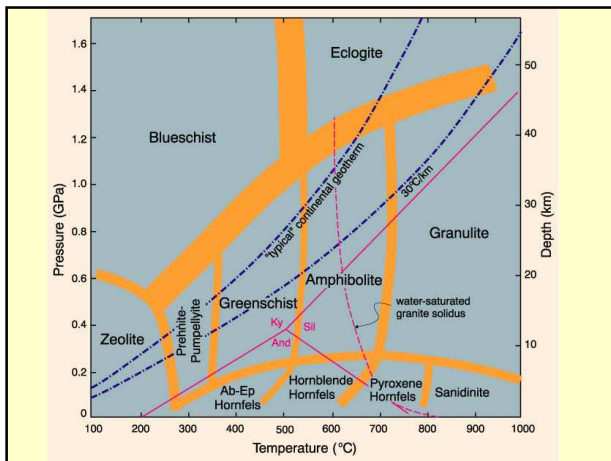
**Eskola (1920)** : metamorfni facie na bazických horninách (5 základních)  
 Greenschist, Amphibolite, Hornfels, Sanidinite, Eclogite

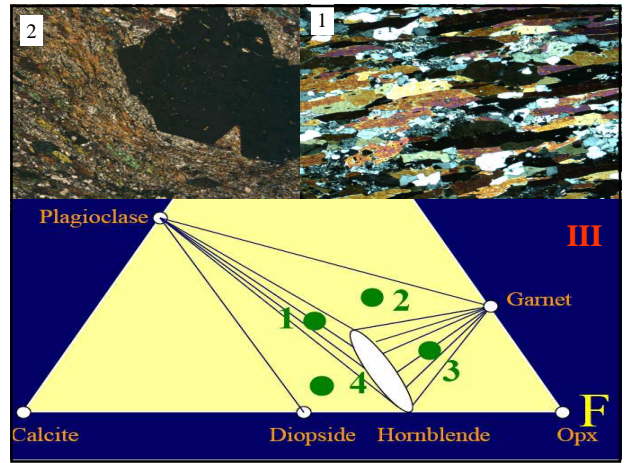
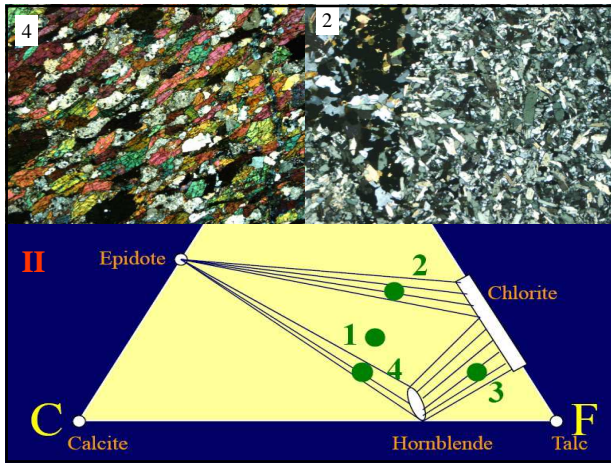
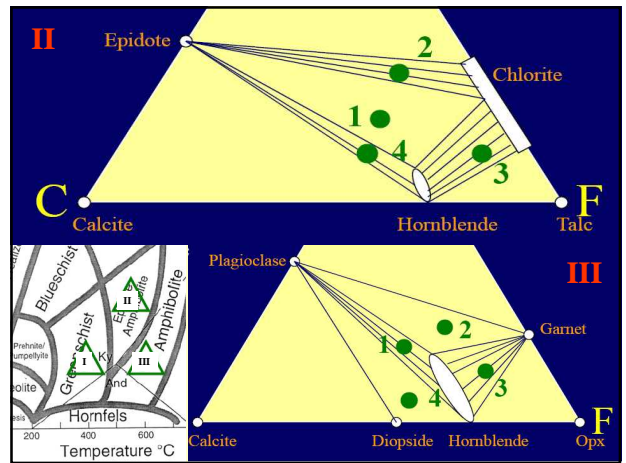
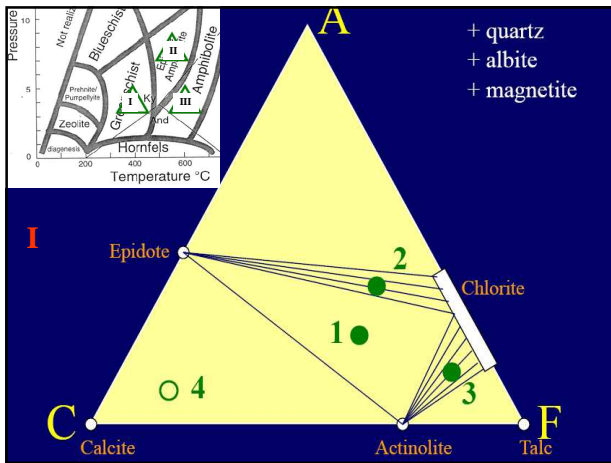
**Eskola (1939)** : Granulite, Epidote-amphibolite, Glaucophane-schist, (Blueschist)

