
Fyzická geografie

Zdeněk Máčka

Lekce 2

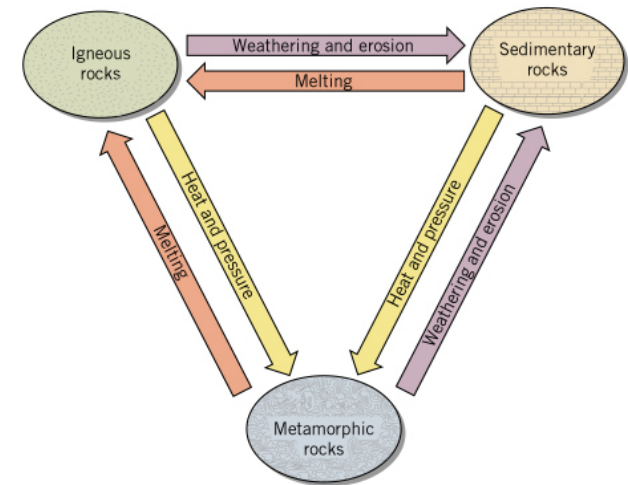
Minerály a horniny

Osnova lekce 2: MINERÁLY A HORNINY

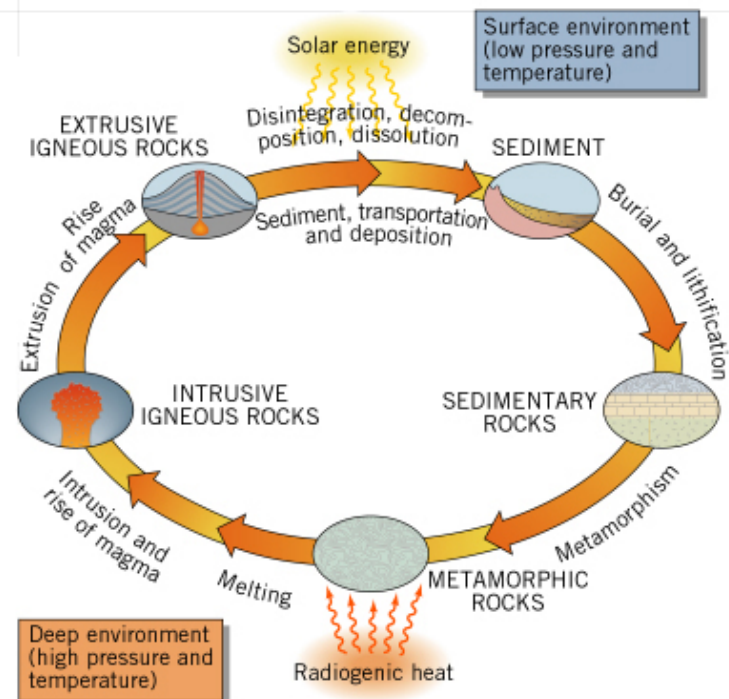
1. Geologický cyklus
 2. Složení zemské kůry
 3. Minerál a hornina – definice
 4. Vyvřelé horniny
 5. Sedimentární horniny
 6. Metamorfované horniny
 7. Geologická chronologická škála
-

1. Geologický cyklus

- Dílčí systémy geologického cyklu:
 - zemské nitro – vysoké tlaky a teploty, primární oběh vyvřelých hornin
 - zemský povrch – nízké teploty a tlaky, sekundární oběh sedimentárních hornin



Copyright © John Wiley & Sons, Inc.



Copyright © John Wiley & Sons, Inc.

2. Minerál a hornina – definice a vlastnosti

- **MINERÁL** = anorganická homogenní přírodnina, převážně pevného někdy kapalného skupenství, která je součástí zemské kůry a jejíž složení lze vyjádřit chemickým vzorcem.
- **HORNINA** = látkově a stavebně nehomogenní přírodnina složená z minerálů, směs minerálů; monominerální horniny (např. vápenec).
- Způsoby tvorby hornin kůry:
 - vytavování ze svrchního pláště (vyvřeliny)
 - rozrušování hornin na povrchu Země (sedimenty)
 - metamorfóza sedimentárních a vyvřelých hornin (metamorfity)

