

# Petrologie

**Úvod do petrologie**

*Vznik, vývoj a historie*

# Petrologie – petrografie - litologie

- Petrografie (jinak skálosloví nebo horninosloví) je nauka o horninách. Zabývá se horninami s cílem určit jejich minerální a chemické složení, jejich vzájemné geologické poměry a z toho odvodit úsudek o vzniku jednotlivých druhů hornin „ (Ottův slovník naučný 1884, 1926)
- petrologii = studium přírodního vývoje hornin, jejich mineralogie, stavby, vzniku, přeměn a rozpadu<sup>[1]</sup>
- <sup>[1]</sup> K tomu je třeba ještě dodat, že původně - vzhledem k odvození od řeckého názvu petra (skála) - se používal správnější termín petralogie. Kupříkladu první monografické zpracování hornin s návrhy na pojmenování celé řady odrůd vyšlo v Londýně v r.1811 pod názvem „Petralogie“ Autorem byl Pinkerton.
- **Petrologie je termín používaný k obecnému označení studia hornin včetně petrografie (nazývané také litologií).**
- **Litologie se zabývá popisem a klasifikací hornin.**
- **Petrogeneze studuje vývoj horniny v čase a původ hornin.**
- **Petrochemie studuje chemické složení a jeho variabilitu a zákonité rozmístění prvků v horninách a jejich suitách.**
-

