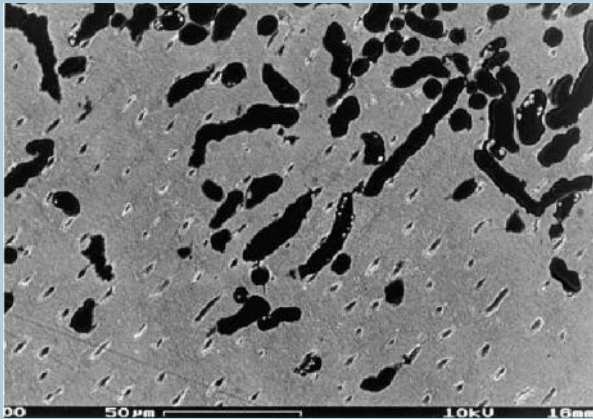


# **MINEROGENETICKÉ A PETROGENETICKÉ PROCESY**

**pro analytické geochemiky**

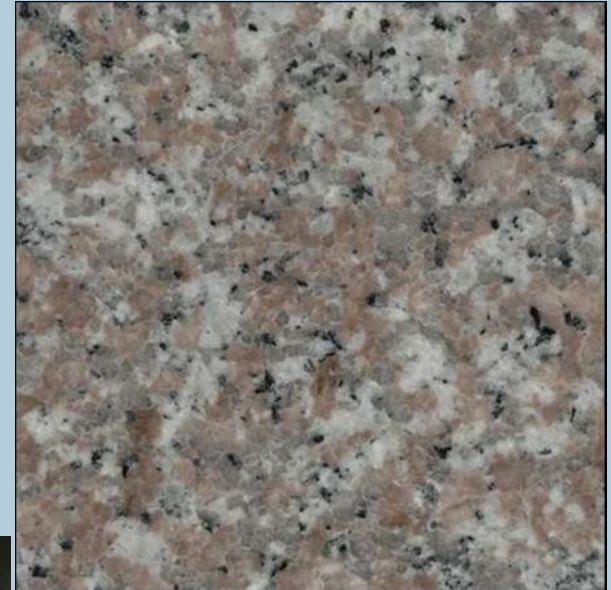
# Úvod

- Minerály jsou základními stavebními jednotkami různých typů hornin (žula, čedič) a ložisek nerostných surovin (vápenec). Dále také řady technických hmot (např. beton), ale také některých biologických objektů (např. zuby, kosti).
- nezbytné porozumět jejich vzniku.



zubní dentin, BSE

Granit - leštěný vzorek



Organogenní vápenec

# Členění procesů

Pro členění procesů vzniku minerálů na základě mnoha hledisek, (uvedeno jen některé z nich)

## 1. Podle vlivu člověka

- Přírodní (bez vlivu člověka na proces vzniku)
  - téměř všechny procesy, které studujeme v přírodě a které jsou v této přednášce.
- Umělé
  - řízené člověkem (výroba umělých minerálů, keramika, drahokamy)
  - ovlivňované člověkem (minerály na hořících haldách, zvětrávání hornin na historických stavbách, recentní mineralizace na stěnách důlních děl).



# Členění procesů

## 2. Podle fyzikálně-chemických vlastností mateřského media

Co je to to mateřské medium?

- Prostředí, z něhož krystalují minerály.
- **z taveniny – magmatu** (magmatické horniny)
- **z fluid** (většinou vysokoteplotní metasomatické horniny např. skarny, greiseny, některé plášťové horniny)
- **z roztoků** (středně-teplotní hydrotermální roztoky až roztoky pokojové)
- **růst v pevném stavu** (většina metamorfních procesů, metasomatické horniny)
  - i v tomto případě probíhá růst prostřednictvím fluid

**Teplota:** zjednodušeně – tavenina > fluida > roztoky  
(v pevném stavu - velmi variabilní)

Jednotlivé typy není lehké vždy rozlišit a do určité míry se překrývají.  
Přechody mezi jednotlivými typy jsou většinou nedostatečně prozkoumané.

# Členění procesů

## 3. Podle geologické pozice (podle způsobu vzniku)

(více možností, např. také na endogenní a exogenní)

- **magmatické (vyvřelé) minerály a magmatické horniny**
  - vznikají utuhnutím taveniny magmatu za vysoké teploty
  - horniny: žula (granit), čedič (bazalt), plus specifické horniny - pegmatity
- **metamorfní (přeměněné) minerály metamorfovaných hornin**
  - vznikají krystalizací v pevném stavu za vyšších teplot a tlaků
  - horniny: svor, rula plus metasomatické horniny: skarn, fenit, greisen
- **Minerály sedimentárních hornin (usazených)**
  - vznikají poblíž zemského povrchu většinou na dně vodních nádrží za teplot blízkých povrchu, často zvětráváním jiných minerálů
  - horniny: pískovec, droba, vápenec
- **Minerály hydrotermální**
  - vznikají krystalizací z roztoků a fluid za vyšších teplot
  - rudní žíly např. s galenitem (ruda Pb a Ag)

Částečně navazují na fyzikálně-chemický přístup

- **magmatické horniny a jejich minerály = z taveniny, z fluid**
- **metamorfní horniny a jejich minerály = v pevném stavu, z fluid**
- **sedimentární horniny a jejich minerály = z roztoků**
- **hydrotermální ložiska a jejich minerály = z fluid, z roztoků**

# Typy hornin

Usazené (sedimentární)

Magmatické - utuhlé z magmatu

hlubinné

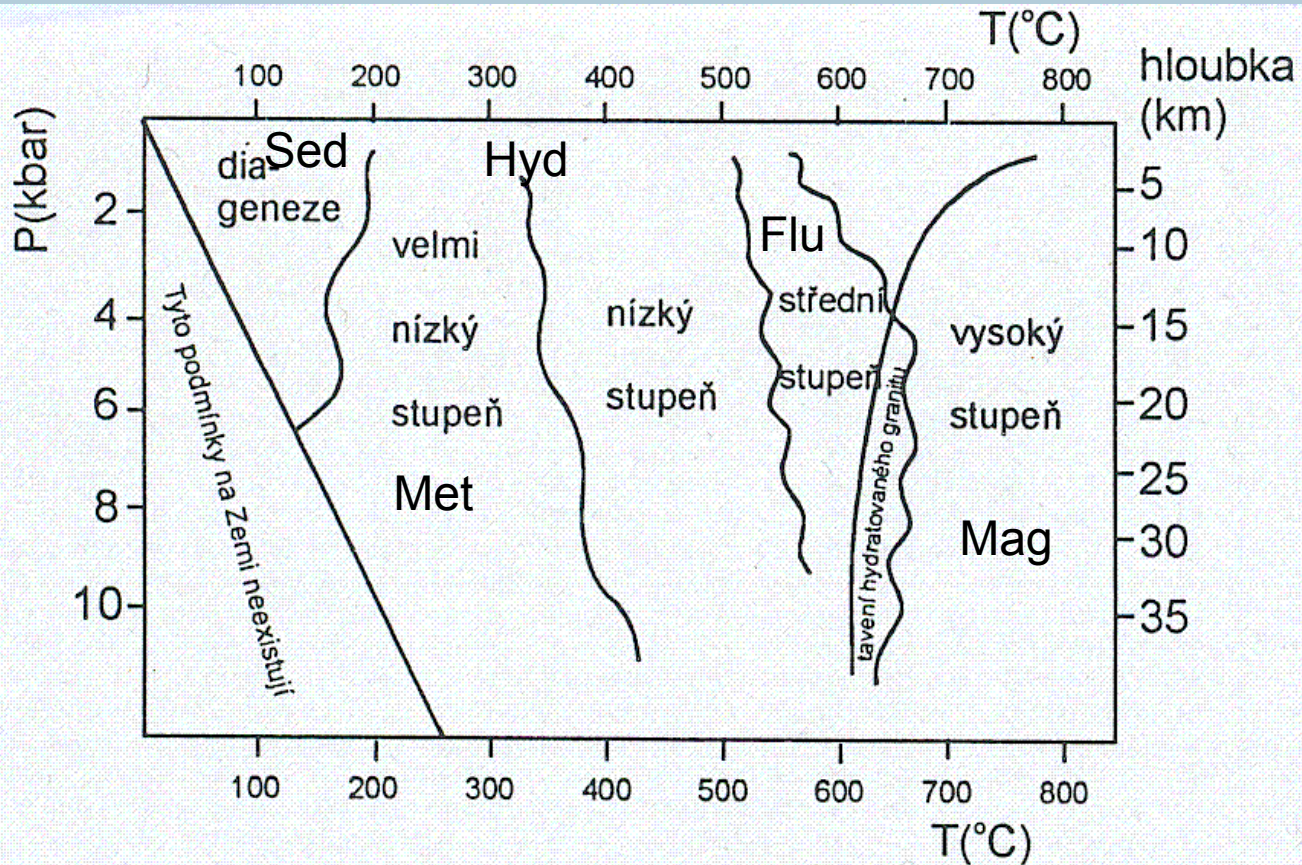
výlevné

Přeměněné (metamorfované)

# Členění procesů

- Minerály vznikají v širokém rozpětí podmínek (teplota, tlak, aktivita fluid).
- Za nejvyšších teplot vznikají hlavně minerály bez  $H_2O$  – např. olivín, pyroxen, pyrop a najdeme je často v horninách z pláště.
- Za nižších teplot v zemské kůře vznikají minerály bezvodé (kyanit, živce) ale také minerály obsahující malé množství  $H_2O$  – např. amfiboly a slídy.
- Za teplot blízkých povrchu vznikají minerály obsahující malé množství  $H_2O$  – např. jílové minerály, sírany aj.

# Členění procesů



Obr. 1-1. Schematický PT (tlak, teplota) diagram s vyznačením polí pro stupně metamorfózy a diagenezi. V diagramu je také vyznačena křivka tavení hydratovaného granitu a pole podmínek, které na Zemi neexistují.



# Členění procesů

**Endogenní procesy** - označované také jako procesy tektonické, jsou vyvolány změnami, probíhajícími uvnitř v zemském tělese (vnitřní faktory). Mají za následek přeměnu horninového materiálu (metamorfózu, tavení, alteraci), deformaci hornin a horninových masívů (např. vrásnění) a pohyb ker zemské kůry. Jedná se o procesy člověkem neovlivnitelné.

Mezi hlavní endogenní procesy patří:

- horotvorné procesy
- metamorfóza
- zemětřesení
- vulkanická činnost

**Exogenní procesy** - Podstatou je **rozvolnění** horninových masívů působením vnějších faktorů – fyzikálních, chemických, biologických. U horninových masívů, které se dostaly k povrchu při odstranění jejich nadloží

ZVĚTRÁVÁNÍ = mechanický rozpad (např. změna teplot) a chemický rozklad hornin na povrchu nebo blízko povrchu

Chemické zvětrávání: chemický rozklad horniny (Rozpouštění minerálů, např. krasové oblasti – vápenec; oxidace – např. olivínu na oxidy/hydroxidy železa)

EROZE – mechanické odstraňování materiálů prostřednictvím nějakého hybného média - transport materiálu v pevném nebo rozpuštěném stavu (voda, ledovec, vítr)

TRANSPORT – mechanické

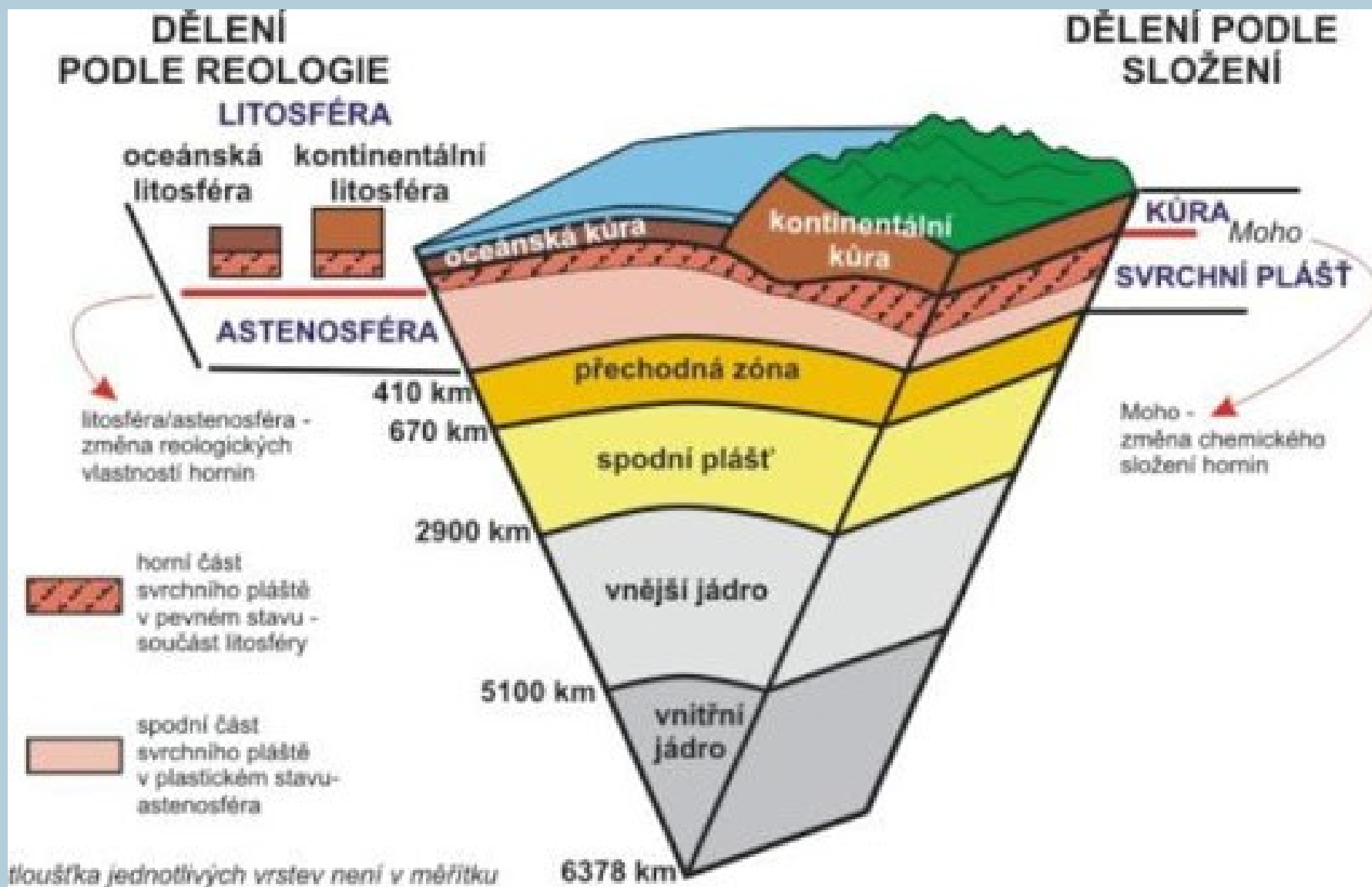
AKUMULACE – (vznik sedimentárních hornin)

# Stavba Země

Litosféra - pevný obal Země tvořený horninami  
- tvořená kůrou a svrchní částí pláště



# Stavba Země



# Litosféra

*Litosféra* nejsvrchnější obal Země zahrnující zemskou kůru a svrchní část pláště, není jednolitá, ale skládá se z tzv. **litosférických desek**

rozlišujeme **dva typy zemské kůry** - pevninský a oceánský typ kůry.