**Metamorfni facie**

- Definice:** Je to soubor metamorfni minerálních asociací, opakujících se v prostoru a čase tak, že existuje konstantní a proto předpověditelný vztah mezi mineralogickým složením, chemickým složením horniny a stupněm metamorfózy.
- Metamorfni facie byly definovány na metabazitech.
- Typy metamorfni facii:** 1)zeolitová, 2) prehnit-pumpellyitová, 3) modrých břidlic – glaukofan, 4) eklogitová - granát + omfacit, 5) zelených břidlic - chlority, aktinolit, 6) epidot-amfibolitová, 7) amfibolitová, 8) granulitová - ortopyroxen

Facie	Diagnostické minerály v mafických horninách
zeolitová	zeolity
prehnit-pumpellyitová	prehnit + pumpellyit
modrých břidlic	glaukofan + lawsonit nebo epidot (+albit +/-chlorit)
eklogitová	granát + omfacit
zelených břidlic	chlorit + albit + epidot (nebo zoisit) +/- aktinolit
epidotických amfibolitů	plagioklas (albit-oligoklas) + hornblend + epidot +/- granát
amfibolitová	plagioklas (oligoklas- andezin) + hornblend +/- granát
granulitová	ortopyroxen (+ klinopyroxen + plagioklas +/- hornblend +/- granát



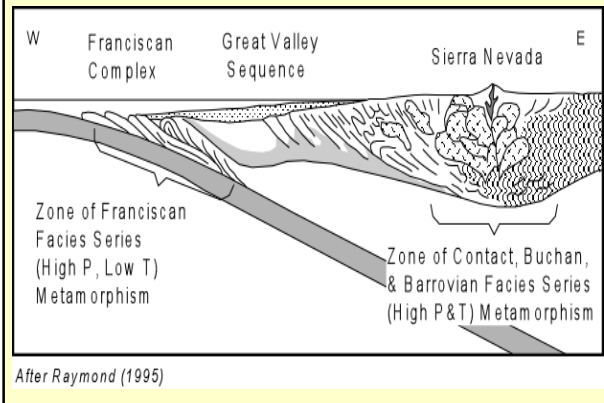


Metamorphic Grade →				
Metamorphic Facies	Greenschist	Transitional Slates	Amphibolite	Granulite
Albite	Oligoclase			Andesine
Plagioclase > An <sub>12</sub>				
Epidote				
Actinolite				
Hornblende				
Augite				
Orthopyroxene				
Chlorite				
Garnet				
Biotite				
Quartz				
Phengite				
Cummingtonite				
Zone for associated metapelites	Chlorite Zone	Biotite Zone	Garnet Zone	Staurolite and Kyanite Zones Sillimanite-Muscovite Zone K-feldspar-Sillimanite Zone Cordierite-Garnet Zone

pelity	maficé horniny	nečisté dolomitické mramory
biotitová zóna	facie zelených břidlic	masek
granátová zóna	facie epidotických amfibolitů	tremolit - aktinolit
staurolit-kyanitová zóna	amfibolitová facie	diopsid
sillimanitová zóna	granulitová facie	diopsid, forsterit

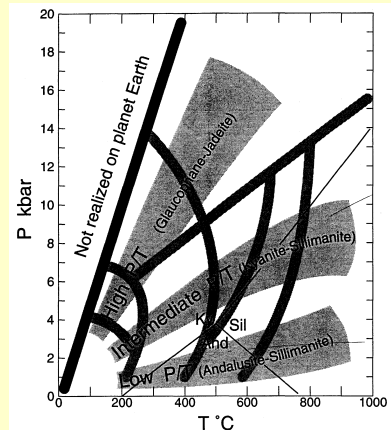
Chemicky různé horniny se během metamorfozy chovají odlišně (pelity, mafické horniny)