Základní vlastnosti hornin

- Minerální složení

horninotvorné minerály

- Chemické vlastnosti

- Stavba

textura = prostorové uspořádání minerálů v hornině

struktura = tvar, velikost a vývoj minerálů

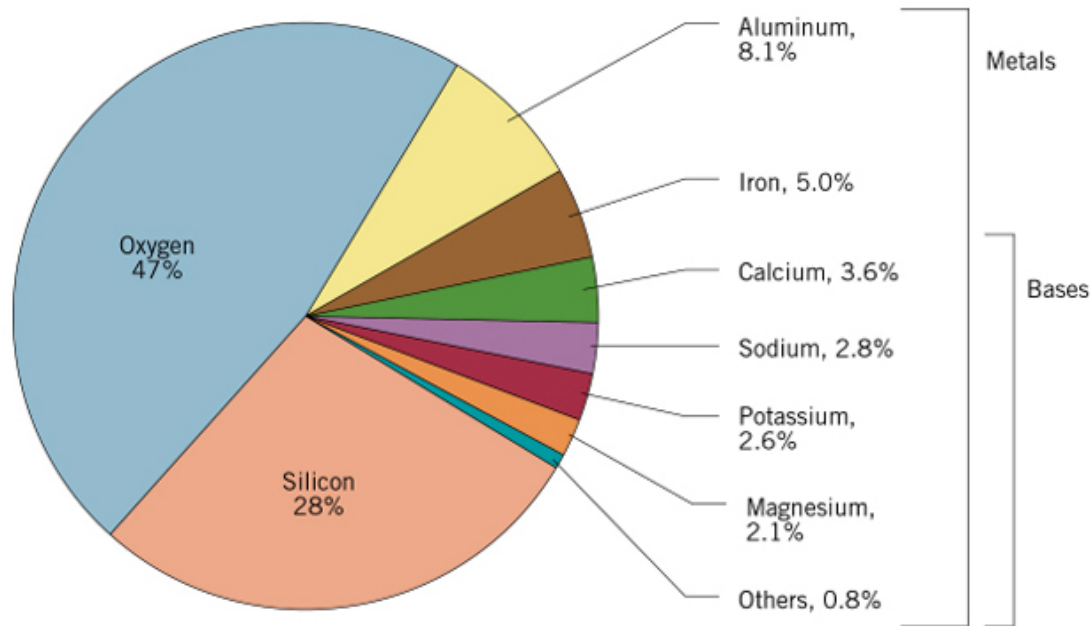
- Fyzikální vlastnosti (hustota, nasáklivost, pevnost, tvrdost, opotřebitelnost, barva, leštitelnost, odlučnost)

Minerální složení hornin

- Třídění minerálů podle zastoupení:
 - Podstatné minerály, > 10%
 - Podružné, < 10%
 - Přídatné (akcesorické) minerály, průměrně 1-2%, běžně 0,1%
 - Běžně se vyskytuje pouze 30 minerálů → silikáty, oxidy, uhličitany, fosforečnany
-

Chemické složení hornin

- Chemické složení kůry – převládá 8 chemických prvků (O, Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K; významný je ještě Ti).

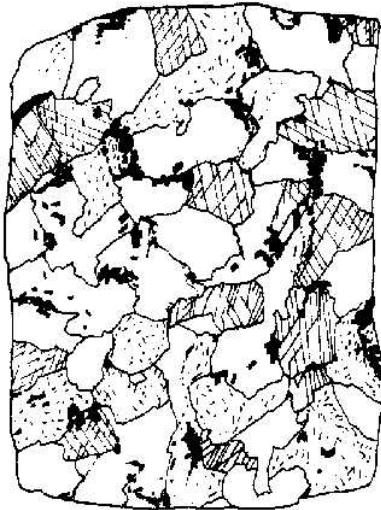


Copyright © John Wiley & Sons, Inc.

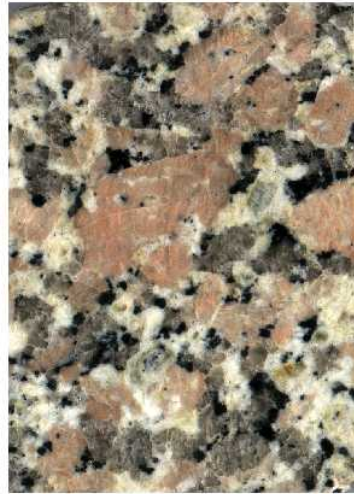
- Sumární obsah hmotnostních % základních horninotvorných oxidů

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	H ₂ O	P ₂ O ₅	TiO ₂
------------------	--------------------------------	--------------------------------	-----	-----	-----	-----	-------------------	------------------	------------------	-------------------------------	------------------