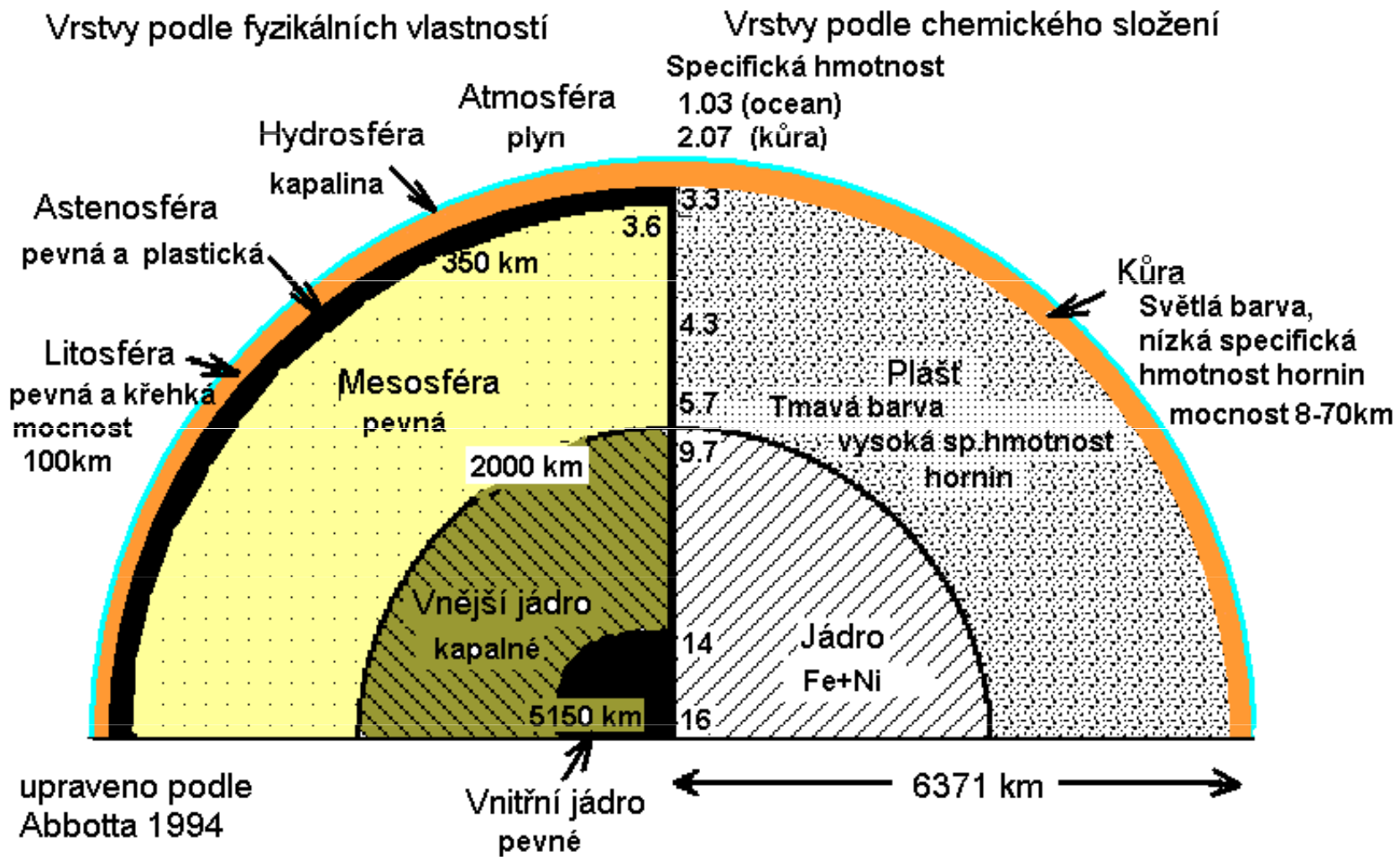
# Definice horniny

- **Hornina je seskupení (agregát) minerálních zrn, a/nebo pevná přírodně, uměle, a/nebo kombinací obou vzniklá látka tvořená krystaly, sklem, přeměněnou organickou hmotou, či kombinací těchto komponent<sup>[1]</sup>.**
- <sup>[1]</sup> Definice zahrnuje v tomto případě i technické horniny, oblast petrurgie, metalurgie a nevyklučuje ani kosmické horniny

- Definice horniny jako **tělesa se zákonitou vnitřní stavbou**. Tyto definice vypracoval Sander (1911) a do češtiny je zavedl Štelcl (1983): hornina je za určitých podmínek pevná, jedno či vícefázová vnitřní stavba s určitým stavem homogenity a stavebními prvky většími, než je velikost strukturní mřížky.
- **Široké petrologické definice** charakterizují horniny: jako hmoty či agregáty jednoho nebo více minerálů (i úlomků starších hornin, případně i organického původu), které vznikají geologickými procesy (Dudek et al.1983, Krist, Krivý 1985)[1].
- 3 ) **Užší petrografická definice** (Ottův slovník naučný 1898, Haller 1696, Kettner in Krainich 1927, Dudek et al.1984) uvádí, že horniny jsou seskupení nerostů nebo organických zbytků vzniklé zákonitými přírodními pochody a zákonitě se v přírodě opakující, podstatně se podílející na stavbě litosféry a tvořící samostatná geologická tělesa[2].

- [1] V tomto případě nepatří k horninám umělé výtvořky (např. beton a keramické hmoty), kterými se zabývá petrografie technických hmot „hornin“, metalurgie a pod.
- [2] I zde spolu s uměle vytvořenými hmotami, není horninou ani led, který je součástí hydrosféry (v rozporu s touto definicí např. .Dudek et al. 1964 řadí led mezi horninotvorné materiály). Horninami nejsou pak ani meteority a kameny dovezené z jiných planet (tzv. regolit), hmoty tvořící svrchní plášť Země a pod. Toto bylo důvodem pro Krista, Krivého (1985) pro vydělení oborů kosmické a technické petrografie i dalších. Sporná je rovněž podmínka, že horniny musí tvořit podstatnou část litosféry. Například grafitové břidlice tvoří pouze desetitisíciny z objemu zemské kůry, a přesto nikdo nepochybuje o tom, že jsou horninami.