### 3) Geotektonická pozice jednotlivých typů metamorfóz



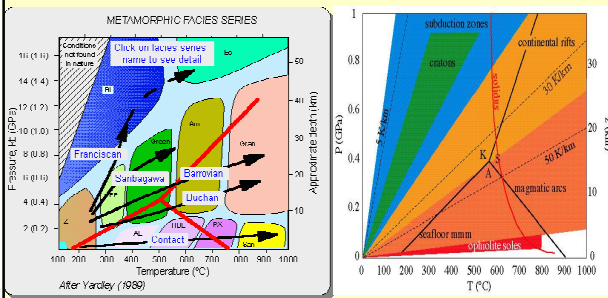
### Série metamorfních facií

- 1) Abukuma (Buchan)
  - ✓ nízký poměr P/T
  - ✓ (Gre – A – G)
  - ✓ série andalusit-sillimanit
- 2) Sanbagawa
  - ✓ vysoký poměr P/T
  - ✓ (Zeo – PP – Blue – Ecl)
  - ✓ série glaukofan-jadeit
- 3) Barrovienská
  - ✓ střední poměr P/T
  - ✓ (Gre – Epi – A – A – G)
  - ✓ série kyanit-sillimanit



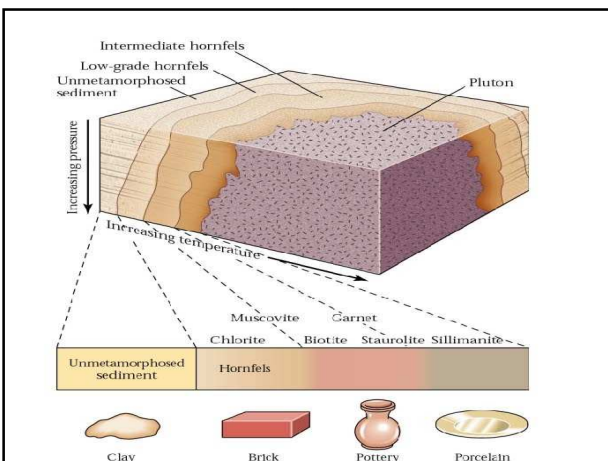
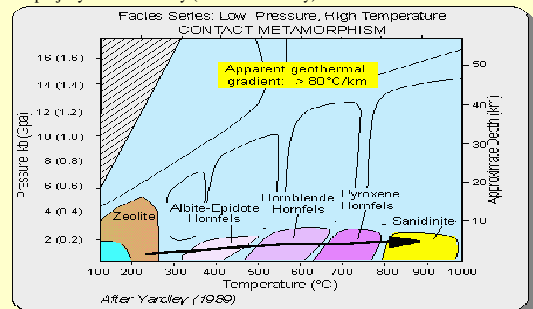
### Miyashiro (1961) různé sekvence metamorfních facií v různých tekt. prostředích:

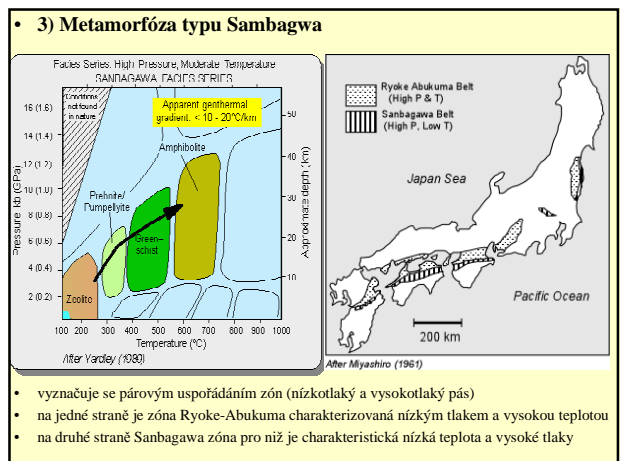
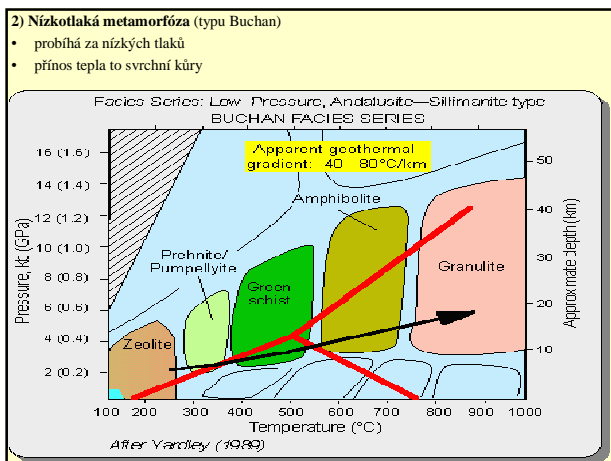
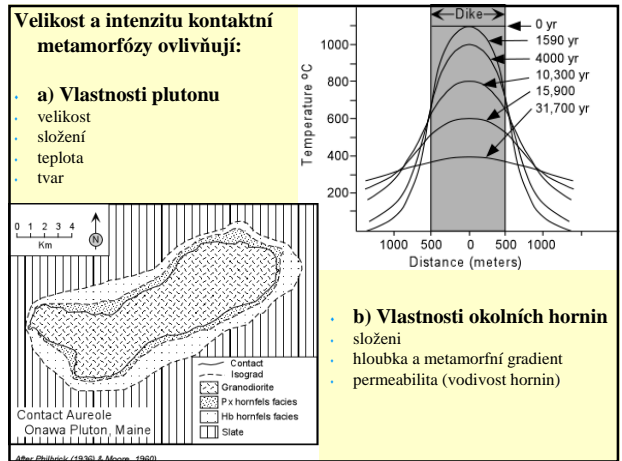
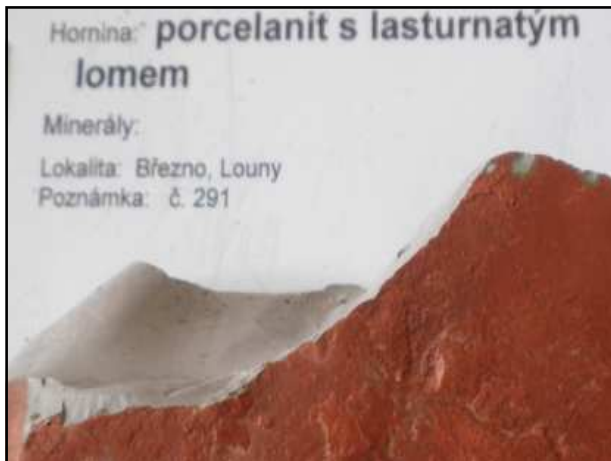
1. Série kontaktních facií (nízké tlaky) Contact Facies Series
2. Série facií Abukuma nebo Buchan (nízké tlaky regionální)
3. Série facií Sanbagawa (vysoké-P, střední-T)
4. Série facií Franciská (vysoký-P, vysoká-T)
5. Série facií Barrovienská (střední-P regionální)