Desky se velmi zvolna pohybují, v řádu milimetru jinde i několik centimetrů za rok.

Litosférické desky se pohybují po **astenosféře**, která svou plastičností tento pohyb umožňuje.

Díky tomuto pohybu se vzájemná poloha jednotlivých kontinentů stále mění. Dochází tak k jejich vzájemnému oddalování nebo naopak ke střetům.

# Zemská kůra

Je nejsvrchnější část zemského tělesa.

**Mocnost zemské kůry** je různá. **Průměrná mocnost** se udává **35 km**.

Kontinentální kůra: na kontinentech 30 - 40 km,  
v horských oblastech 50 - 70 km (Himálaj až 80 km)

Oceánská kůra: pod oceány pouze 6 - 15 km.

Z prvků jsou v zemské kůře zastoupeny prakticky všechny známé prvky

Horniny tvořící kontinentální kůru jsou lehčí a mají menší hustotu než horniny, které tvoří oceánskou kůru.

**Kontinentální zemská kůra** - obsahuje tři základní vrstvy:

- sedimentární vrstvu,
- granitickou (žulovou) vrstvu a
- bazaltovou (čedičovou) vrstvu

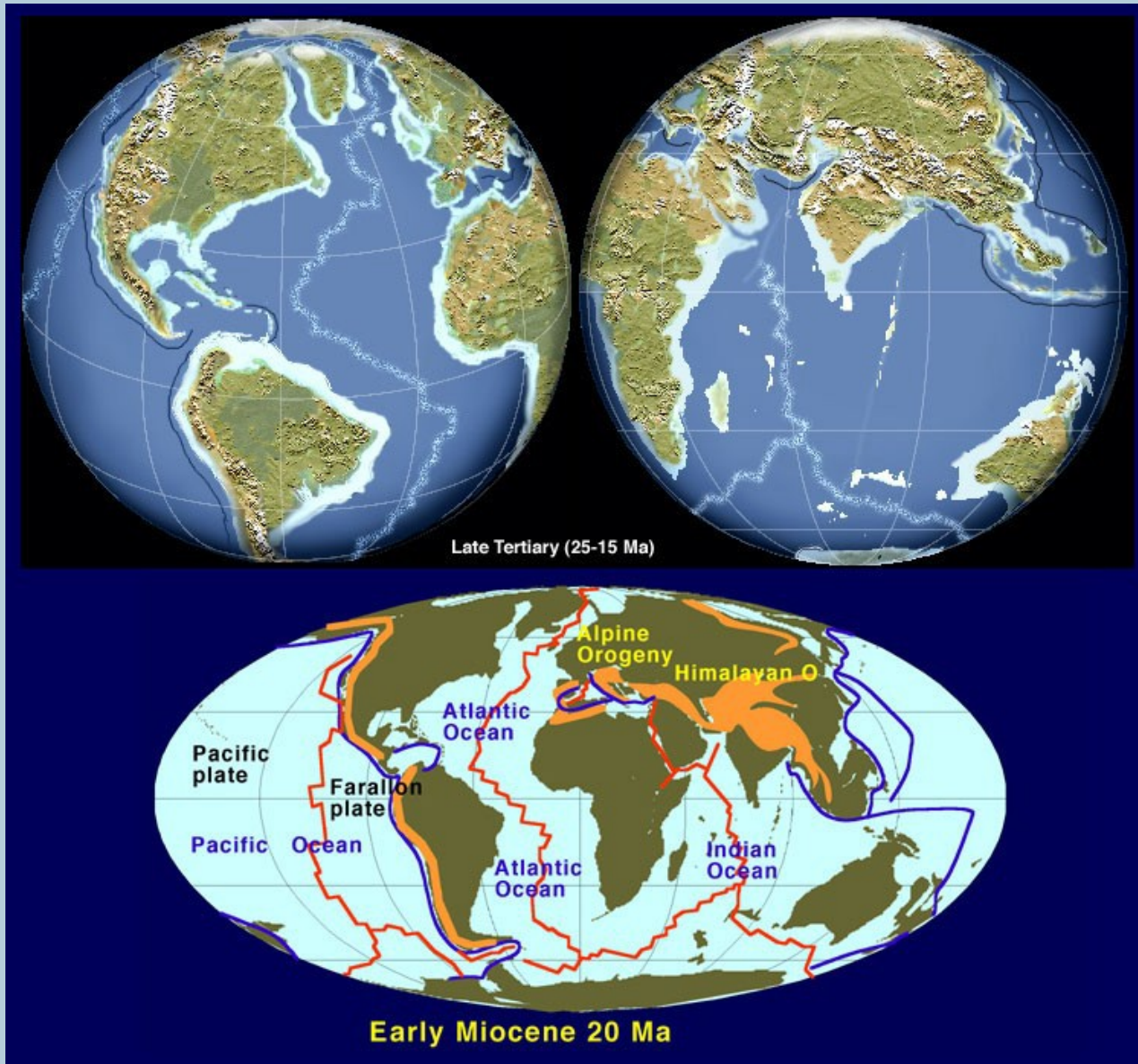
**Oceánská zemská kůra** - Skládá se ze dvou vrstev:

- sedimentární vrstvy,
- a bazaltové (čedičové) vrstvy jejichž složení se liší od kontinentální kůry.

# Plášť

- **Svrchní plášť** je tenký a pevný společně **se zemskou kůrou tvoří litosféru.**
- Hmota pláště je z větší části vlivem vysokých teplot a tlaků tavena, rozrůzňována a přemísťována zejména díky otáčení a přitažlivostí Země. Tyto pochody označujeme jako **endogenní**

# Litosférické desky a jejich pohyb



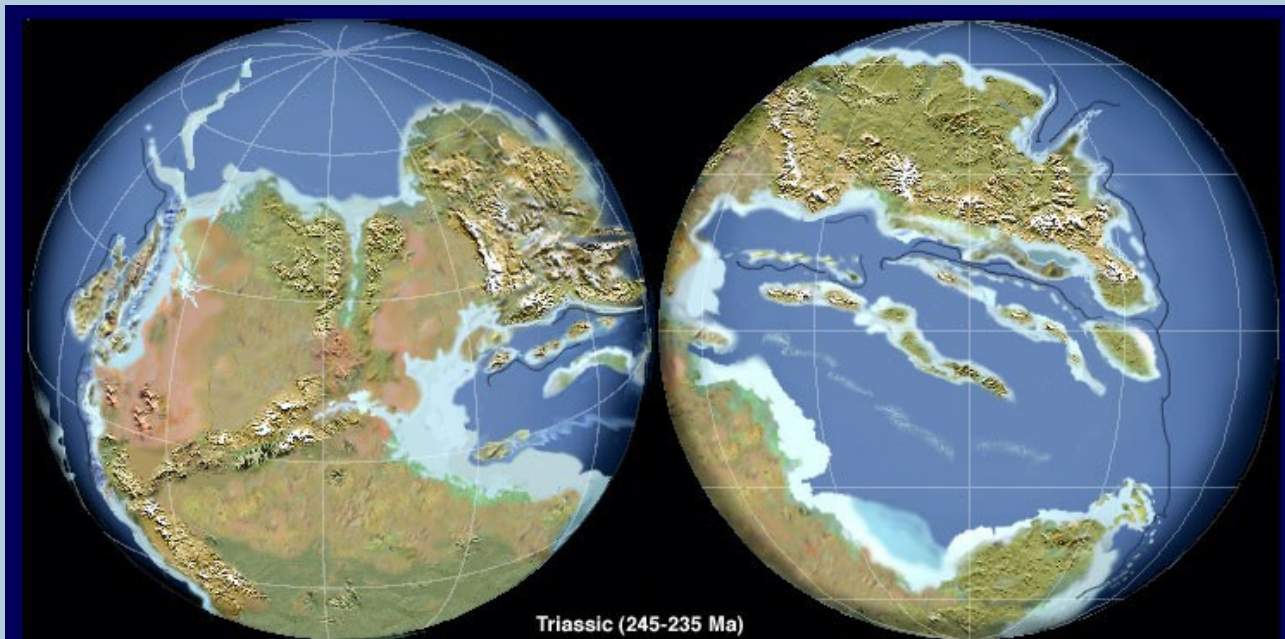
# Typy litosférických rozhraní

Podle pohybu litosférických desek

- Podél sebe. - desky se pohybují horizontálně podél zlomové linie a vytvářejí **transformní rozhraní**. ...
- Proti sobě (konvergentní) - desky se pohybují proti sobě a vytvářejí **konvergentní rozhraní** (subdukce - podsouvání jedné pod druhou)
- Od sebe (divergentní) - desky se od sebe vzdalují a vytvářejí **divergentní rozhraní** (riftové zóny)