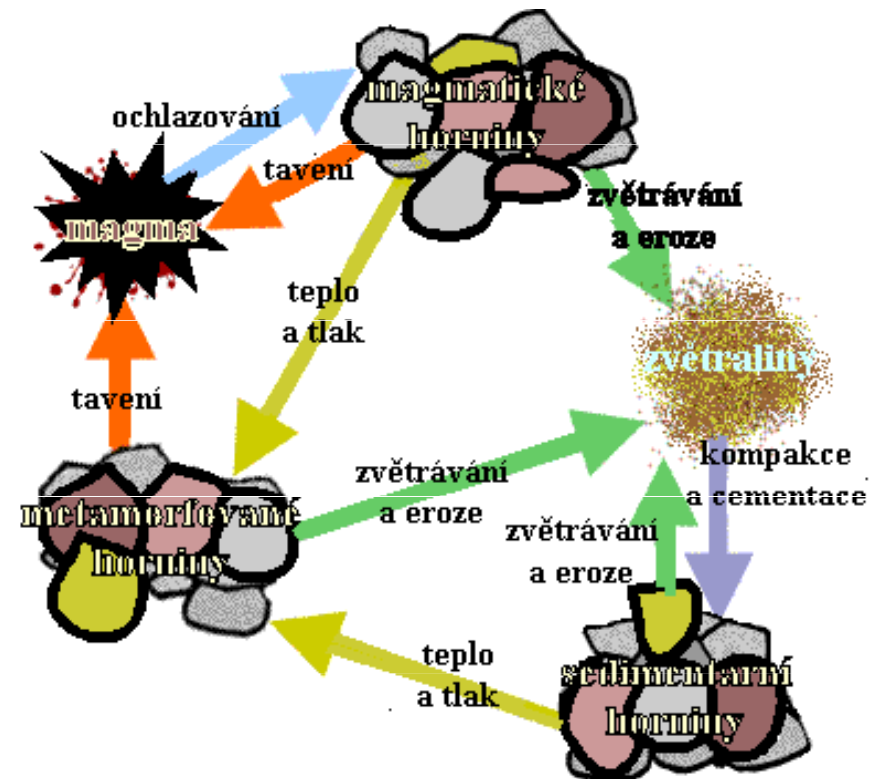
Schéma zemského tělesa s mocnostmi jednotlivých sfér a přehledem přijímaných specifických hmotností hydrosféry, kůry a pláště



# Horniny podle geneze

## Přírodní horninový cyklus

- Primární: magmatické
- Sekundární: sedimentární a metamorfované



# Magmatické horniny

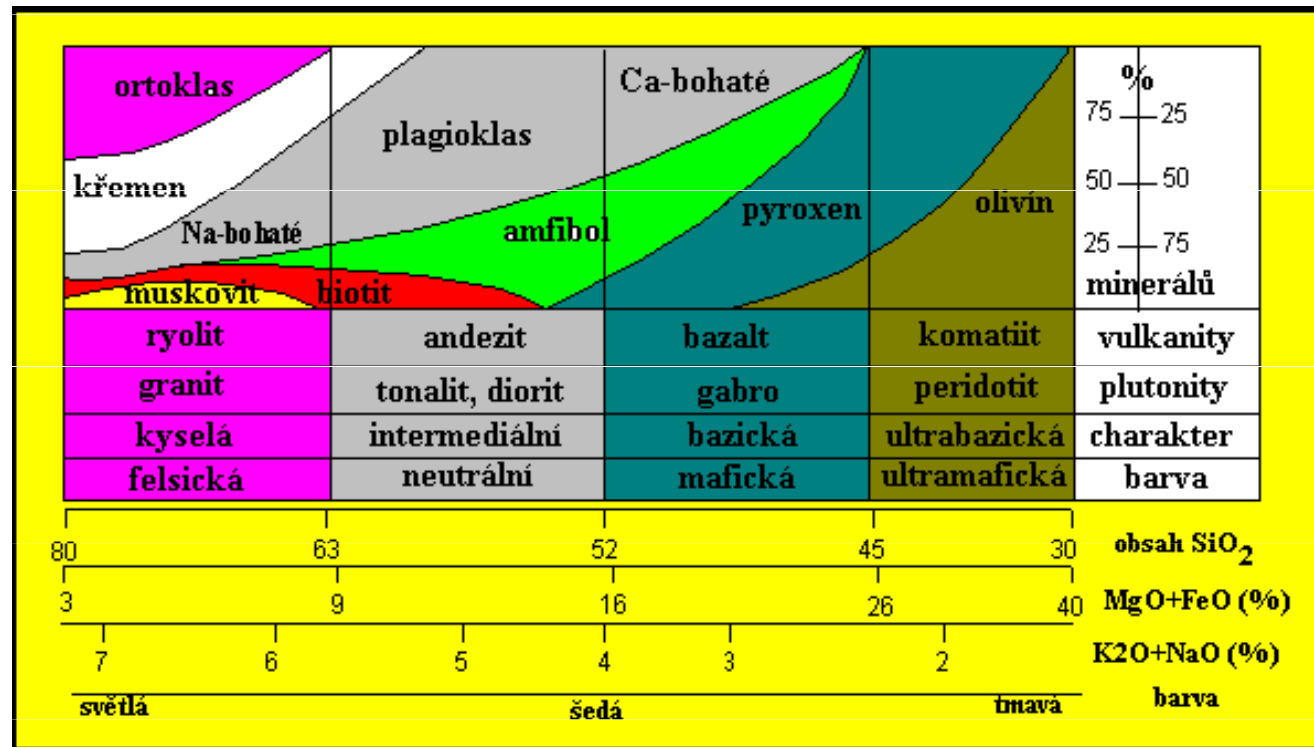
- Ve smyslu přijatých doporučení (IUGS) se magmatické horniny rozdělují do dvou základních podskupin, a to podle geologické pozice:
- plutonické (hlubinné, abysální, žilné - subvulkanické, hypabysální);
- a vulkanické (výlevné, efuzivní, extruzivní).
- K vulkanickým horninám je přiřazována i tefra (horniny pyroklastické – tufy a tufity, které jsou přechodným článkem k horninám sedimentárním).