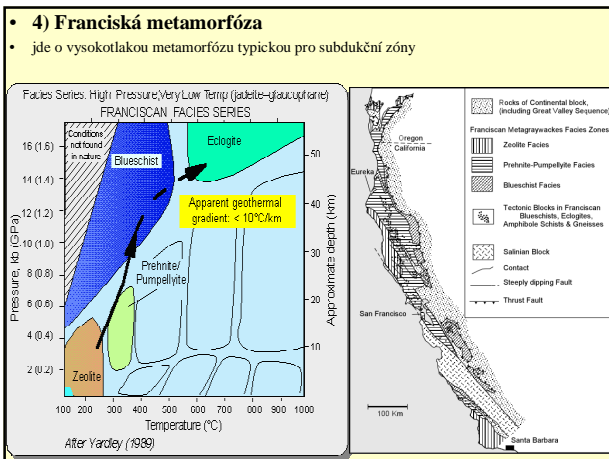
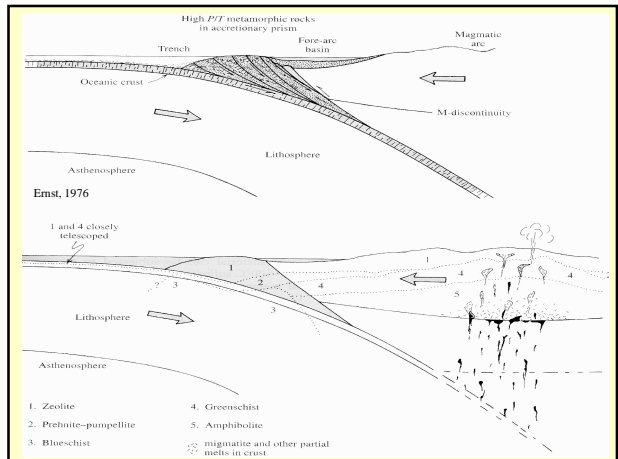
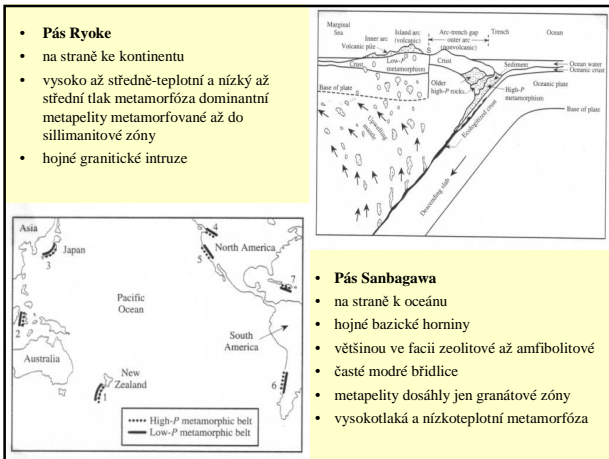
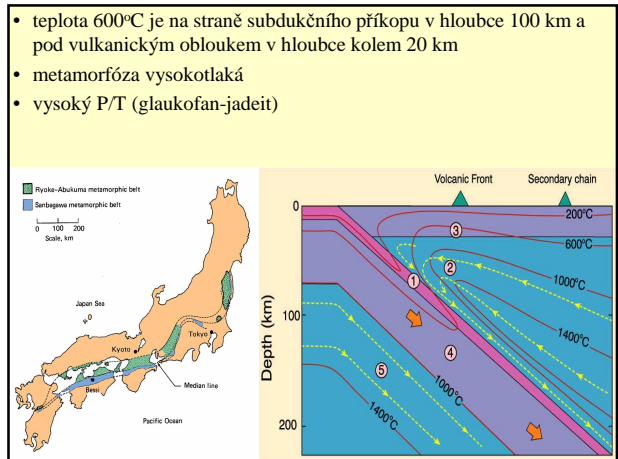
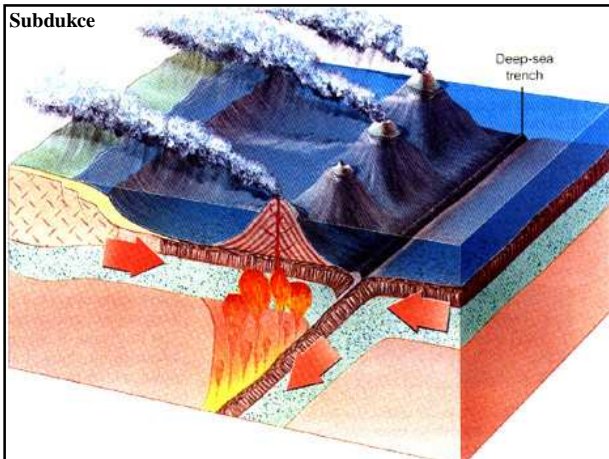


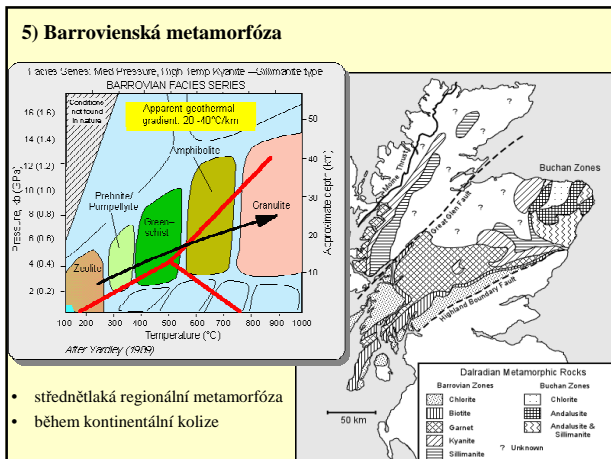
### 1) Kontaktní metamorfóza

- probíhá za velmi nízkých tlaků
- je způsobena teplem magmatu na povrchu nebo těsně pod ním
- nízký P/T (andalusit-sillimanit)
- malý rozsah (závisí hlavně na velikosti magmatického tělesa)
- časté projevy metasomatózy (kontaktní skarny).