# Litosférické desky a jejich pohyb

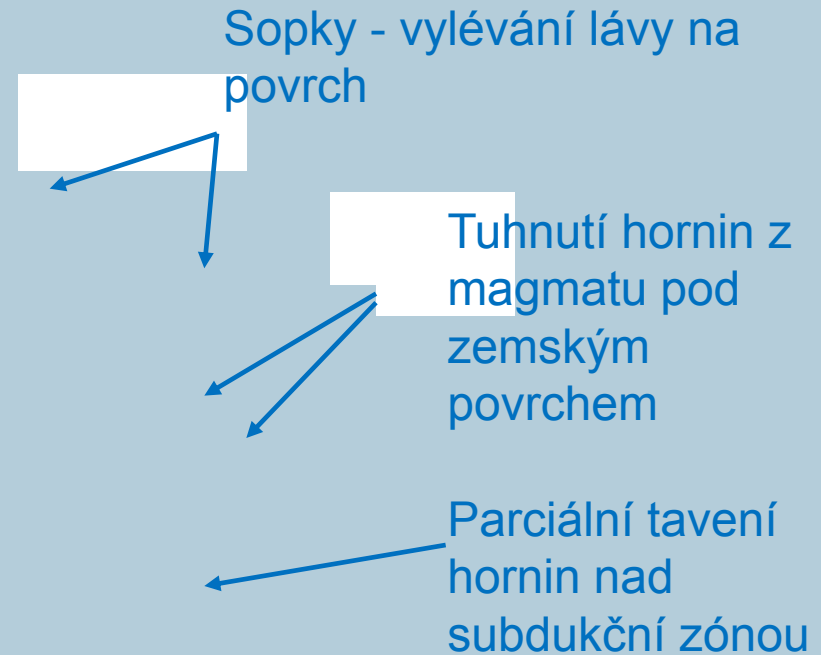


# Vznik magmatických a metamorfovaných hornin

endogenní procesy

# Vznik magmatických hornin

## Podsouvání oceánské desky pod kontinentální desku

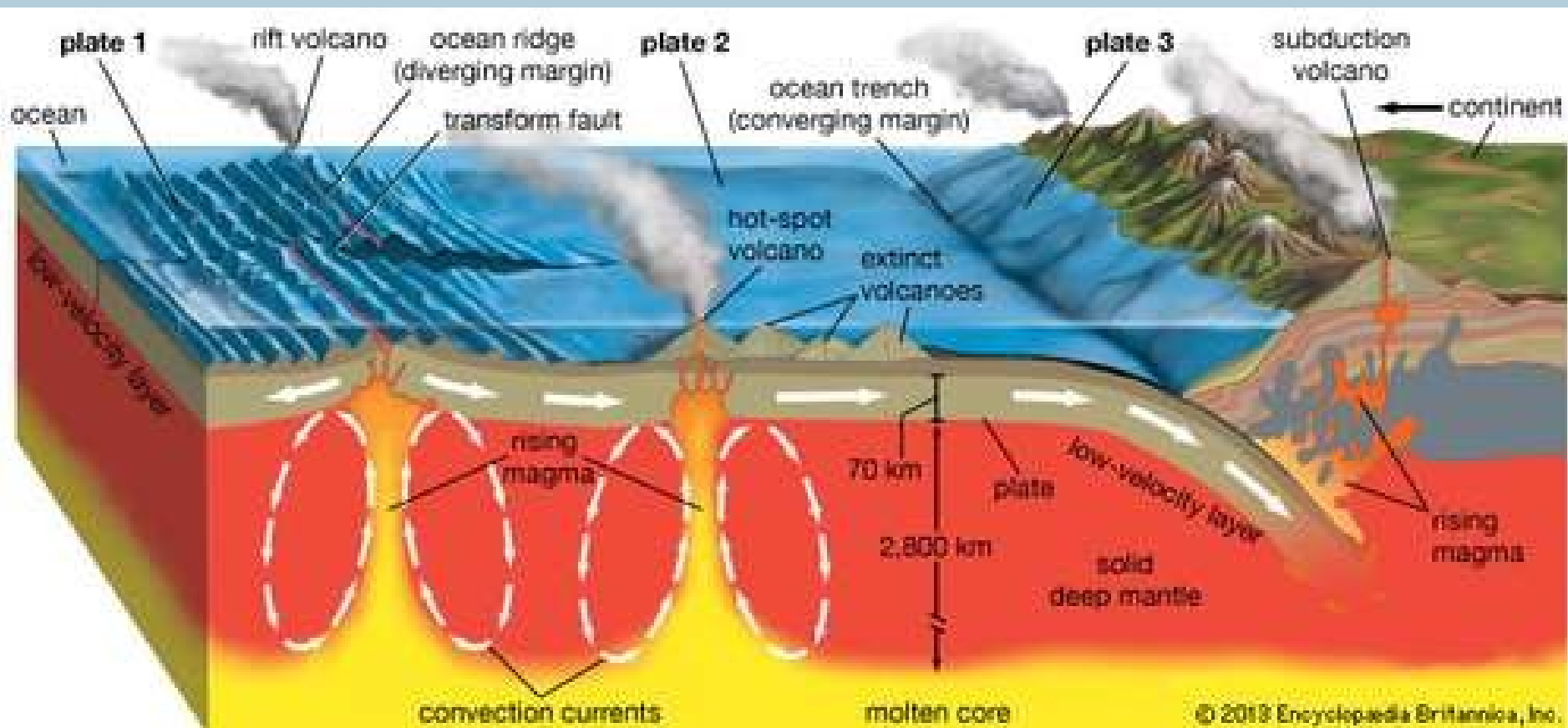


# VZNIK MAGMATICKÝCH HORNIN

Výstup magmatu z pláště vzhůru na zemský povrch

Trhání litosférické desky – riftové zóny (vznik riftu, např. Island, východní Afrika)

Hot-spot (Havajské ostrovy)



# VZNIK MAGMATICKÝCH HORNIN

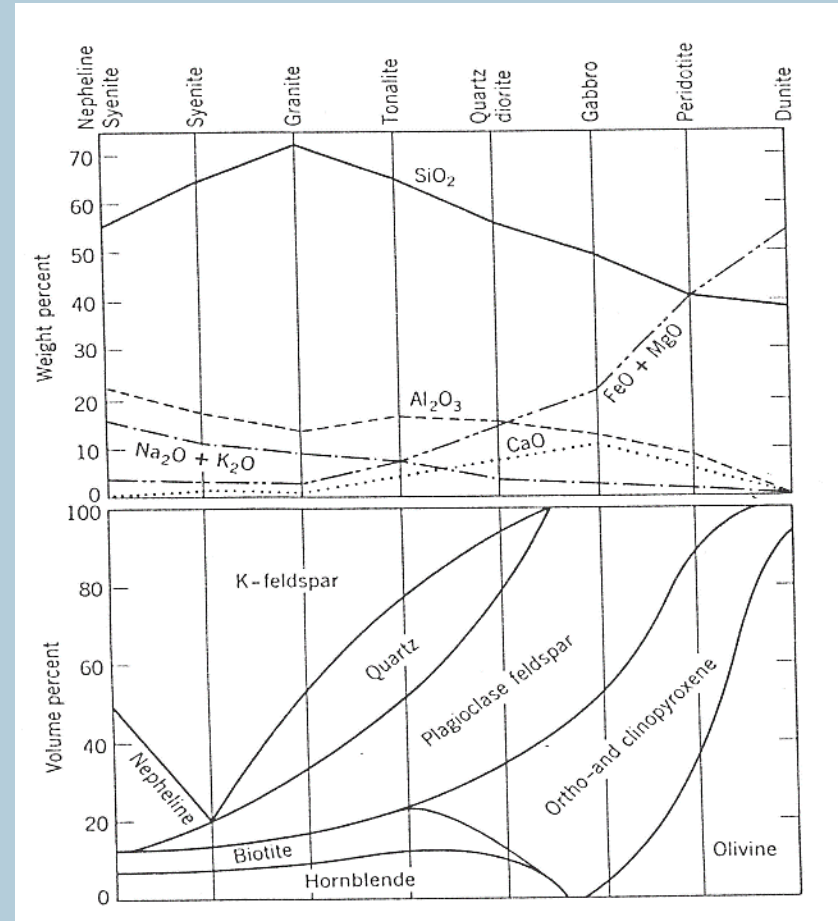
Srážka kontinentálních desek – kolize kontinent - kontinent

Vznik Alp či Himalájí (vrásových pohoří), provázený výstupem tavenin hornin nad subdukční zónou a tavením sedimentů

# Magmatické horniny

Magmatické (vyvřelé)

- vznikají utužením taveniny magmatu za vysoké teploty
- dělíme je na:
  - pomalu tuhnoucí v hloubce: granit, diorit
  - rychle tuhnoucí při povrchu: basalt, ryolit
- Nebo podle chemického složení (hlavně obsah  $\text{SiO}_2$ )
  - na kyselé
  - Intermediální
  - bazické
  - ultrabazické



# SROVNÁNÍ CHEMICKÉHO SLOŽENÍ HORNINY KŮRY (GRANIT, ČEDIČ) A PLÁŠTĚ

## Chemické složení granitové vrstvy (kyselá hornina)

- $\text{SiO}_2$  – 69 %
- $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 14 %
- $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$  – 4 %
- $\text{CaO}$  - 5 %
- $\text{Na}_2\text{O}$  - 4 %
- $\text{K}_2\text{O}$  - 3 %

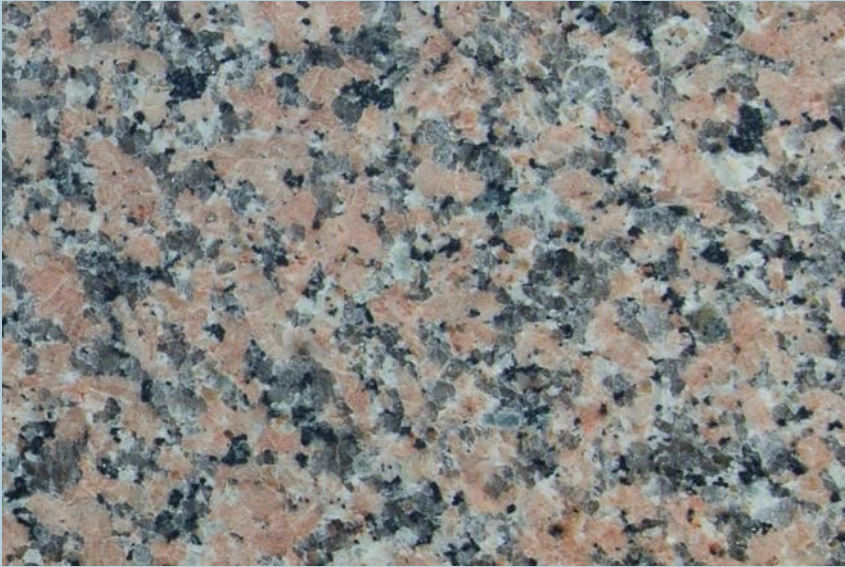
## Chemické složení čedičové vrstvy (bazická hornina)

- $\text{SiO}_2$  – 48 %
- $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 15 %
- $\text{CaO}$  – 11 %
- $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$  – 11 %
- $\text{MgO}$  – 9 %
- $\text{Na}_2\text{O}$  - 3 %
- $\text{K}_2\text{O}$  – 0,5 %

## Chemické složení svrchního pláště (peridotit – ultrabazická hornina)

$\text{SiO}_2$	45 %
$\text{MgO}$	37 %
$\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$	8 %
$\text{Al}_2\text{O}_3$	3 %
$\text{CaO}$	3 %

# Magmatické horniny



**granit – kyselá hornina a tuhnoucí v hloubce**



**bazalt s olivínem – bazická hornina a tuhnoucí na povrchu**

**Velikost a stupeň omezení minerálů zásadně ovlivňuje čas a prostor**

**Hlubinné horniny – hrubě až středně zrnité, hypautomorfně (středně dobře) omezené krystaly (pomalu krystalizující); starší minerály lépe krystalizované než mladší (xenomorfní – špatné omezení)**

**Vulkanické horniny – jemnozrné (rychle krystalizující), někdy s výrostlicemi minerálů automorfního tvaru (dobře omezenými)**



# Magmatické horniny - pegmatity

Specifické magmatické horniny složením blízke granitu, ale s veľkými krystaly zonálnou stavbou a vzácnymi minerálmi

Granitické pegmatity



Pegmatit v granitu - Strzegom



Beryl - Maršíkov



# Magmatické horniny- pegmatity

Chemická charakteristika granitických pegmatitů

Hlavní	Si, Al, K, Na, O
Vedlejší	Be, Fe, Mn, Ca,
Stopové	Cs, Rb, Nb, Ta, REE
Těkavé	H <sub>2</sub> O, B, F, Li, P

## Minerály

Hlavní: křemen, K-živce, albit

Andalusit

Vedlejší: muskovit, biotit, turmalín, granát, beryl, lepidolit, apatit, andalusit, sekaninait

Stopové: columbit, kasiterit,

S těkavými prvky: turmalín, apatit, topaz, spodumen



Elbait

# Magmatické horniny- pegmatity

typickým znakem je zonální stavba pegmatitových těles, především těch více vyvinutých

- charakteristická je také přítomnost pegmatitových textur (např. grafické srůsty křemene a K-živce případně křemene a jiných minerálů, velké krystaly minerálů o objemu až několik m<sup>3</sup>; dutiny
- pegmatity tvoří spíše malá (maximálně zhruba 100 m mocná, většinou pouze několik m), převážně žilná tělesa (mohou mít také čočkovitý i zcela nepravidelný tvar)
- jako nejvíce frakciované členy vývoje magmatických komplexů se ve složení granitických pegmatitů uplatňují ve větší míře tzv. inkompatibilní (litofilní) prvky a obsahují řadu vzácných v jiných horninách téměř neznámých minerálů.



# Metamorfované horniny

Metamorfované horniny vznikají metamorfózou (přeměnou) magmatických, sedimentárních nebo starších metamorfovaných hornin.

**METAMORFÓZA** je proces, při kterém dochází k přizpůsobování již existujících hornin novým fyzikálně-chemickým podmínkám prostředí, do nichž se postupně dostávají vlivem neustále probíhajících geologických procesů.

Je odlišná od **zvětrávání** a **diageneze**. Na rozdíl od těchto procesů (vznik sedimentů), probíhá metamorfóza v odlišných fyzikálně-chemických podmínkách, za vyšší teploty a tlaku (obvykle v hlubších částech zemské kůry)

Od magmatických procesů je odlišná tím, že horninový materiál zůstává v průběhu metamorfózy v pevném stavu (**nevzniká magma**).

Při metamorfóze horniny vznikají nové, **metamorfní minerály**.

U hornin vstupujících do procesu metamorfózy se postupně mění:

- **textura**
- **minerální složení**
- **chemismus**

# METAMORFOVANÉ HORNINY

To jaká hornina vznikne při metamorfóze nezávisí pouze na složení (chemickém a minerálním) protolitu (horniny, která metamorfuje), ale závisí na intenzitě působení **metamorfních faktorů**, kterými jsou především:

- **teplota**
- **tlak**
- **parciální tlak fluid**
- **čas**

Např. metamorfózou břidlice (sedimentární horniny) vznikne fylit, svor, rula v závislosti na metamorfních PT podmínkách (stále stejné chemické složení, ale jiné minerální složení)

Výsledná hornina je závislá i na protolitu – chemickému složení horniny, která metamorfuje

Jiné názvy pro horniny, které vznikají metamorfózou

sedimentárních hornin (metapelity - fylit, svor, pararula)

magmatických hornin kyselého složení (ortorula)

magmatických hornin bazického složení (metabazika – zelená břidlice, amfibolit, eklogit)

# Metamorfované horniny

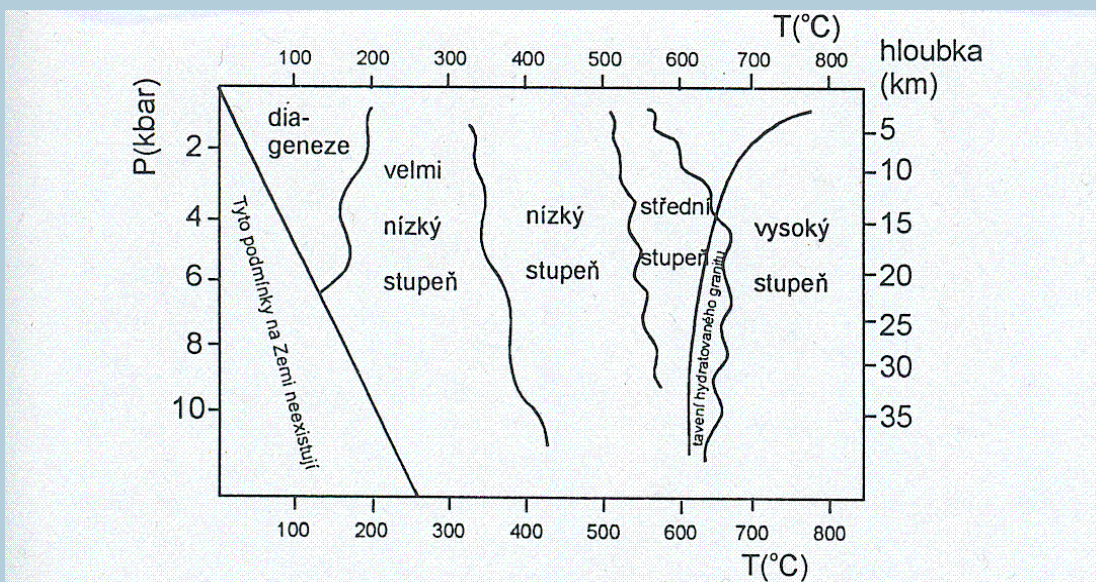
Metamorfní (přeměněné)

vznikají krystalizací v pevném stavu za vyšších teplot a tlaků (více méně isochemický proces; růst nových minerálních fází na úkor starých)