## Podle chemického složení

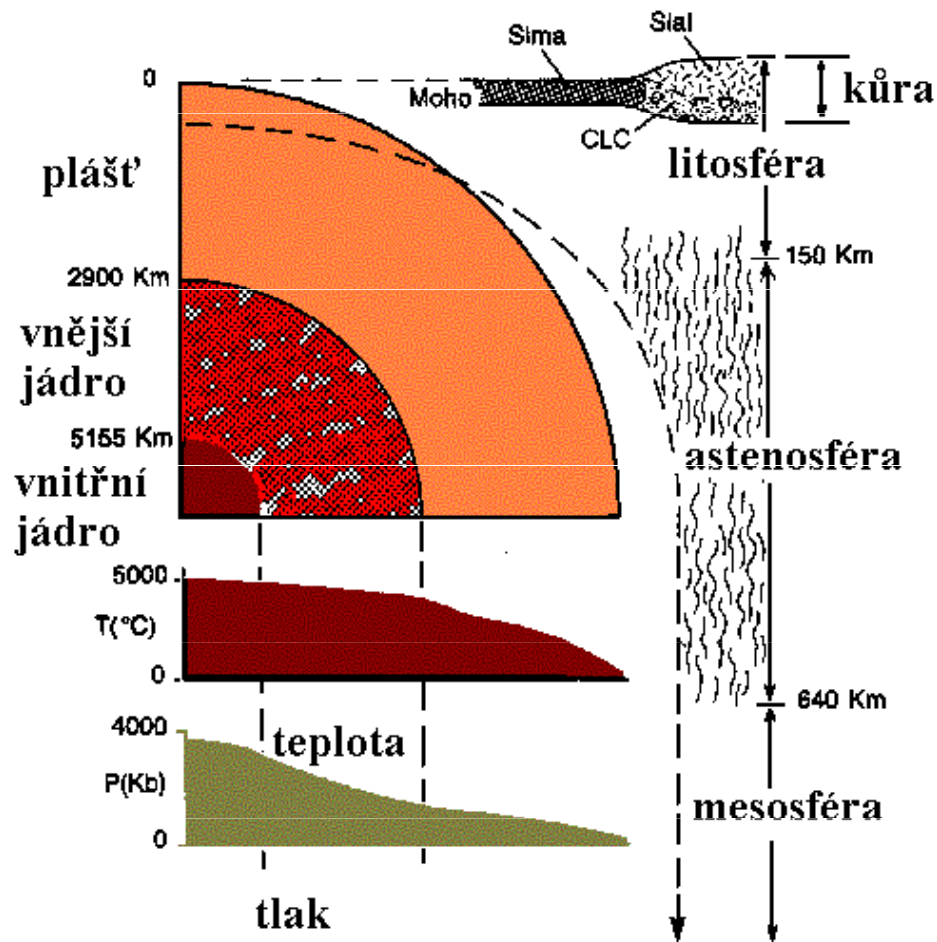
- Podle chemického složení, zejména na základě obsahu  $\text{SiO}_2$  se magmatické horniny rozdělují do 4 základních skupin: horniny acidní, intermediální, bazické a ultrabazické.
- Neméně významné je další členění: horniny alkalické (mají molární nadbytek alkálií ve vztahu k  $\text{Al}_2\text{O}_3$  nebo častěji v komplikovanějším vztahu k  $\text{SiO}_2$  jako kriticky nenasycené)
- a subalkalické (tj. nealkalické, jsou to všechny ty, které nesplňující kriteria pro alkalické horniny).