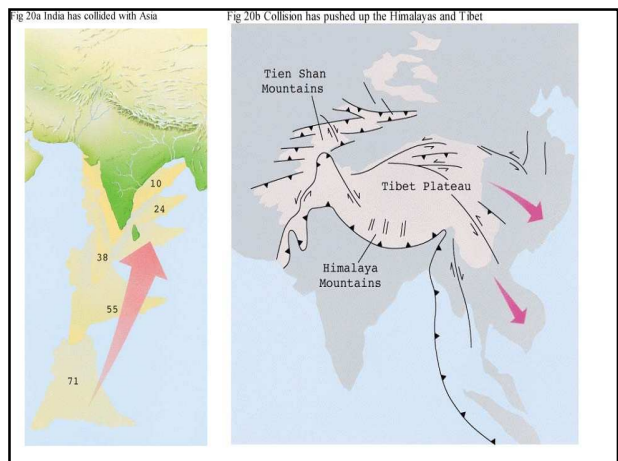
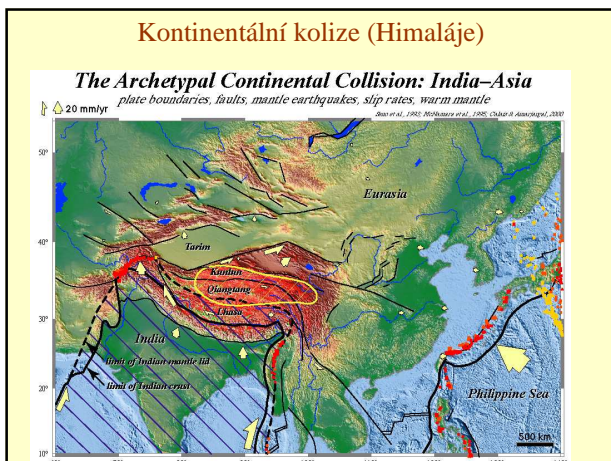
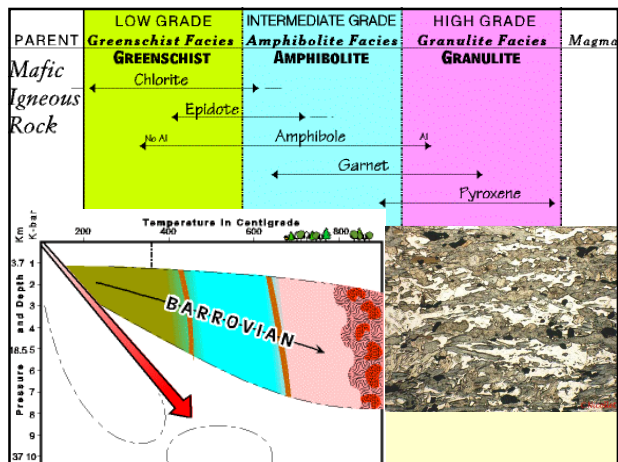
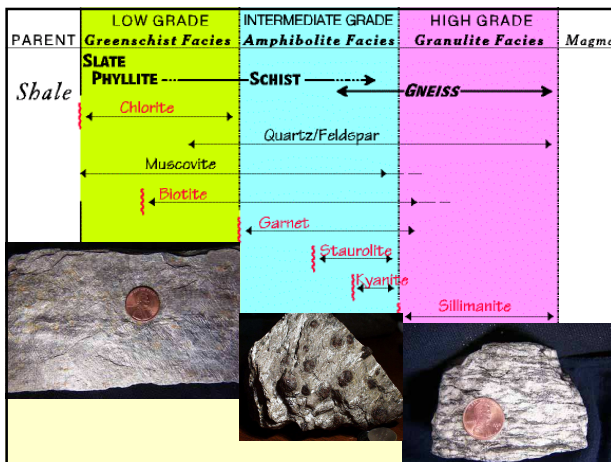