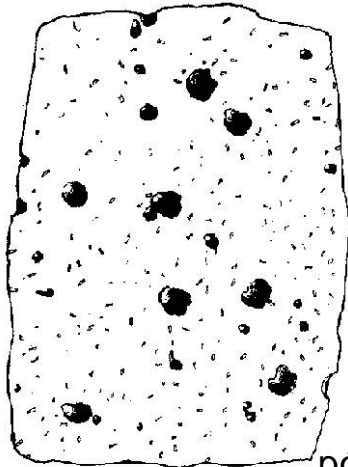
Stavba - příklady textur



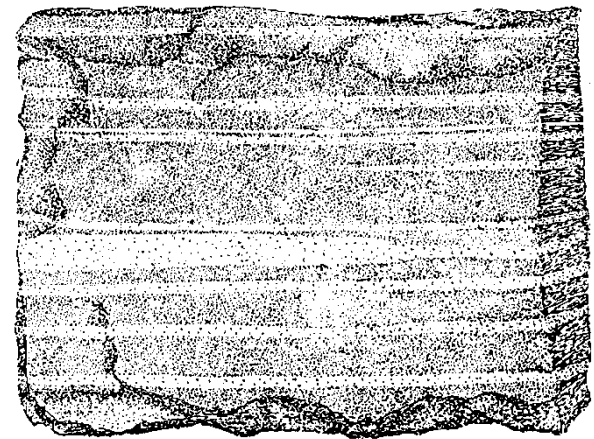
všesměrně nepravidelná



mandlovcovitá

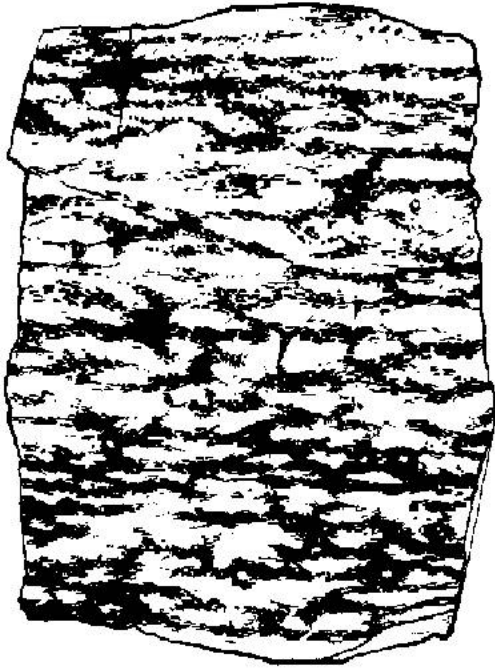


pórovitá



vrstevnatá

Příklady textur

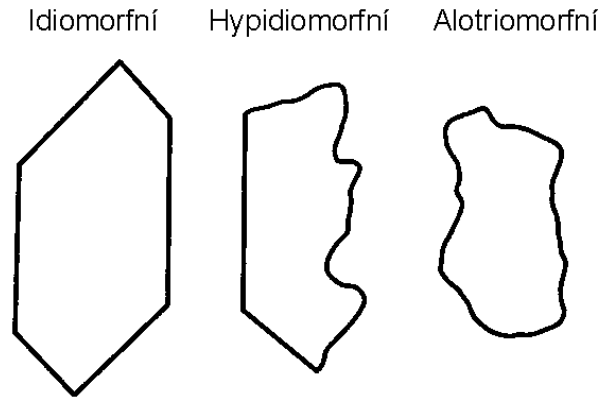


plošně paralelní

stébelnatá



Stavba - příklady struktur



celokrystalická, polokrystalická
a sklovitá



porfyrovitá, porfyrická (žilná) a
porfyrická (výlevná)

Příklady struktur

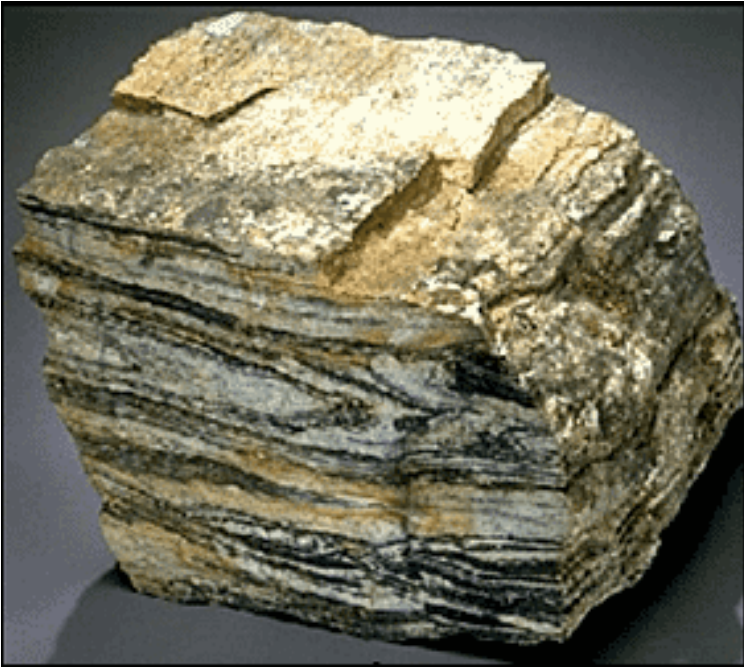


psefitická, psamitická a pelitická

okatá



tonalitová rula Acasta, 4,031 mld. let



3. Vyvřelé horniny

- GENEZE – utuhnutí roztaveného minerálního materiálu v kůře nebo na povrchu Země.
- SLOŽENÍ – většinou silikátové minerály.
- SILIKÁTY = sloučeniny Si a O s kovovými prvky (Al, Fe, Ca, Na, K, Mg).