Schéma klasifikace magmatických hornin na základě chemického složení (podle obsahu  $\text{SiO}_2$ ). V rámci schématu jsou zahrnuty i hlavní představitelé hornin acidních, intermediálních, bazických a ultrabazických.



# Stavba zemského tělesa

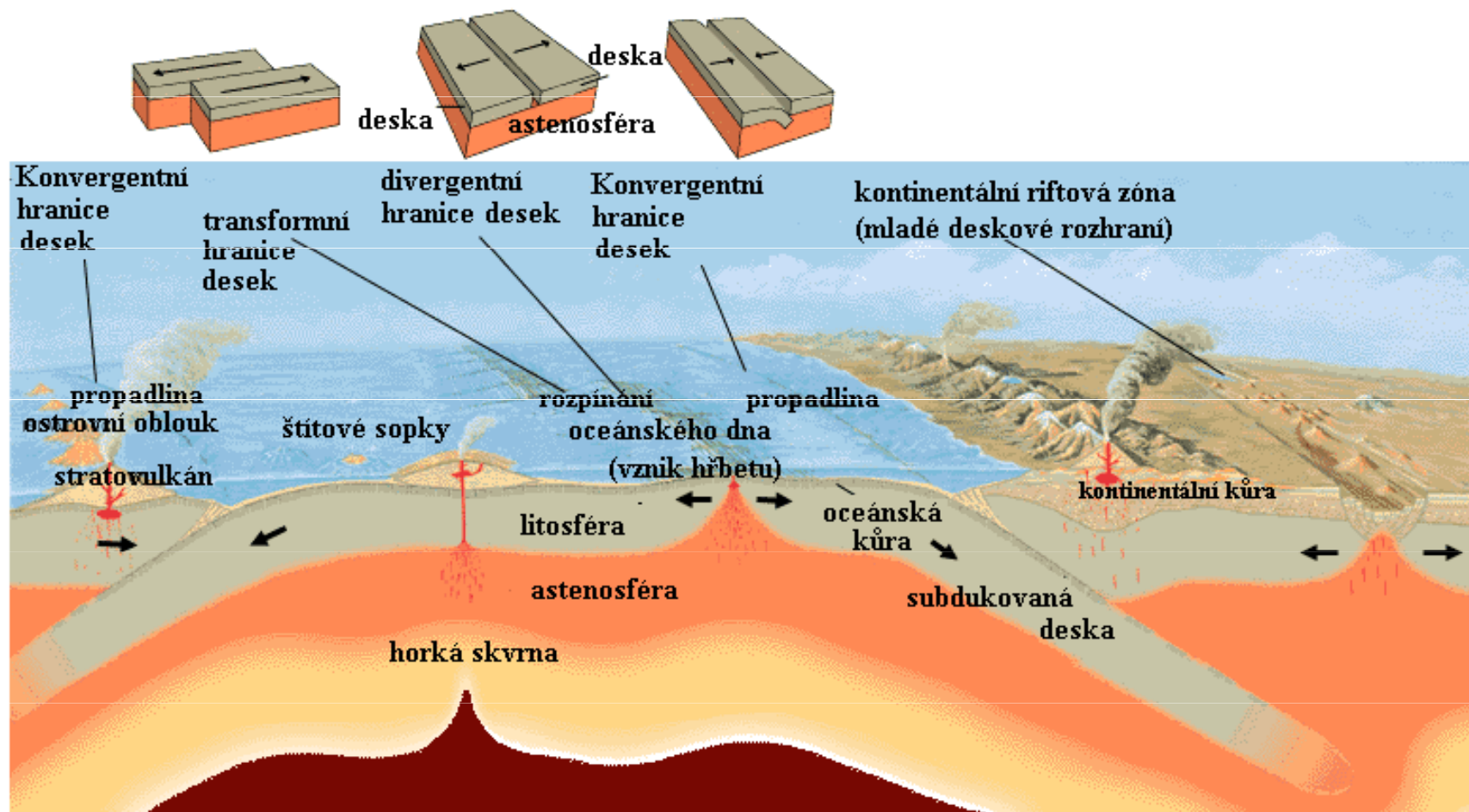


- Barel (1914) definoval ve stavbě Země:
- **litosféru** jako vnější horninový obal;
- **astenosféru** jako zónu ve svrchní části Země se sníženými rychlostmi seismických vln. Podle některých názorů je takových astenosfér i vlnovodů ve svrchní části zemského pláště několik;
- **mesosféru** (chalkosféru) jako střední obal Země, který je tvořen sulfidy a oxidy v hloubce 1900 až 2000 km.

# Litosférické desky



# Základní typy deskových rozhraní oceánské a kontinentální kůry



## Petrologické názvosloví

- Genetické názvy mají výhodu ve stručnosti, nevýhodu v tom, že jedna a táž hornina (např. amfibolit, eklogit, kvarcit, skarn) může mít celou řadu způsobů vzniku ( viz předchozí text).
- Popisné názvy jsou výhodné z toho důvodu, že umožňují respektovat jak petrografické, tak i petrologické aspekty poměrně stručným vyjádřením.