Dělíme je velmi nízký, nízký, střední a vysoký (a velmi vysoký) stupeň metamorfózy

plus metasomatické horniny (růst nových minerálů a úkor starých, ale i výrazná změna chemického složení):

skarn, greisen



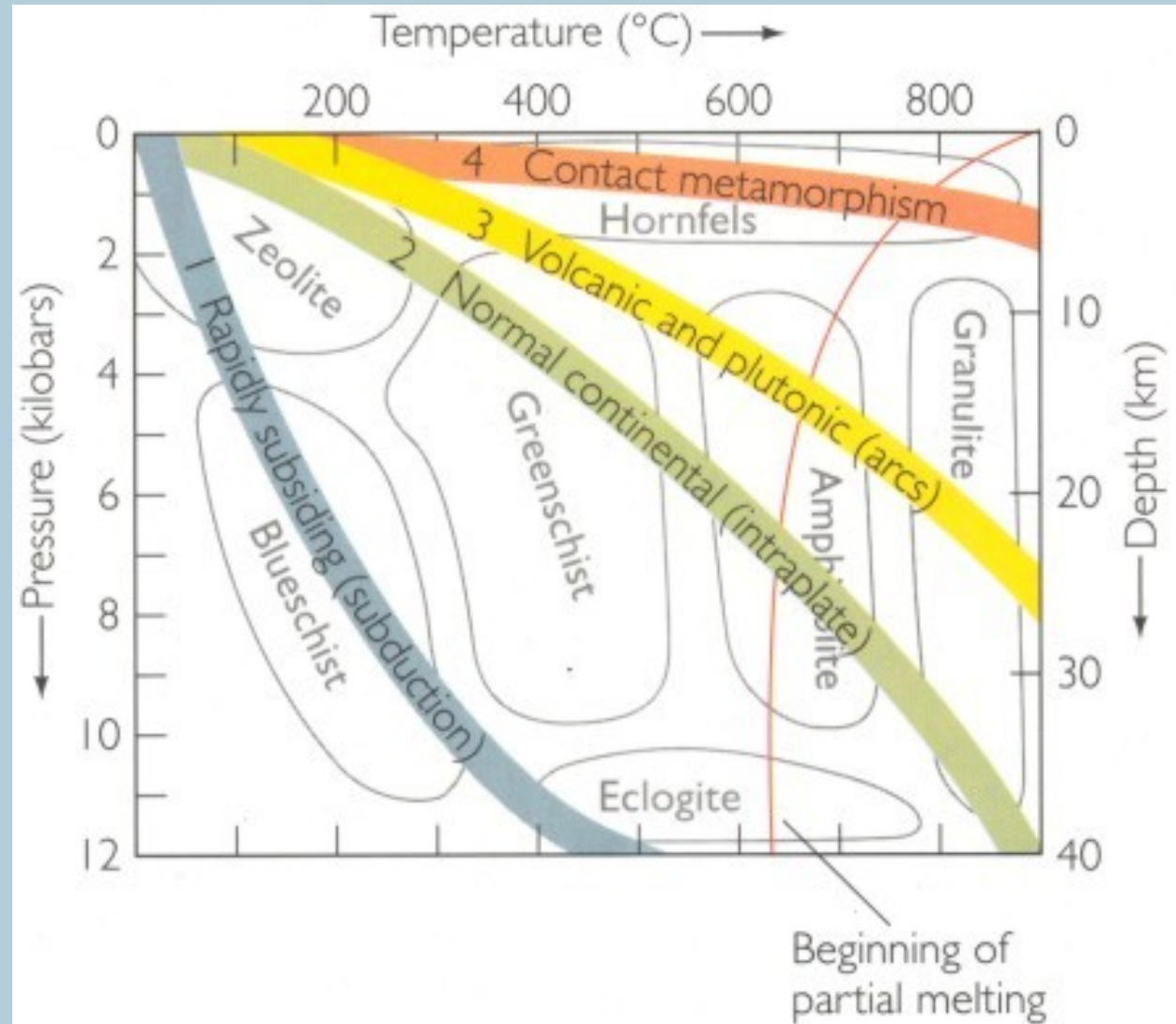
Obr. 1-1. Schematický PT (tlak, teplota) diagram s vyznačením polí pro stupně metamorfózy a diagenезi. V diagramu je také vyznačena křivka tavení hydratovaného granitu a pole podmínek, které na Zemi neexistují.

# Metamorní facie a typy metamorfózy ve vztahu ke geotektonickému prostředí

**Metamorní facie** – založené na metamorfóze bazických hornin - tedy subdukce oceánské kůry (není takto v metamorfovaných sedimentech)

## Typy metamorfózy

- 1 – metamorfóza podél subdukční zóny (kolize oceán-kontinent); high P/low T
- 2 – regionální metamorfóza; kolize kontinent-kontinent; high P/high T
- 3 – regionální metamorfóza v ostrovním oblouku; kolize oceán-kontinent; high P/high T
- 4 – kontaktní metamorfóza (periplutonická) na styku s magmatem, low P/high T



# MINERÁLY METAMORFOVANÝCH HORNIN

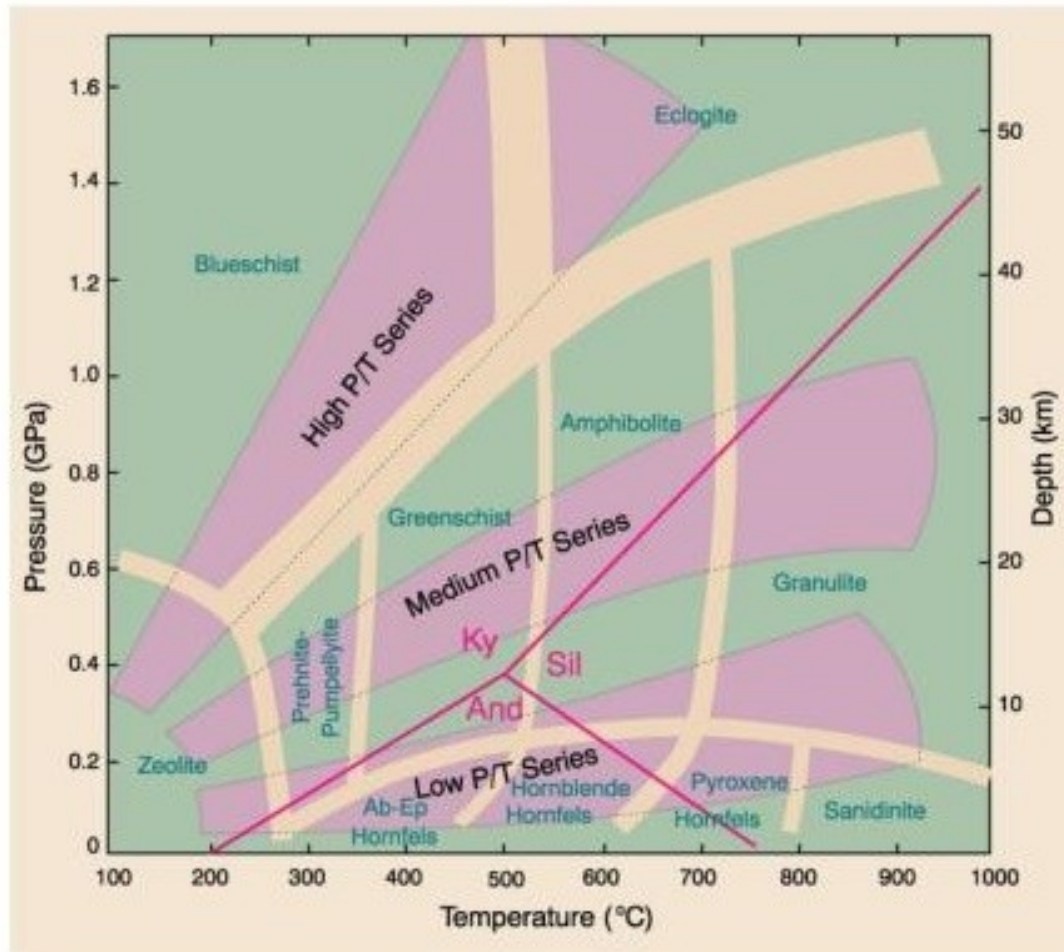
- Vznik jednotlivých minerálů odráží chemické složení horniny
- PT podmínky metamorfózy (metamorfní stupeň a facie)

met. stupeň	met. facie	indexové minerály	
		metapelity	metabazika
very low grade	zeolitová	fylosilikáty (illit, sericit)	zeolity
	modrá břidlice	Chl, Ms, choritoid, mastek	glaukofán, lawsonit
low grade	zelená břidlice	Chl, Ms, Ab, Bt, Grt	Ep, Act, Ab, Chl
medium grade	amfibolitová	Grt, St, Ky, Sill, Ms	Hbl, Pl, Grt
	amfib. rohovce	Cdr, Chl, Bt, Ms, And	Hbl, Pl, Cum
high grade	granulitová	Grt, Cdr, Ky, Sill, Kfs,	Cpx, Grt, Opx, Pl
	pyrox. rohovce	Cdr, And, Kfs	Cpx, Opx, Pl, Ol
very high grade	eklogitová	Grt, Ky, mastek, Ms,	Cpx (omphacite), Grt



# MINERÁLY METAMORFOVANÝCH HORNIN

- Výskyt  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$  = kyanitu/andalusitu/sillimanitu v Al-bohatých metapelitech



# VZTAH METAMORFNÍCH FACIÍ, TYPU METAMORFÓZY A GEOTEKTONICKÉHO PROSTŘEDÍ

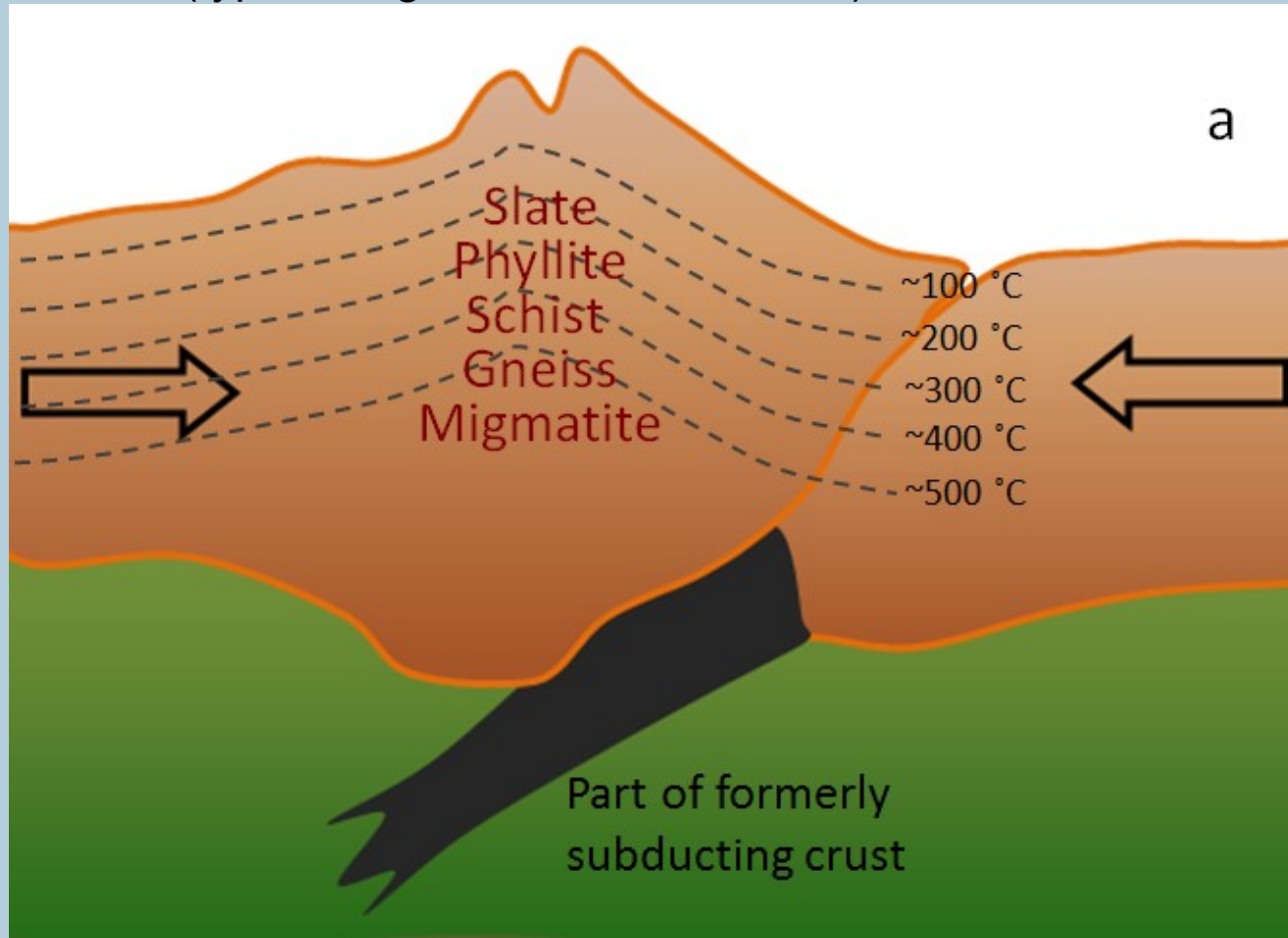
Srážka kontinentálních desek – kolize kontinent - kontinent