Hlavní zástupci silikátů

- FELSICKÉ MINERÁLY – světlá barva, malá hustota.
- MAFICKÉ MINERÁLY – tmavá barva, velká hustota.

	Minerals [drawings show mineral grains seen under microscope]	Intrusive rocks (batholiths, sills)	Extrusive rocks (lava flows, volcanoes)	
Felsic minerals	Quartz (Silicon dioxide)	Coarse grained, plutonic Granite Diorite	Fine grained or glassy Rhyolite Andesite	Felsic rocks
	Potash feldspar (Silicate of aluminum and potassium)			
	Plagioclase feldspar (Silicate of aluminum, sodium and calcium)			
Mafic minerals	Biotite mica (Silicate of aluminum with magnesium and iron)	Gabbro	Basalt	Mafic rocks
	Amphibole group			
	Pyroxene group	Ultramafic rocks		
	Olivine (Silicate of magnesium and iron)			
	Periodite			

Hlubinné, žilné a výlevné horniny

magmatity

HLUBINNÉ VYVŘELINY (plutonity)

- ❑ magma
- ❑ pomalé tuhnutí → velké krystaly

ŽILNÉ VYVŘELINY

VÝLEVNÉ VYVŘELINY (vulkanity)

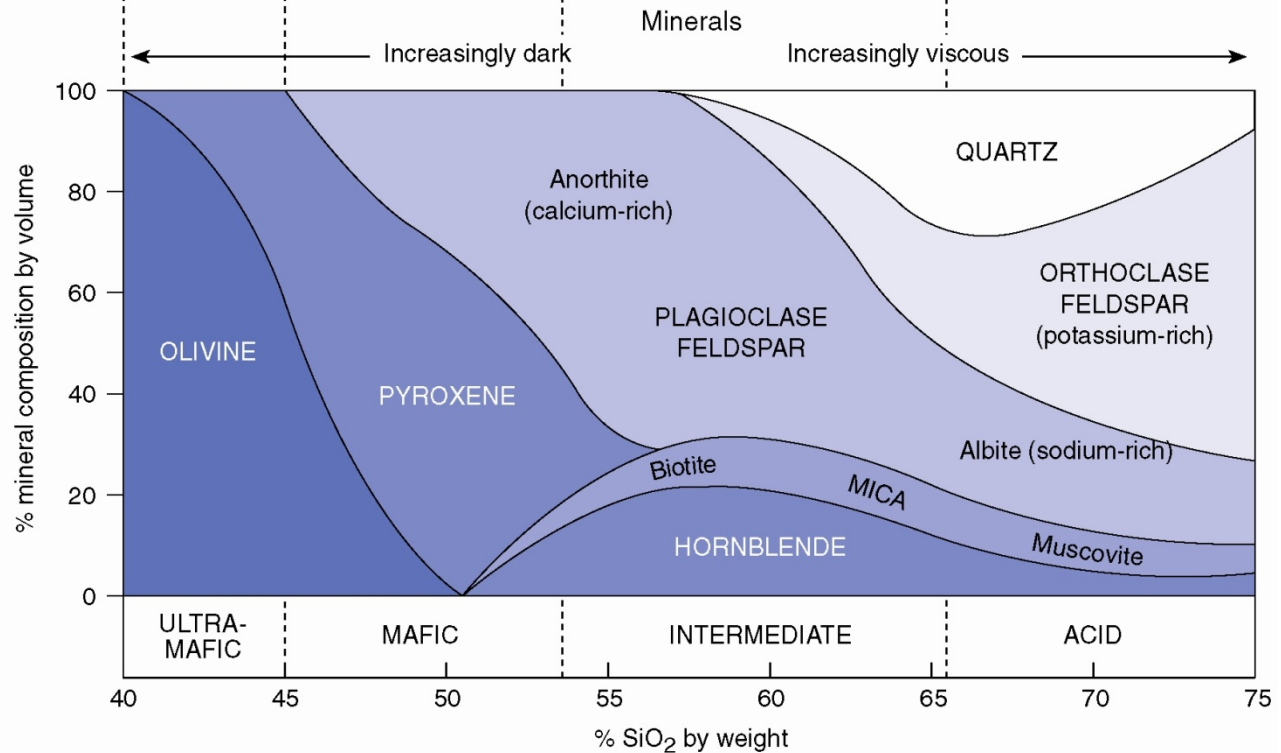
- ❑ láva
 - ❑ rychlé tuhnutí → malé krystaly
 - ❑ vulkanická skla (např. pemza, obsidián, smolek)
-