## Podle zásad komise SCMR a IUGS má popis horniny splňovat následující předpoklady:

- *a) Kategorizaci: dělení hornin do širokých souborných skupin (sedimentární, metamorfované a magmatické horniny). Ty potom lze dělit do nižších řádů (např. plutonity, vulkanity, kontaktně, regionálně metamorfované horniny, klastické chemogenní sedimenty atd.).*
- *b) Terminologii (nomenklaturu, názvosloví); označení jednotlivých hornin bez vzájemného systémového propojení. Patří sem nejen základní podstatná jména jako granit, rula pískovec, ale bližší specifikace upřesňujícími výrazy (biotitový, porfyrický, porfyroblastický, se sklem, s foidy apod.).*
- *c) Klasifikaci (systematiku); uvádí jednotlivé horniny do systému (ucelené soustavy) na základě pevných klasifikačních parametrů (u magmatických hornin je to minerální popřípadě chemické složení, obvykle podle kvantitativního zastoupení základních minerálů (kvantifikátorů)- křemene, alkalických živců, plagioklasů a foidů, nebo podle hlavních horninotvorných oxidů zejména  $\text{SiO}_2$  a oxidů alkalických kovů).*
- *d) Typologii; přiřazení horniny či skupiny hornin do určitého petrogenetického, geochemického, geotektonického či tektonomagmatického cyklu: subalkalický, přesycený, kontinentální, oceánský, ostrovně obloukový, vnitrodeskový atd.*

Používání koncovek v adjektivních formách jmen hornin a minerálů (-ický, -ný, -ový).