Vznik Alp či Himalájí (vrásových pohoří), s intenzivní regionální metamorfózou korových hornin v důsledku komprese (typ 2) a periplutonickou metamorfózou (typ 4)

2 4 2

# VZNIK PŘEMĚNĚNÝCH HORNIN

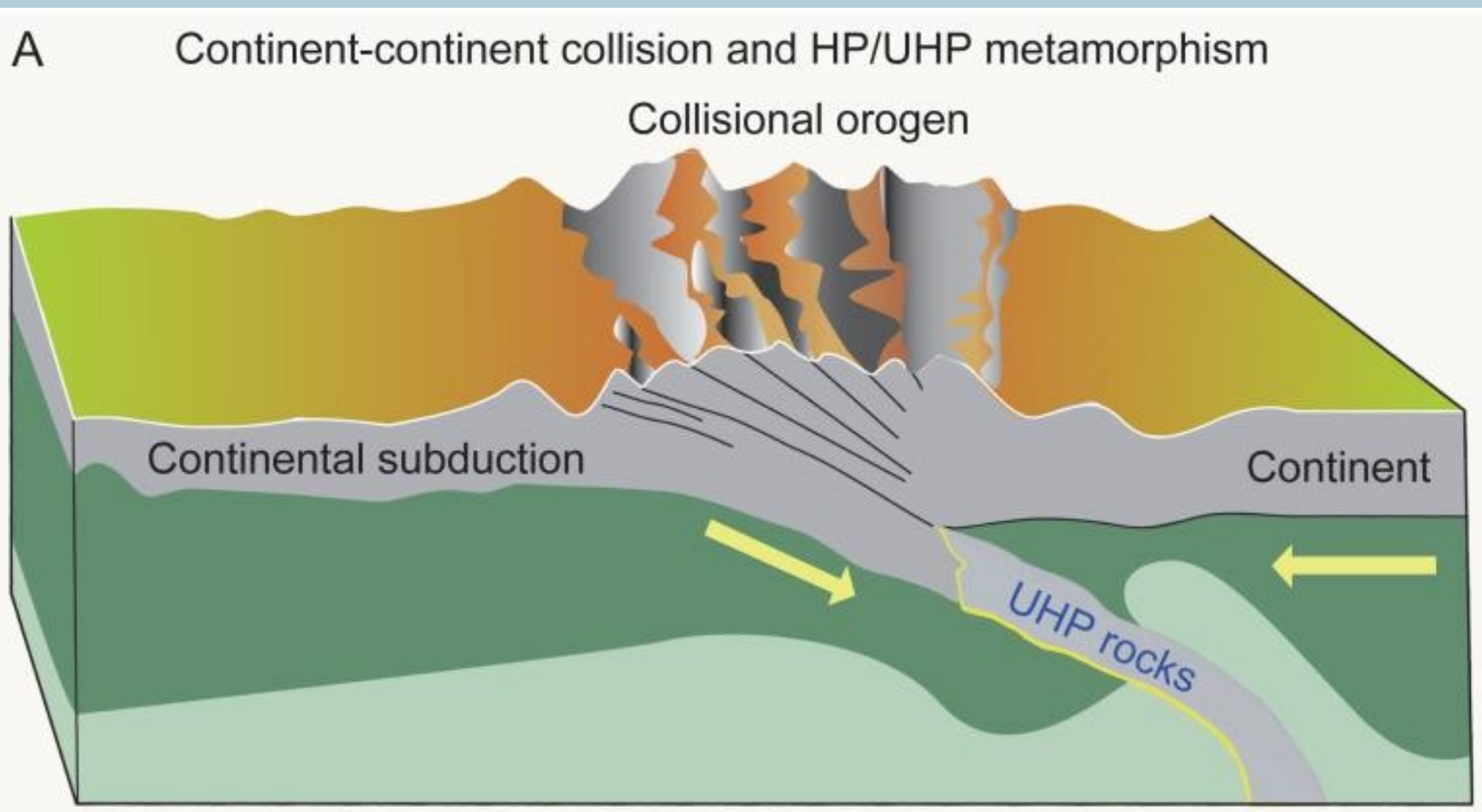
metamorfóza sedimentárních hornin při kolizi kontinentálních desek (typ 2 – regionální metamorfóza)



↓  
Vývoj od nízkého stupně metamorfózy sedimentů (low PT) po vysoký stupeň metamorfózy (high PT - po tavení pelitů – vznik migmatitů)

# VZNIK PŘEMĚNĚNÝCH HORNIN

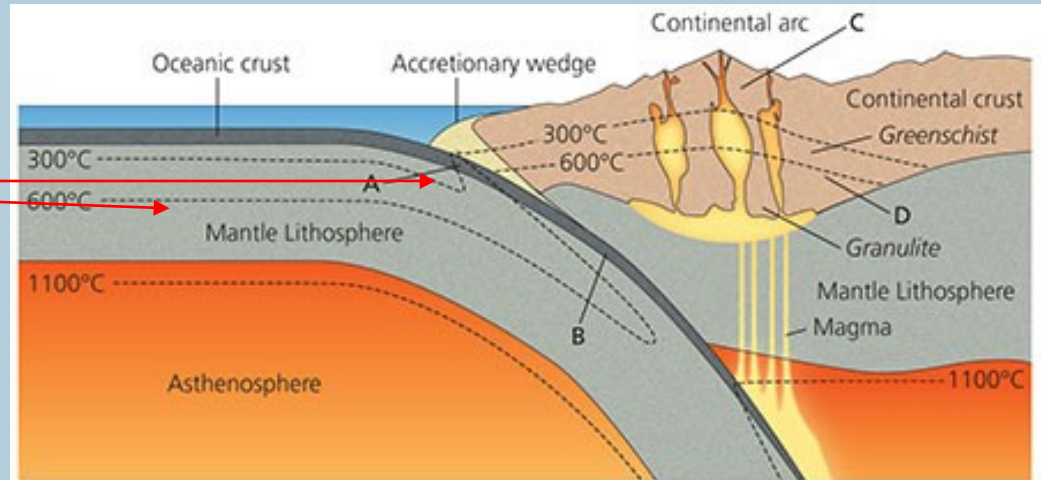
V některých regionech doložena UHP (ultra high pressure) metamorfóza při kolizi kontinentálních desek (studováno nově zejména v posledních 10-15 letech – metamorfní diamanty v horninách)



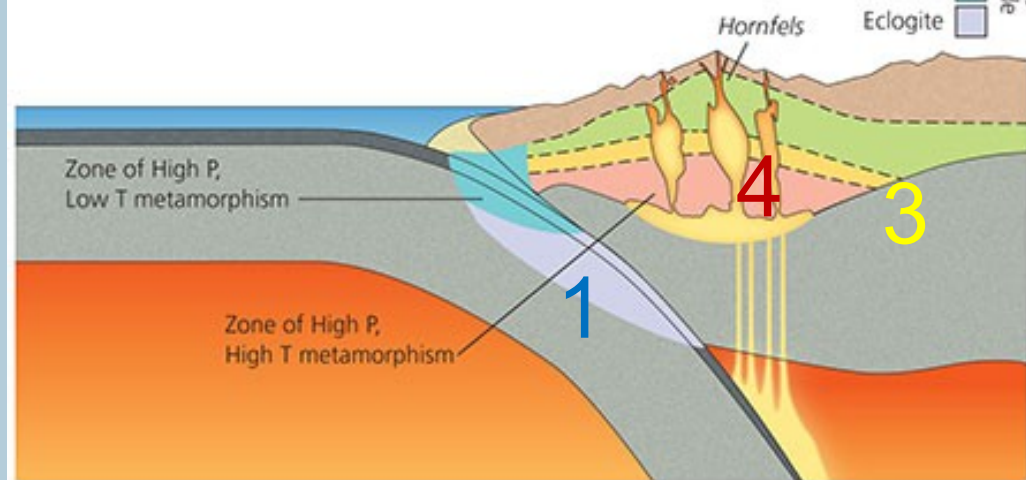
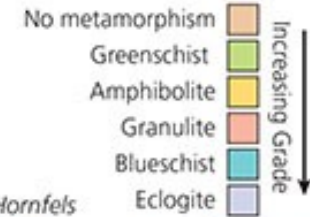
# VZTAH METAMORFNÍCH FACIÍ, TYPU METAMORFÓZY A GEOTEKTONICKÉHO PROSTŘEDÍ

kolize oceán - kontinent

geotermny



(a)



P = Pressure T = Temperature

(b)

## Typy metamorfózy

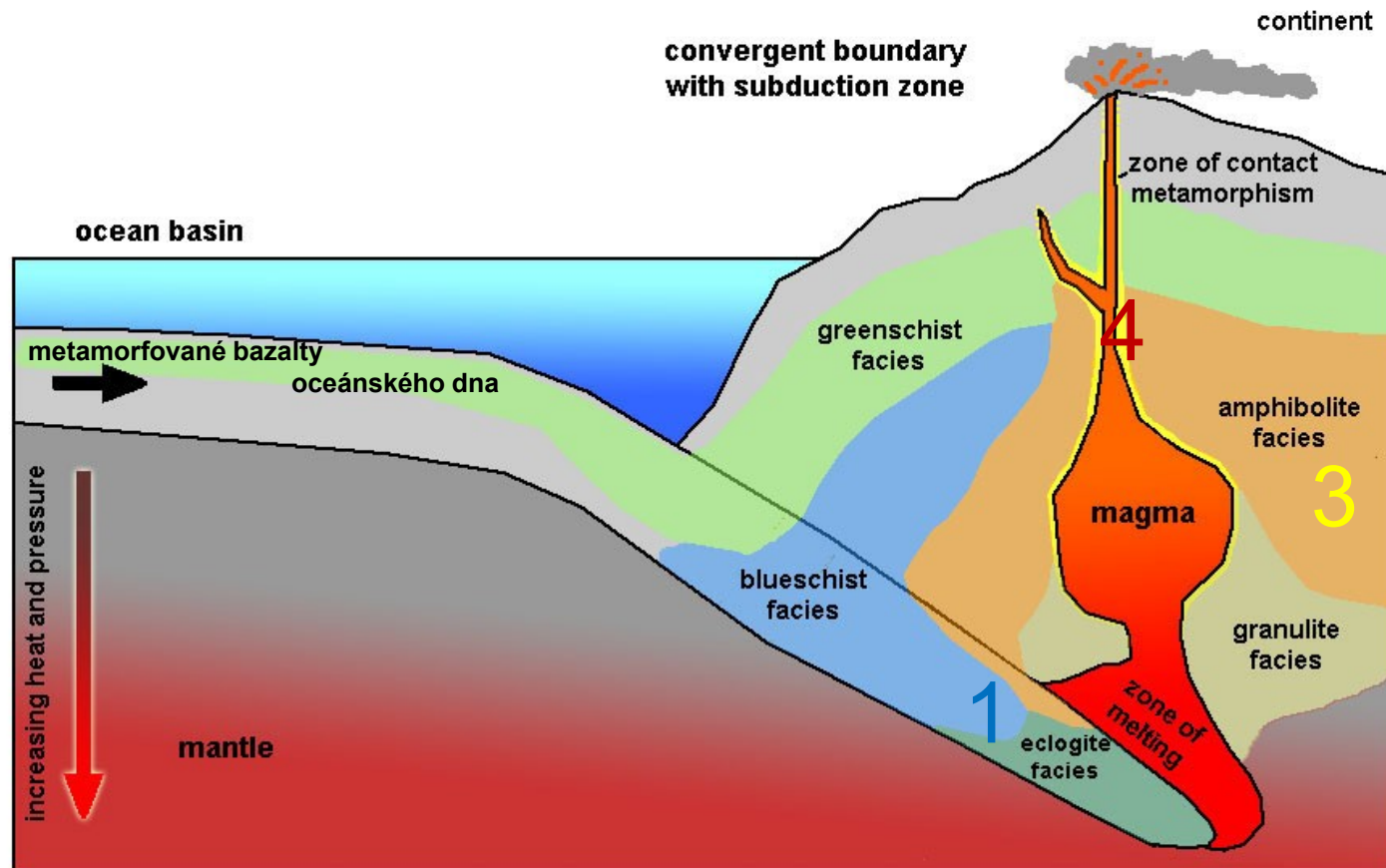
1 – metamorfóza podél subdukční zóny (kolize-oceán-kontinent); high P/low T