Běžné druhy vyvřelých hornin

VOLCANIC (fine-grained or porphyritic)		BASALT	ANDESITE	DACITE	RHYOLITE
HYPABYSSAL (medium-grained)		DOLERITE			GRANOPHYRE MICROGRANITE
PLUTONIC (coarse-grained)	PERIDOTITE	GABBRO	DIORITE	GRANODIORITE	GRANITE

OBSAH SiO_2
 > 65% kyselé
 65-52% neutrální
 52-44% bazické
 < 44% ultrabazické



Hlubinné vyvřeliny (plutonity)

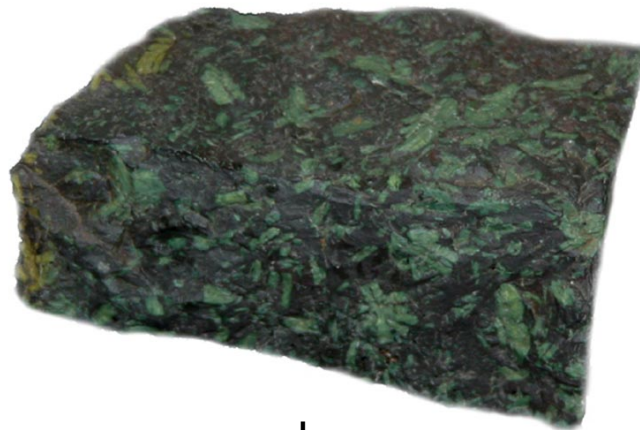