- Se stejnou nejednotností se setkáváme i v užívání koncovek v případě, že v názvu horniny je použito více minerálů např.:
- granáticko-biotitická hornina,
- granát-biotitická hornina,
- granátovo-biotitová hornina,
- granát-biotitová hornina.
- Naprosto převládající frekvenci mají koncovky -ický a -ový.
- **V jednom textu není vhodné koncovky libovolně kombinovat. Zvolenou používáme jednotně!**

## Používání předpon

- **ultra-** : dovedený do krajního stádia (ultrametamorfóza, ultramylonit);
- **leuko-** : hornina obsahuje méně tmavých minerálů, než je pro daný druh horniny charakteristické;
- **melano-** (podle některých autorů mela-: např. Fediuk 1996) hornina obsahuje více tmavých minerálů, než je pro daný druh horniny charakteristické;
- **mikro-**: subkomise IUGS ji doporučuje používat pro podstandardně jemnozrnné plutonity. Tato předpona je pro nás velmi důležitá, a to zejména ve vztahu k horninám žilným. V souladu s doporučením je pak většina žilných „porfyrů a porfyritů“ označována jako porfyrický mikrogranit, porfyrický mikrotonalit atd.. Tím ovšem padá i u nás běžně užívané rozlišení na porfyr (s převahou alkalických živců) a porfyrit (s převahou plagioklasu);



## Používání předpon

- *předpona označující výraznou (úplnou) přeměnu vyvřelé horniny (Lacroix 1920); meta- :*
  - a) použita ve spojení s názvem vyvřelé nebo sedimentární horniny indikuje, že jde o metamorfovanou horninu s relikty původní stavby nebo látkového složení (metabazalt, metaarkóza, metakvarcit - Rosenbusch 1891, van Hise 1904, SCMR); hornina má zřetelný rys metamorfních přeměn, ale původní charakter je stále jednoznačně rozpoznatelný. Současně s tím subkomise IUGS připouští v daném případě i použití dalších výrazů jako je např. mylonitizovaný, fylonitizovaný, zrulovatěný granit apod.;*
  - b) ve spojení s názvem sedimentární horniny (metakvarcit) byla použita k vyjádření vyššího stádia nebo látkového složení (metaantracit, metabentonit, metabituminózní uhlí);*
  - c) meta- ve spojení s názvem metamorfované horniny podle Levinson-Lessinga (1911) pro označení metasomatitů (metaamfibolit);*

# Metody výzkumu hornin

- Terénní práce, sběr vzorků, mapování
- Laboratorní metody
- Makroskopický popis zahrnuje:
  - barvu horniny
  - zrnitost horniny a popřípadě variace ve velikosti zrna;
  - makroskopicky rozeznatelné minerály, jejich velikost, množství, tvar a omezení;
  - makroskopicky patrné strukturní znaky : břidličnatost, vrstevnatost, kliváž, usměrnění, přednostní orientace, vrásky a vrásky, svraštění, pukliny, trhliny.
  - Doplnit (pokud to lze) kvantitativní charakteristikou, např.: plochy břidličnatosti jsou od sebe vzdáleny průměrně 1-3 mm, na 1 dm ve směru tektonické osy a připadá asi 70 vrásek apod.
  - charakter povrchu foliace: hladký, nerovný, drsný, zborcený, vrásčitý atd.;
  - charakter lomné plochy a lomných hran: rovná, nerovná, lasturnatá, tříšťnatá, zemitá atd., lomné hrany ostré, zaoblené;
  - čerstvost a stupeň přeměny; atd.