3 – metamorfóza v ostrovním oblouku; kolize oceán-kontinent; high P/high T

4 – kontaktní metamorfóza (periplutonická) na styku s magmatem, low P/high T

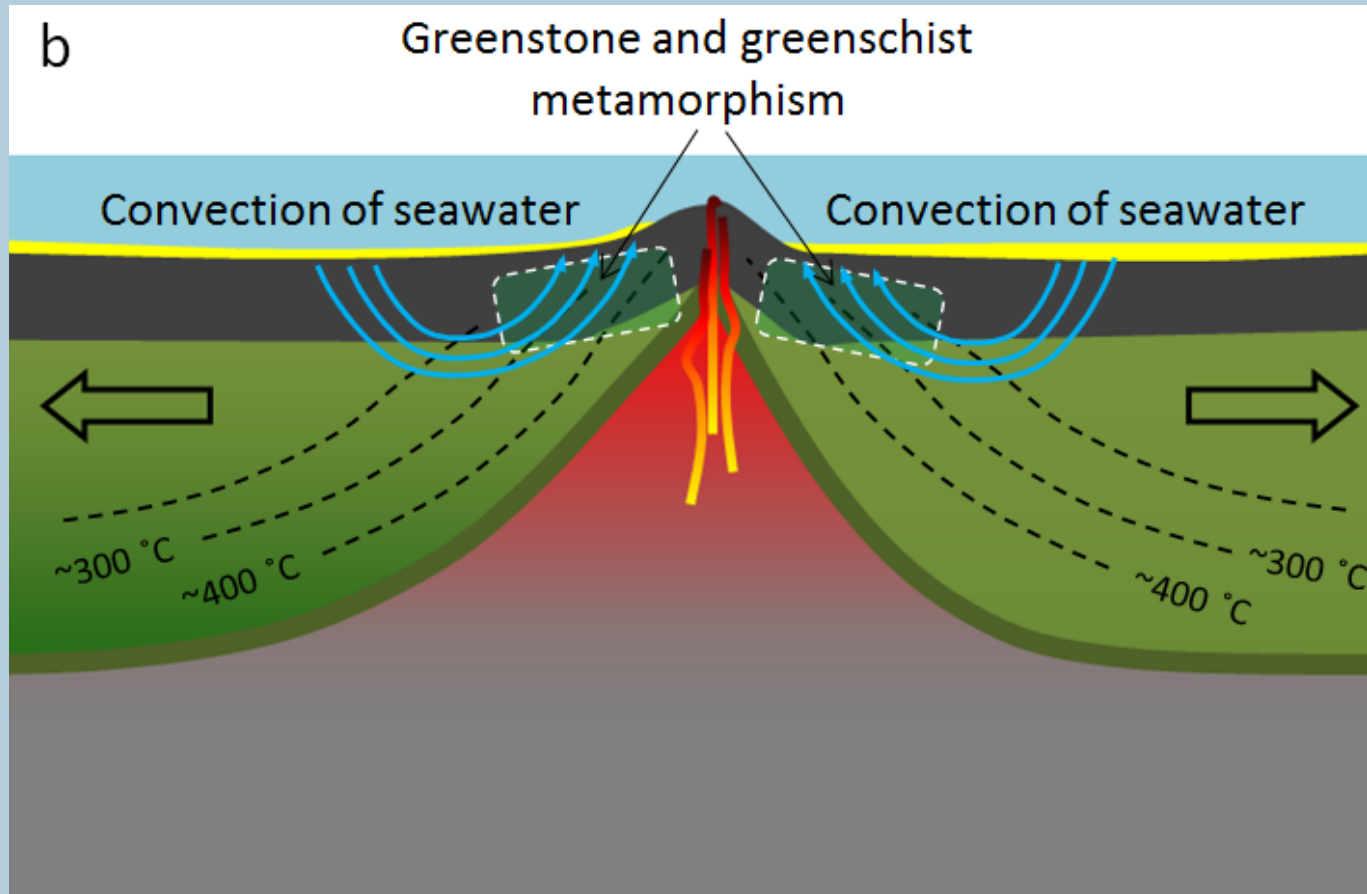
# VZNIK METAMORFOVANÝCH HORNIN

- kolize oceán – kontinent
- pozor – horniny svrchní část oceánské kůry (bazalty oceánského dna) jsou metamorfované ve facii zelených břidlic – tzv. metamorfóza oceánského dna (nesouvisí s kolizí oceánské desky s kontinentální)



# Metamorfóza oceánského dna

- Metamorfóza bazaltů oceánského dna v okolí riftu v důsledku zvýšené teploty a cirkulace mořské vody
- Převažuje metamorfóza ve facii zelených břidlic (výsledná hornina tzv. zelená břidlice), ale přítomna i nižší facie – zeolitová a vyšší amfibolitová)

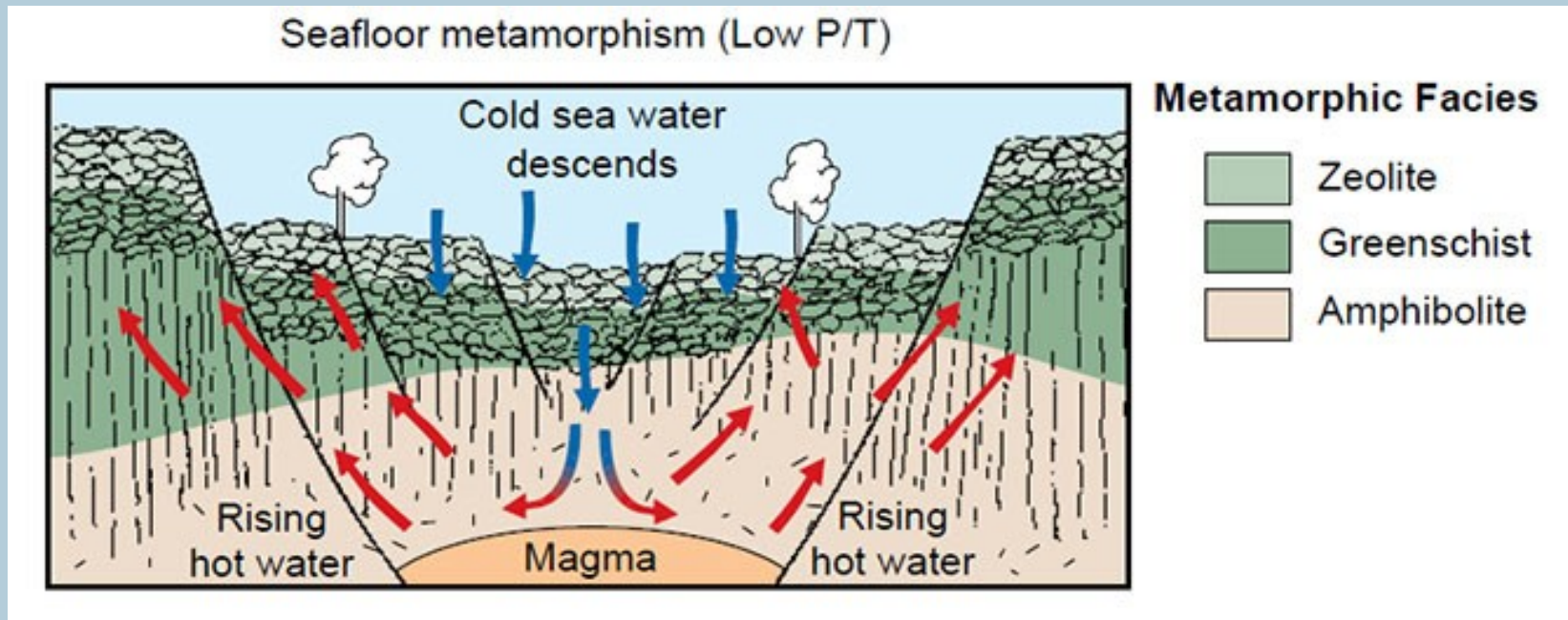


# Metamorfóza oceánského dna

Detail vzniku metamorfovaných hornin oceánské dna (provázený vznikem nových metamorfních minerálů)

- shora dolů: od bazaltů metamorfovaných – ve facii zeolitové (vznik zeolitů),
- ve facii zelených břidlic, objemově převažuje (vznik epidotů)
- až po amfibolitovou facii (vznik amfibolu)

Tyto metamorfované bazalty v historii často nazývané různými názvy – spility, melafyry = bazalty oceánského dna)





# METAMORFOVANÉ HORNINY VE VÝCHOZECH



**Vrásová stavba metamorfovaných hornin**

# Stavba metamorfovaných hornin

**stavba metamorfovaných hornin** se utváří převážně v pevném stavu drcením původních či růstem novotvořených minerálů v průběhu metamorfózy.

Většina metamorfovaných hornin se vyznačuje **plošně paralelní texturou**, kterou podmiňuje prostorové uspořádání šupinkovitých, tabulkovitých nebo sloupečkovitých minerálů do přibližně paralelních ploch. Označuje se termínem **foliace** či **břidličnatost**. U některých hornin je velmi zřetelná (napo. fylit, rula), u jiných může být všesměrná (nikteré mramory).

V případě výraznějšího zastoupení sloupečkovitých nebo jehličkovitých minerálů může být vytvořena **textura lineárně paralelní (lineace)**, která je charakteristická uspořádáním minerálů do navzájem paralelních ploch, a lineárním uspořádáním sloupečkovitých minerálů přímo v plochách foliace.

# METAMORFOVANÉ HORNINY

***plošně paralelní textura***



***lineárně paralelní textura***



***Metapelitey – metamorfované jemnozrnné sedimenty***

# Metamorfované horniny

Časté výrostlice větších minerálů  
(porfyroblasty)

Staurolit v metapelite  
(svoru)



Granát (almandin) v metapelite (svoru)

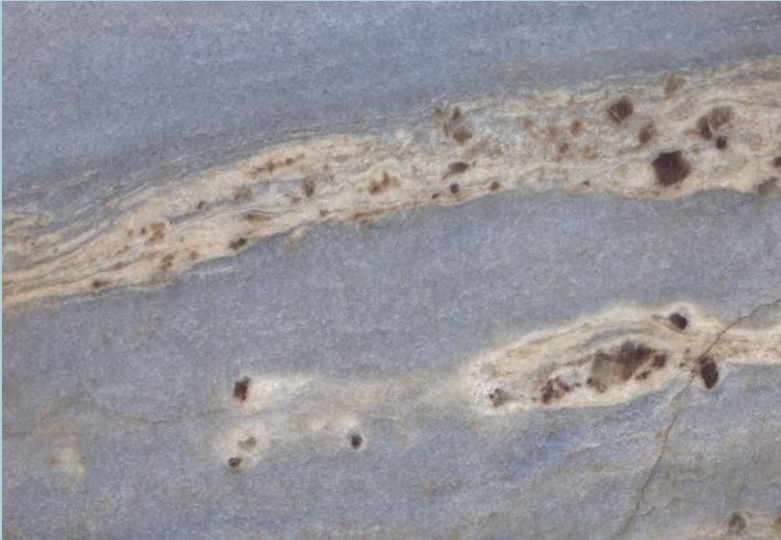


Kyanit v pararule  
(metapelit)



Granát (pyrop) v peridotitu  
(UHP metamorfóza plášťových  
hornin)

# Metamorfované horniny



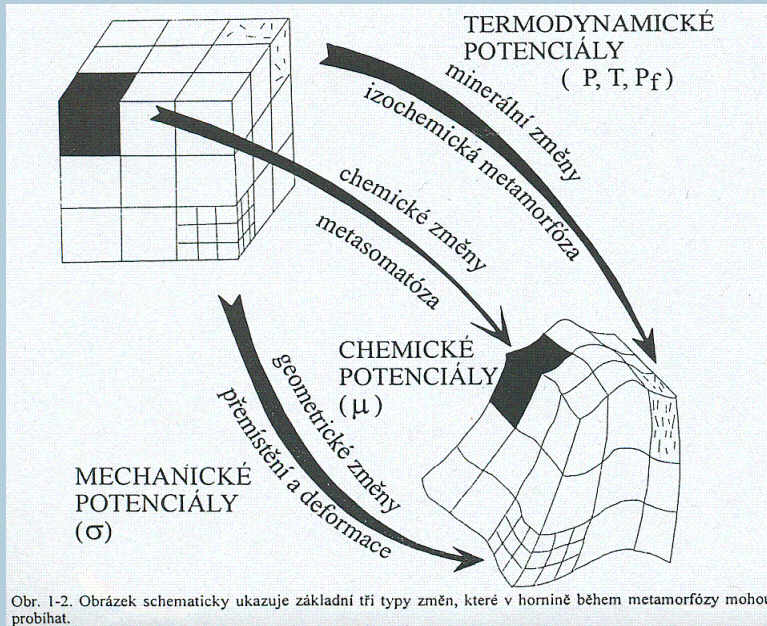
**Mramory – metamorfované vápence  
často chybí plošně paralelní stavba**

**Mramor s wollastonitem a  
vesuvianem**



**Mramor s tremolitem**

# Metamorfované horniny - metasomatické



Metasomatické horniny jsou svým vznikem podobné metamorfovaným horninám, ale při jejich vzniku dochází k výrazné změně chemického složení, tedy část prvků ke přinesena a část odnesena.

Typickým příkladem jsou skarny a erlány. Metasomatické silikátové většinou bezživcové horniny bohaté Ca vznikají jako výsledek reakcí hydrotermálních fluid s karbonáty bohatými litologiemi. Jejich typickým znakem je často polyfázový vývoj.