granit



granodiorit



diorit

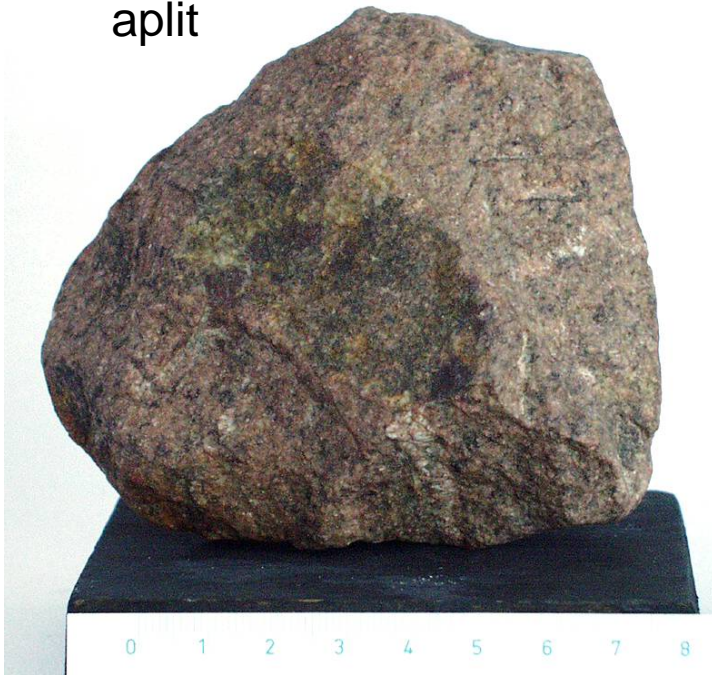


gabro



peridotit

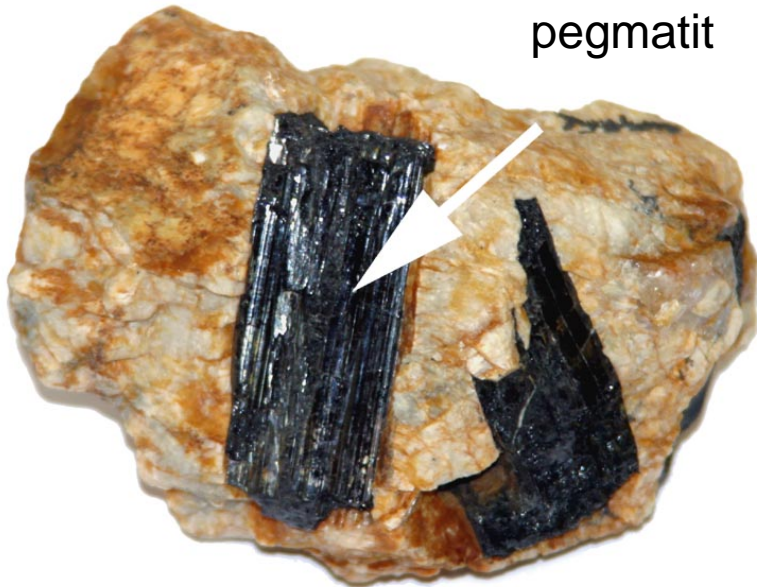
aplit



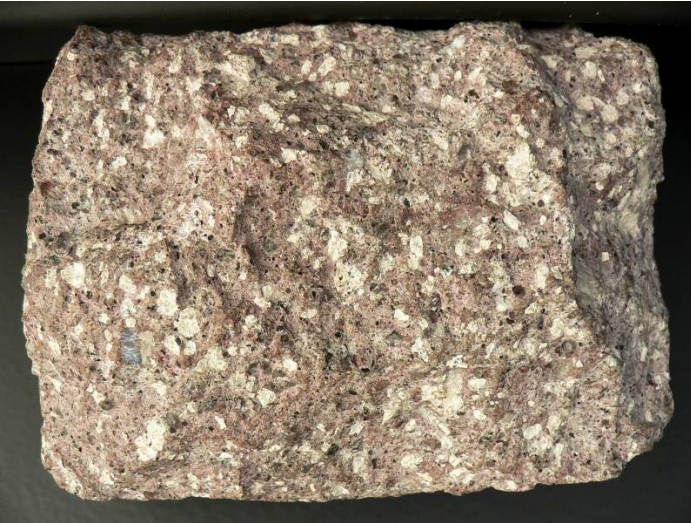
Žilné vyvřeliny



pegmatit



Výlevné vyvřeliny



ryolit

andezit

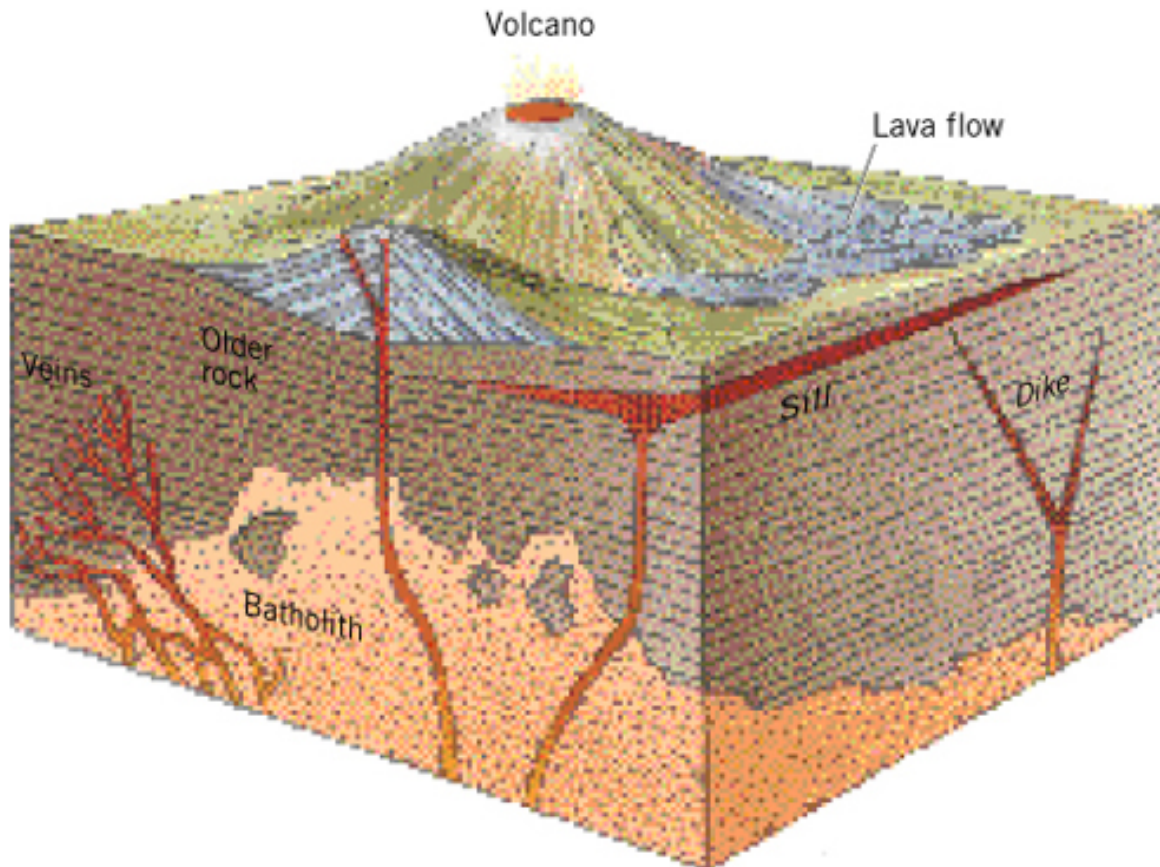


trachyt



bazalt

Typy plutonů tvořených hlubinnými vyvřelinami



Copyright © John Wiley & Sons, Inc.