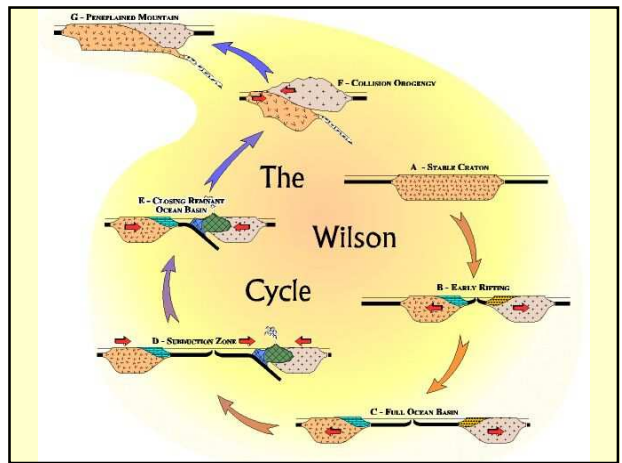
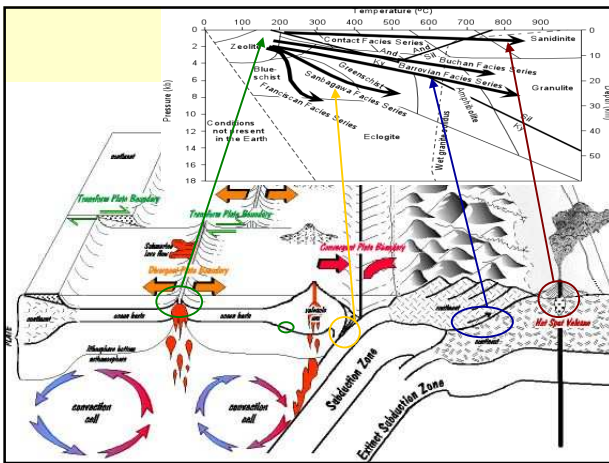
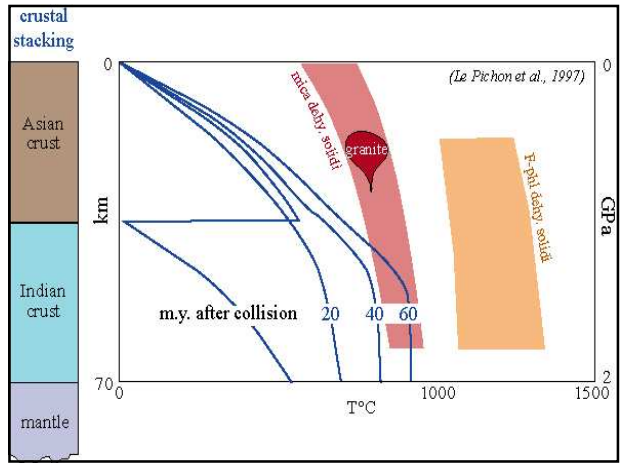
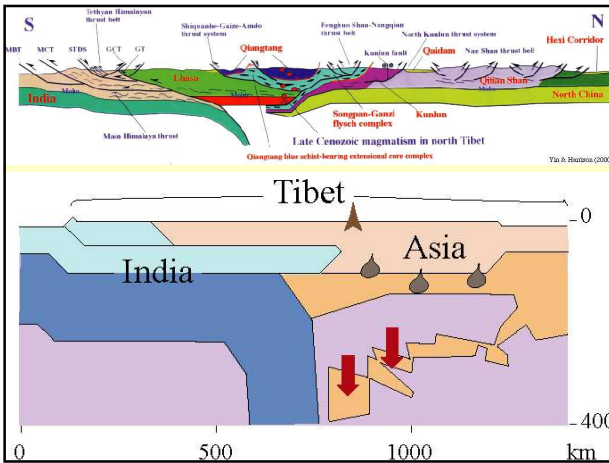
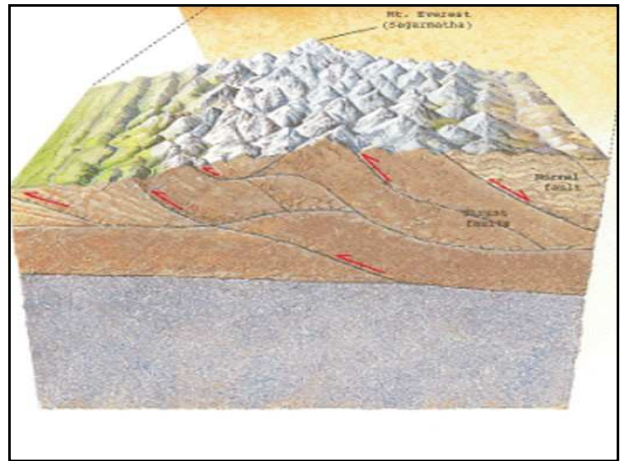
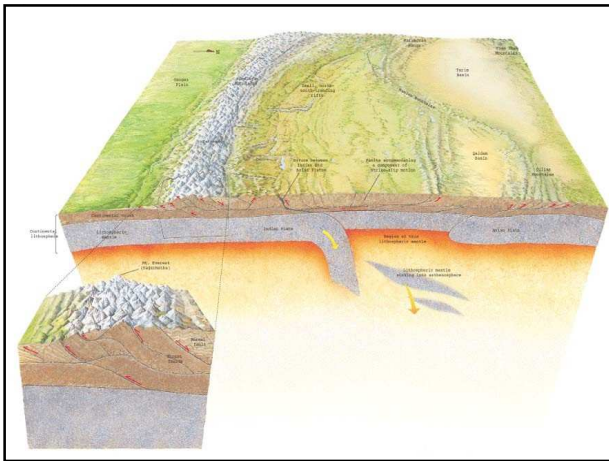