Hedenbergit



Grosular

# Metamorfované horniny - metasomatické

- **ekonomicky nejvýznamnější metasomatické procesy v metamorfních podmínkách**
- **Skarny**
- **Greiseny**
- **Metasomatizující fluida mohou být derivována při metamorfních procesech, ale i magmatických, tedy obdobné typy metasomatických hornin mohou vznikat v podmínkách regionální i kontaktní metamorfózy**

# Metamorfované horniny - metasomatické

ekonomicky nejvýznamnější metasomatické procesy v metamorfních podmínkách

- **Skarny a greiseny**

Podle mineralogického složení je dělíme  
na:

Ca-skarny

Mg-skarny

Fe-skarny

Mn-skarny

**Typické minerály skarnů:**

**Granáty - grosular, andradit**

**Pyroxeny – diopsid, hedenbergit**

**Amfiboly**

**Vesuvian**

**Wollastonit**

**Epidot**

**Dále řada rudních minerálů:**

**Scheelit, chalkopyrit, magnetit**



**Wollastonit**



# Metamorfované horniny - metasomatické

**Greiseny** – v okolí některých frakcionovaných granitů; fluida generovaná granitem

- **endogreisen (metasomatózou granitu) a exogreisen (metasomatózou okolní horniny)**

Typické minerály:

křemen, fluorit, apatit

Slídy a Li-slídy (zinnwaldit)

topaz

Rudní minerály:

kasiterit

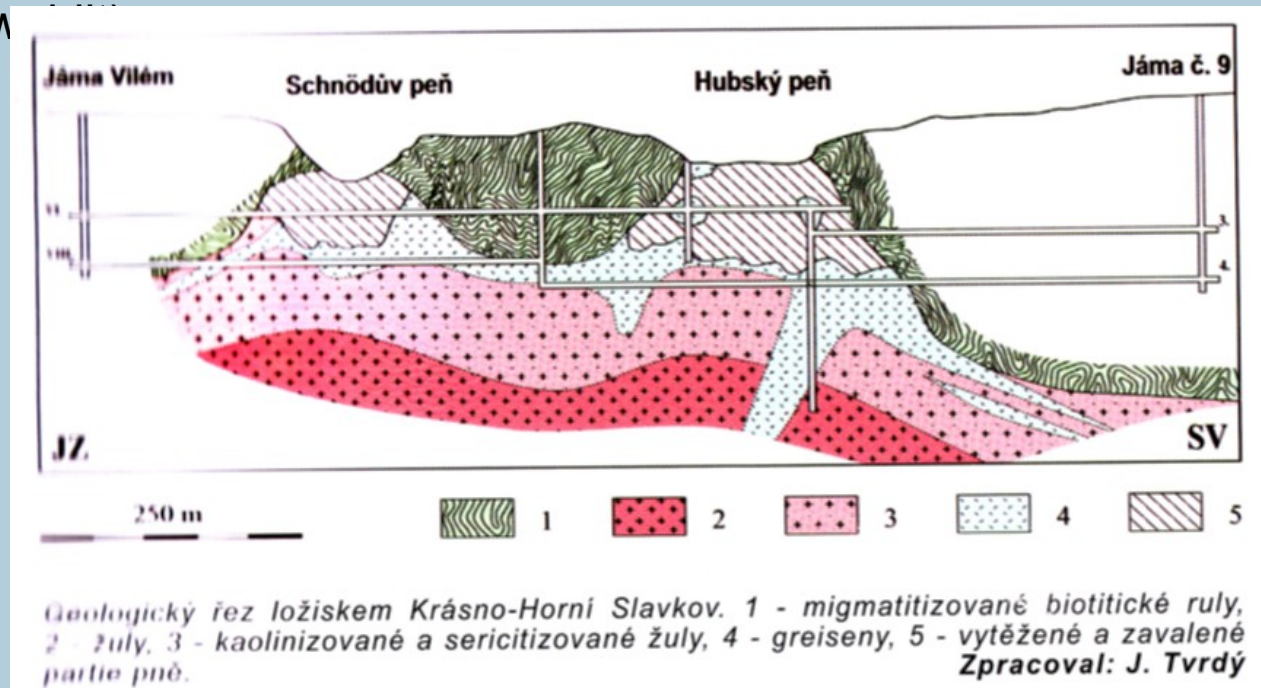
wolframit

molybdenit

scheelit

chalkopyrit

**Cinvaldit**



**Řez ložiskem Horní Slavkov**

# Sedimentární horniny

## Sedimentární (usazené) horniny

- vznikají poblíž zemského povrchu většinou na dně vodních nádrží za teplot blízkých povrchu, často zvětráváním jiných minerálů
- Nejčastěji usazením úlomků minerálů (detritické minerály) stabilních při zvětrávání – vznik klastických sedimentů; prošly cyklem zvětrávání, eroze, transport, sedimentace
- Nejčastěji křemen, méně živce aj. minerály –
  - Nezpevněné: např. písky      zpevněné: např. pískovce
- Z organických zbytků (organogenní vápence – vápenatý schránky, radiolarity – křemité schránky)
- Usazování z roztoků (vznik chemogenních sedimentů; sádrovec, některé vápence)



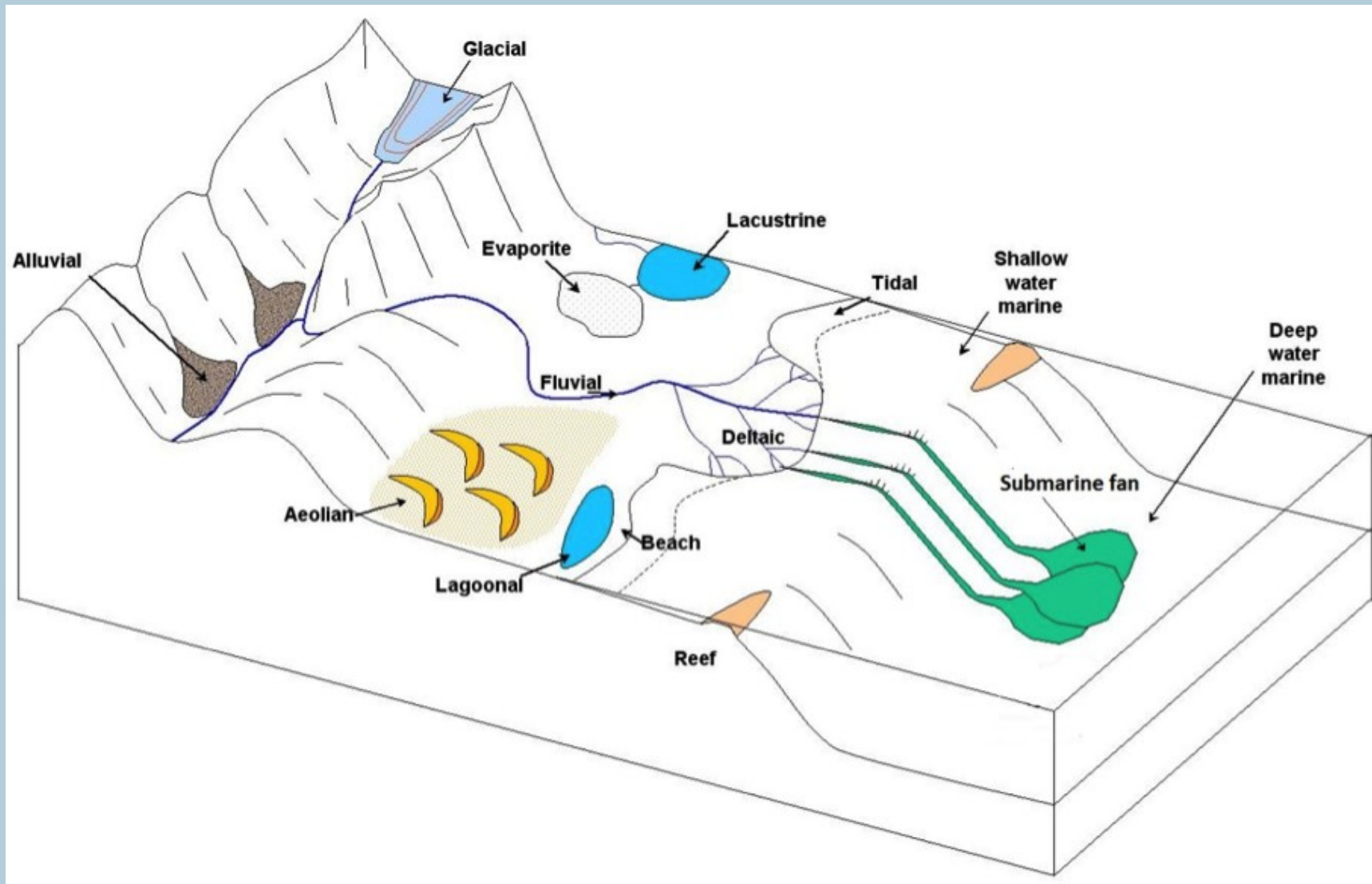
**Limonit**



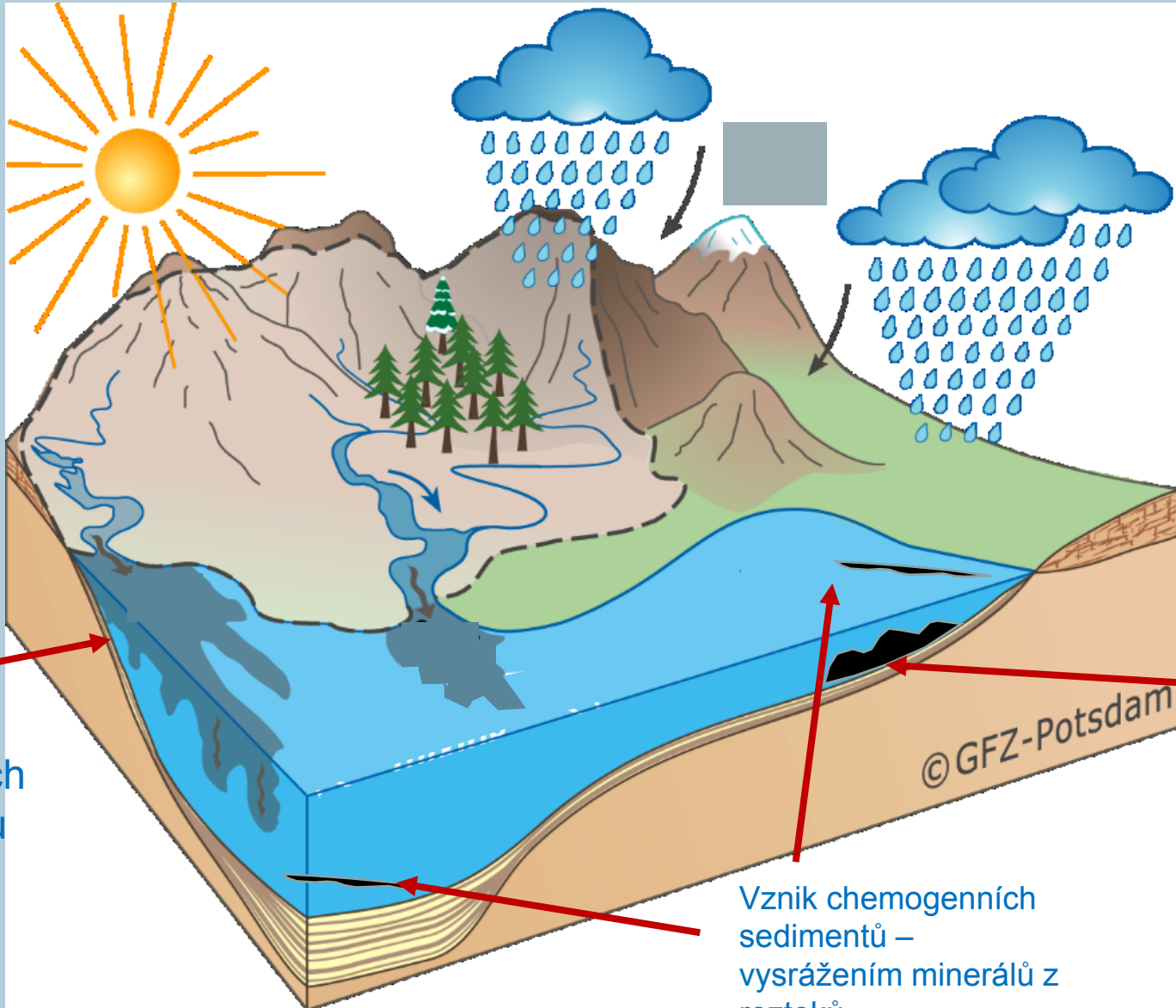
**Kalcit**

- zvětrávání proces in-situ
  - dochází k rozkladu primárních minerálů na sekundární.
  - Např. živce větrá na kaolinit, ilmenit na leukoxen, pyrit na limonit a pod.

# VZNIK USAZENÝCH HORNIN



# VZNIK USAZENÝCH HORNIN



Vznik usazených hornin z úlomků spláchnutých z kontinentů

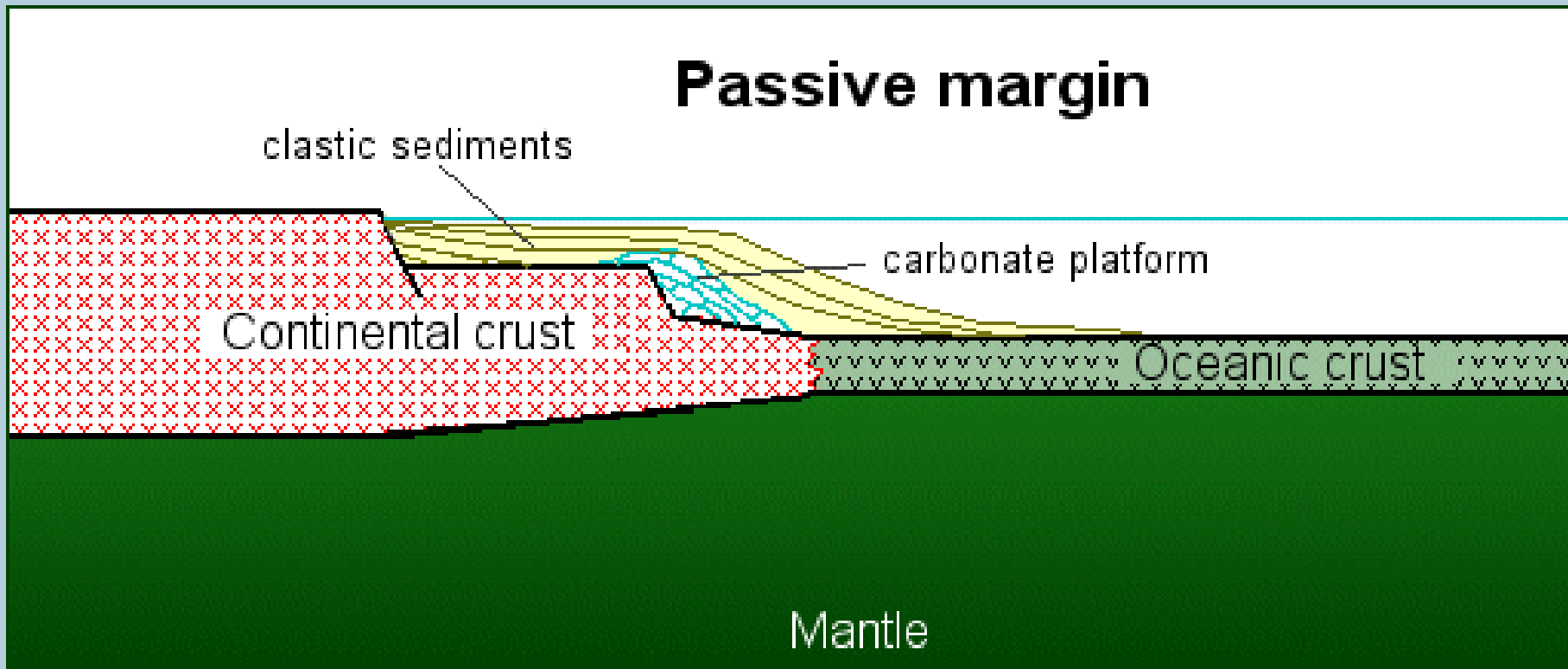
Vznik chemogenních sedimentů – vysrážením minerálů z roztoků