Copyright A.N. Strahler

Chemické proměny vyvřelých hornin

- Vybrané typy minerálních proměn (chemické zvětrávání):
 - oxidace → stabilní oxidy
 - hydrolýza
 - působení kyselin (např. H_2CO_3 , organické kyseliny)
- Třídění horninotvorných minerálů podle geneze:
 - primární
 - sekundární (např. jílové minerály, živec → kaolinit)

3. Sedimentární horniny

Způsoby vzniku sedimentárních hornin:

- destrukce jiných hornin (úlomkovité [klastické] sedimenty)
 - zvětrávání → eroze → transport → depozice
 - zdroje minerálního materiálu: vyvřelé, metamorfované, sedimentární horniny, organická hmota
- chemické n. biogenní vysrážení z roztoků (chemické sedimenty)
- činnost organismů (organogenní sedimenty)

Stavební znaky sedimentárních hornin

- Litostratigrafické jednotky ve zvrstvených horninových sledech:
 - souvrství (např. Macošské souvrství)
 - člen (vrstvy) (např. josefovské vápence)
 - vrstva = nejnižší jednotka sedimentárních hornin deskovitého tvaru vymezená vrstevními plochami.



Klastické sedimenty

- Třídění klastických hornin podle zrnitosti

Kategorie	Velikost zrna (mm)
PSEFITY štěrkovité	> 2
PSAMITY písčité	$0,063 - 2$ ($0,1 - 2$)
ALEURITY prachovité	$0,004 - 0,063$ ($0,01 - 0,1$)
PELITY jílovité	$< 0,004$ ($< 0,01$)

- Některé procesy litogeneze klastických hornin:
 - vytrídění – důsledek transportu úlomků,
 - diagenese – přeměna nesoudržných hornin v pevné skalní horniny (kompakce, cementace).

Přehled klastických sedimentů

PSEFITY	PSAMITY	ALEURITY	PELITY
štěrky	písky	spraše	jíly
brekcie	pískovce	prachovce	jílovce
slepence	křemence		jílovité břidlice
	arkózy		
	droby		

Přehled chemických a organogenních sedimentů

SILICITY	ALLITY	KARBONÁTY	EVAPORITY	KAUSTOBIOLITY
gejzirit	laterit	travertin	kamenná sůl	rašelina
limnokvarcit	bauxit	sintr	sádrovec	hnědé, černé uhlí
diatomit		vápenec	anhydrit	antracit
spongolit		křída		zemní plyn
radiolarit		dolomit		ropa
bulžník		slín, slínovec		zemní vosk
rohovec		opuka		asfalt

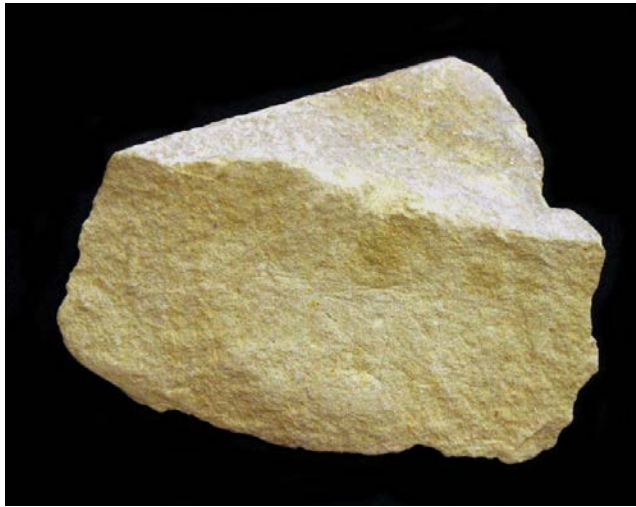
Úlomkovité sedimenty - nezpevněné



Úlomkovité sedimenty - zpevněné



Chemické a organogenní sedimenty



4. Metamorfované horniny

- METAMORFÓZA = přizpůsobení stavby a minerálního složení hornin zemské kůry odlišným chemicko-fyzikálním podmínkám na daném místě pod úrovní zóny zvětrávání.
- Typy metamorfních procesů:
 - izofázová/alofázová metamorfóza
 - kontaktní metamorfóza
 - regionální metamorfóza