# Metody výzkumu hornin

- **Mikroskopický popis:**

- a) vyjmenování všech minerálů v hornině v pořadí podle důležitosti (případně podle sukcese, původu apod.)
- b) popis jednotlivých minerálů (nebo složek) v pořadí:
  - podstatné
  - vedlejší
  - akcesorické
  - sekundární
- c) u všech minerálů uvést:
  - velikost: relativní a absolutní (průměrná, minimální i maximální);
  - tvar: prismatický, lištovitý, sloupcovitý, dlouze sloupcovitý, stébelnatý, jehličkovitý, vláknitý, tabulkovitý, izometrický atd.;
  - omezení: automorfní (euherdální, idiomorfní), hypautomorfní (subhedrální, hypidiomorfní), xenomorfní (anhedrální, alotriomorfní); u metamorfovaných hornin idioblastické, xenoblastické;
  - opracování klastického materiálu: angulární, subangulární, semiovální, ovální, dokonale ovální;
  - deformační vlivy: undulozní zhášení, granulace zrn, anomální dvojčatění karbonátů a živců, ohnutí krystalů, protoklaza, kataklaza;
  - povaha živců: pokud možno přesně - uvést použitou metodu (symetrická zóna, Becke-Beckerova metoda, měření indexu lomu štěpných lupínků atd.);
  - zvláštní morfologické jevy: srůstové zákony, štěpnost, zonálnost, přesýpátková struktura, uzavřeniny a jejich orientace aj.;
  - specifické optické vlastnosti :
  - barva: s určením odstínu, pleochroismus (určit odstíny podle hlavních optických směrů);
  - charakteristické odchylky zhášení a podobné vlastnosti, které jsou pro daný minerál významné. Neuvádíme však obecně známé a samozřejmé údaje např.: křemen je jednoosý, zirkon má vysoký index lomu, karbonáty mají vysoký dvojlom apod.;
  - přeměny: chloritizace biotitu, granátu apod., uralitizace pyroxenu, serpentinizace olivínu, kaolinizace a sericitizace živců aj.;
- u porfyrických magmatických hornin popisujeme zvlášť vyrostlice a zvlášť základní hmotu;

# Metody výzkumu hornin

- **Mikroskopický popis:**

- u porfyroblastických metamorfovaných hornin popíšeme odděleně porfyroblasty a základní tkáň;
- u sedimentů charakterizujeme klastický materiál a zvláště matrix a tmel;
- široké minerální skupiny jako jsou plagioklasy, amfiboly, pyroxeny, chlority, jílové minerály apod. popisujeme co nejpřesněji a úzce specifikujeme např.: obecný zelený amfibol, diopsid, augit, klinochlor, montmorillonit apod.;
- přednostní orientace minerálů;
- u magmatických hornin uvádíme sukcesi;
- u metamorfovaných hornin rovněž sukcesi, pokud ji lze stanovit a vedle ní typ krystalizace - synkinematická, parakinematická a postkinematická;
- u sedimentů: třídění a opracování klastického materiálu, charakter tmelu (basální, pórový atd.), popis organických zbytků;
- odhad kvantitativního poměru součástí, eventuálně planimetrická analýza (udat velikost posunu a délku měřené linie, event. počet bodů při užití bodového počítáče); stanovení zrnitosti (uvést podle kterého autora -Teuscher, Pettijohn, Strachov aj.),
- struktura horniny,
- přesné petrografické označení horniny. Uvést klasifikaci např. Streckeisen TAS, apod.
- popis doplnit nákresy typických detailů z výbrusu (doklad sukcese, zatlačování jednoho minerálu jiným, deformační zjevy aj.), popřípadě fotografiemi (makro nebo mikro, udat polohu nikolů a zvětšení).

- Výše uvedený návod je pouze určité vodítko, nikoli šablona!

# Zrnitost magmatických a metamorfovaných hornin

Průměrná velikost zrna v mm	Číslo zrnitosti	Označení zrnitosti	Označení skupiny velikosti zrna
>33	1	velkozrnná	v cm
33 -10	1	velmi hrubozrnná	
10 -3,3	1-10	hrubozrnná	v mm
3,3 -1	10-100	středně zrnitá	
1 -0,33	100-1000	drobnozrnná v desetinách	mm
0,33- 0,1	1000-10000	jemnozrnná	
0,1 -0,01	10000-1000000	velmi jemnozrnná	v setinách mm
0,01- 0,001	>1000000	celistvá	v tisícinách mm

# Stručný přehled vybraných metod laboratorního studia

- Optická mikroskopie
- Polarizační mikroskop
- Optické vlastnosti minerálů v procházejícím a odraženém světle
- Separace minerálů – funkce binokulární lupy
- Luminiscenční mikroskopie
- Termoluminiscence
- Fotoluminiscence
- RTG
- IR
- AAS a AES
- Mössbauerova spektroskopie
- Ramanova spektrometrie
- Magnetická susceptibilita
- DTA
- Elektronová mikroskopie a mikroanalýza
- Radioaktivita minerálů