Vznik usazených hornin z živočichů tvořících schránky

© GFZ-Potsdam

# VZNIK USAZENÝCH HORNIN – GEOTEKTONICKÉ PROSTŘEDÍ MOŘSKÝCH PÁNVÍ

**Pasivní okraje kontinentů** – klidná sedimentace, jemnozrnnější sedimenty, pískovce, prachovce, jílovce a vývoj karbonátové sedimentace

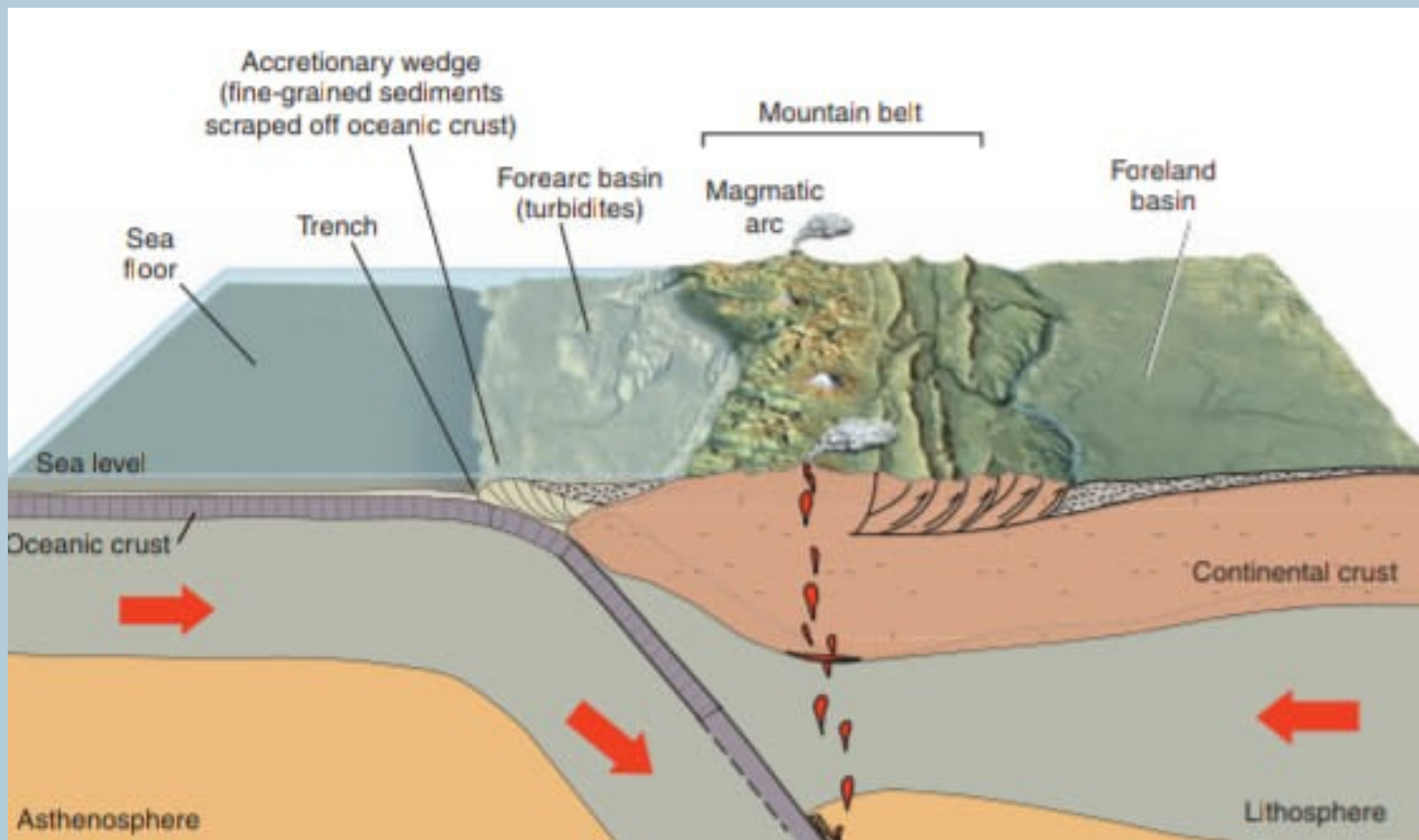


# VZNIK USAZENÝCH HORNIN – GEOTEKTONICKÉ PROSTŘEDÍ MOŘSKÝCH PÁNVÍ

**Aktivní okraje kontinentů** – konvergentní rozhraní desek

Forearc basin – ke straně k oceánu a subdukující oceánské desce; turbiditní sedimenty, velká mocnost klastických sedimentů spláchnutých z rychle se zvedajícího pohoří na kontinentální kůře, (Drahanská vrchovina, slepence, pískovce, prachovce, jílovce)

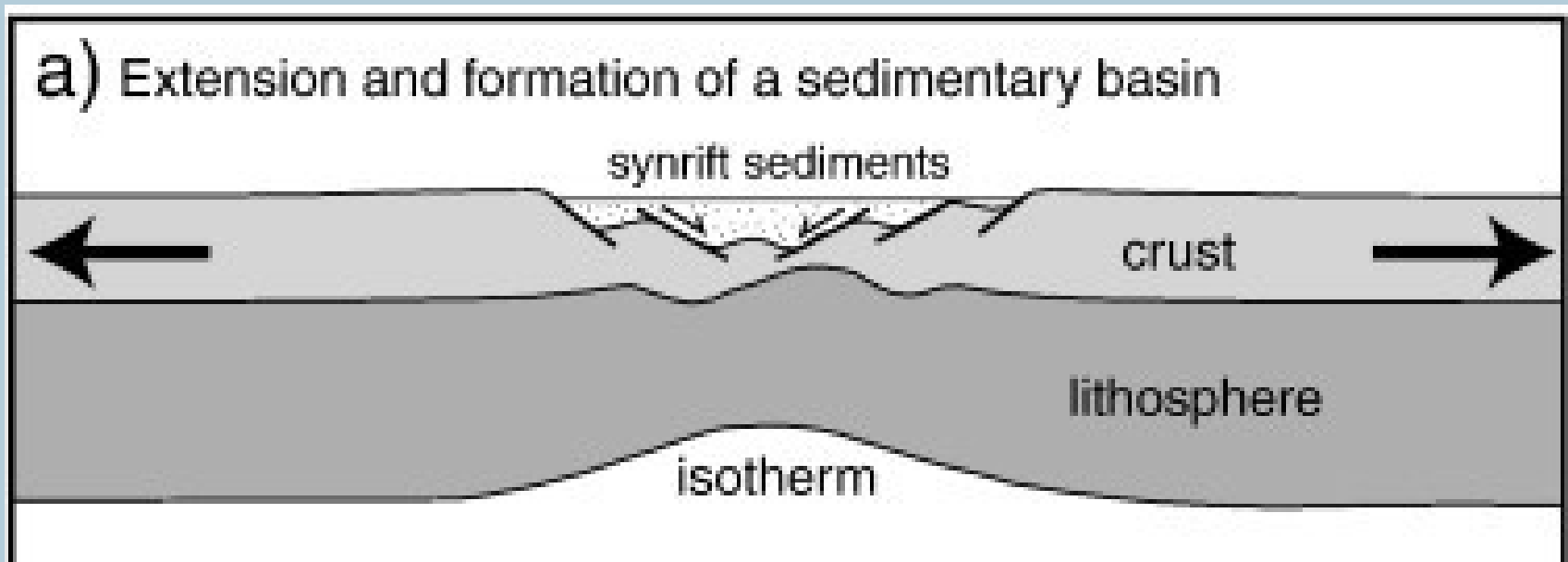
Foreland basin – na opačné straně – kontinentální kůře, klastické sedimenty, menší mocnost



# VZNIK USAZENÝCH HORNIN – GEOTEKTONICKÉ PROSTŘEDÍ MOŘSKÝCH PÁNVÍ

Vznik riftu při extenzi (roztahování) a ukládání sedimentů

Počáteční rift (východoafrická příkopová propadlina, pokročilejší – Rudé moře, pokročilý rift – uprostřed Atlantského oceánu)



# Vznik organogenních vápenců

Vznik vápenců nahromaděním schránek vápnitých organismů





# Sedimentární horniny



Organogenní vápenec



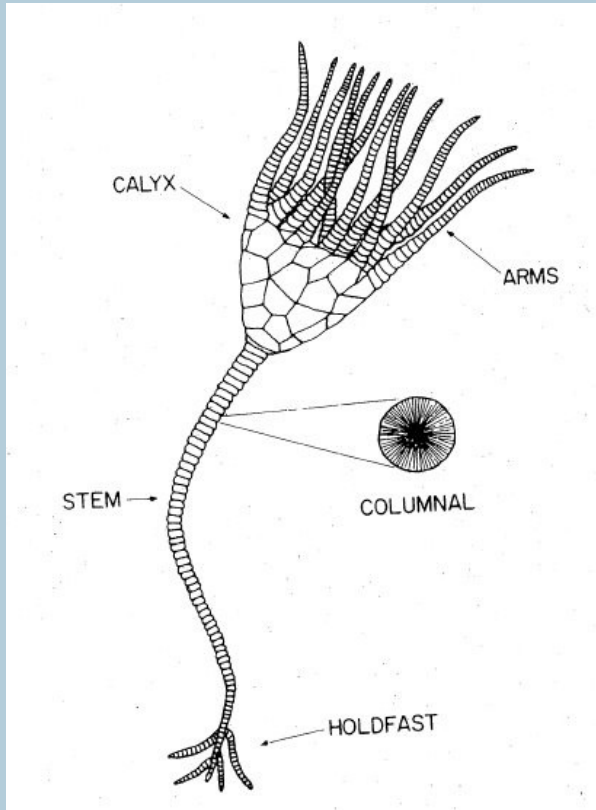
Pískovec



krinoidový vápenec (budňanská skála)

# Vznik organogenních vápenců

Krinooidové vápence (Stránská skála) - Lilijice lze i dnes v moři najít – vymírající druh



Části zkamenělého stonku lilijic

# Vznik uhlí

Prouhelněním organických (rostlinných) zbytků - karbonský (prvohory) tropický bažinatý prales (vznik černého uhlí)

Hnědé uhlí je mladší (třetihorní limnické pánve)



# Vznik minerálů na hydrotermálních žílách

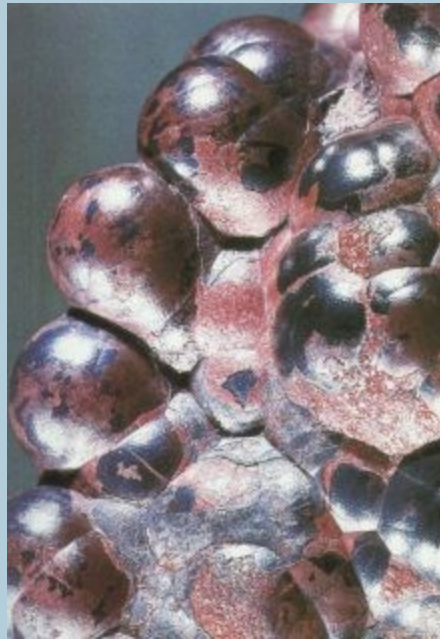
Hydrotermální mineralizace jsou velmi pestré a zahrnují:

- Rudní hydrotermální žíly,
  - kde hlavní výplní žil jsou křemen, kalcit nebo dolomit a
  - široká škála rudních minerálů jako pyrit, chalkopyrit, galenit, sfalerit, antimont, uraninit, hematit
- Alpské žíly,
  - vyplněny běžnými horninotvornými minerály
  - např. epidot, albit, prehnit, křemen, K-živec (adulár), rutil, titanit, chlorit aj.
- Na rozdíl od metasomatózy nové minerály nevznikají zatlačováním starších minerálů při působení fluid (metasomatózou), ale krystalizují přímo z roztoků na trhlinách
- Původ hydrotermálních roztoků různý, derivované z magmatu (doprovází plutonické i vulkanické horniny), při metamorfóze či v sedimentárních horninách



# Hydrotermální minerály

**Sfalerit**



**Hematit**



**Epidot**

# Shrnutí

## 1. Magmatické procesy

- vysoké teploty, někdy vysoký tlak,
- probíhají od pláště až po zemský povrch

## 2. Metamorfní procesy

- vysoké až nízké teploty, vysoké až nízké tlaky,
- probíhají od pláště až po zemský povrch, PT-pole magmatických a metamorfních procesů se překrývá, v tomto poli se liší mediem, z něhož krystalují: tavenina – pevná fáze

## 3. Hydrotermální procesy

- střední až nízké teploty, střední a hlavně nízké tlaky
- navazují na nebo se mírně překrývají s magmatickými, popř. i metamorfními procesy, liší se mediem, z něhož krystalují: tavenina – pevná fáze – hydrotermální roztok nebo fluidum

## 4. Sedimentární procesy

- nízké teploty a hlavně nízké tlaky
- navazují na nebo se mírně překrývají s metamorfními procesy - diagenese

Neexistují jasně definované P-T hranice mezi jednotlivými procesy, proto je nutné vedle geologického členění využívat i fyzikálně-chemické podle mateřského media, jsme-li schopni je definovat.