### Regionální - orogenní pásma

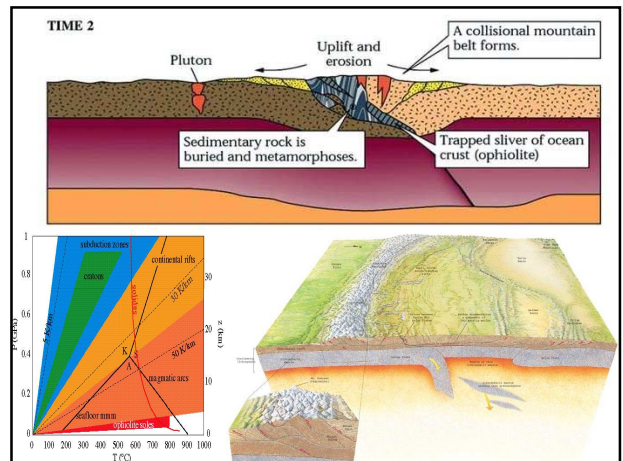
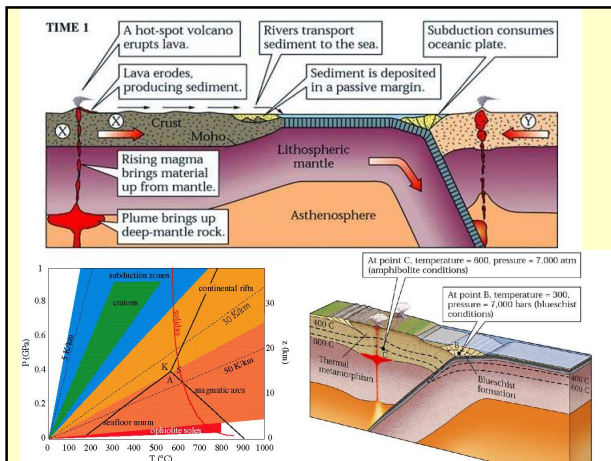
- **MP/LT-HT** barrovienská metamorfóza
- Chl-Bt-Grt-St-Ky-Sill
- *série kyanit-sillimanit, střední poměr P/T*
- sed. břidlice ⇒ **břidlice** ⇒ **fvlit** ⇒ **svor** ⇒ **rula**

- ▶ **Chloritová zóna:** (chlorit, muskovit, křemen, albit)
- ▶ **Biotitová zóna:** (biotit, chlorit, muskovit, křemen, albit)
- ▶ **Granátová zóna:** (almandin, biotit, chlorit, muskovit, křemen, albit nebo oligoklas)
- ▶ **Staurolitová zóna:** (staurolit, biotit, muskovit, křemen, granát a plagioklas)
- ▶ **Kyanitová zóna:** (kyanit, biotit, muskovit, křemen, plagioklas, granát a staurolit)
- ▶ **Sillimanitová zóna:** (sillimanit, biotit, muskovit, křemen, plagioklas, granát a někdy staurolit)









## Literatura

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