Přehled hlavních metamorfitů

Druh metamorfózy	Původní horniny	Příslušné metamorfity
kontaktní	pelity	kontaktní břidlice a rohovce
	slínité horniny	erlány, porcelanity
regionální	pelity	fylity, svory, pararuly
	pískovce, křemence	kvarcity
	vápence, dolomity	mramory
	bazické vyvřeliny	amfibolity, eklogity
	peridotity	hadce
	kyselé až neutrální vyvřeliny	ortoruly, granulity

Kyselé až neutrální metamorfity



Bazické až ultrabazické metamorfity



Geologická časová škála

Chronostratigrafické jednotky – horninové vrstvy ve stratigrafickém profilu

- **stupeň** (regionální platnost, např. givet, baden)
- **oddělení** (interregionální ráz, např. spodní, střední, svrchní devon)
- **útvár** (celosvětová platnost, značný časový rozsah, např. silur, perm, křída, kvartér)
- **eratem** (významné etapy života planety, např. paleozoikum)
- **eonotem** (nejvýznamnější kroky historie Země, např. fanerozoikum)

časové úseky v geologické minulosti – geochronologické jednotky

Mezinárodní stratigrafická tabulka

<http://www.stratigraphy.org/>



INTERNATIONAL STRATIGRAPHIC CHART

International Commission on Stratigraphy



Eonothem Era	Eonothem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Cenozoic	Quaternary	Holocene	Upper	0.0117	👉
				"Ionian"	0.128	
			Pleistocene	Calabrian	0.781	
				Gelasian	1.808	👉
				Pliocene	2.588	👉
		Neogene	Miocene	Placerian	3.600	👉
				Zanclean	5.332	👉
				Messinian	7.248	👉
				Tortonian	11.806	👉
				Serravalian	13.82	👉
	Langhian			15.97	👉	
	Oligocene		Burdigalian	20.43	👉	
			Aquitanian	23.03	👉	
			Chatian	28.4 ± 0.1	👉	
			Rupelian	33.9 ± 0.1	👉	
			Eocene	Prismonian	37.2 ± 0.1	👉
				Baronian	40.4 ± 0.2	👉
	Lutetian	48.6 ± 0.2		👉		
	Paleocene	Ypresian	Thonetian	56.6 ± 0.2	👉	
			Thonelian	58.7 ± 0.2	👉	
			Scudanian	~ 61.1	👉	
			Danian	65.5 ± 0.3	👉	
			Maastrichtian	70.6 ± 0.6	👉	
		Upper	Campanian	83.5 ± 0.7	👉	
			Santonian	85.8 ± 0.7	👉	
			Coniacian	~ 88.6	👉	
			Turonian	93.8 ± 0.8	👉	
			Cenomanian	99.6 ± 0.9	👉	
	Lower	Albian	Aptian	112.0 ± 1.0	👉	
			Barremian	125.0 ± 1.0	👉	
			Hauterivian	130.0 ± 1.5	👉	
			Valanginian	~ 133.9	👉	
Cretaceous		Volgian	140.2 ± 3.0	👉		
		Berriasian	145.5 ± 4.0	👉		

Eonothem Era	Eonothem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Mesozoic	Jurassic	Upper	Tithonian	145.5 ± 4.0	👉
				Kimmeridgian	150.6 ± 4.0	👉
				~ 155.6		
			Middle	Oxfordian	161.2 ± 4.0	👉
				Callovian	164.7 ± 4.0	👉
				Bathonian	167.7 ± 3.5	👉
				Bajocian	171.6 ± 3.0	👉
				Asienian	175.6 ± 2.0	👉
				Toarcian	183.0 ± 1.5	👉
		Lower	Pienobachian	189.6 ± 1.5	👉	
			Sinemurian	196.5 ± 1.0	👉	
			Hettangian	199.6 ± 0.6	👉	
		Triassic	Upper	Rhaetian	203.6 ± 1.5	👉
				Norian	218.5 ± 2.0	👉
				Carinian	~ 228.7	👉
			Middle	Ladinian	237.0 ± 2.0	👉
				Anisian	~ 245.9	👉
				Gieselerian	~ 249.5	👉
	Lower		Induan	251.0 ± 0.4	👉	
			Changhsingian	253.8 ± 0.7	👉	
			Wuchiapingian	260.4 ± 0.7	👉	
	Permian	Guadalupian	Capitanian	265.8 ± 0.7	👉	
			Wordian	268.0 ± 0.7	👉	
			Roadian	270.6 ± 0.7	👉	
			Kungurian	275.6 ± 0.7	👉	
			Artinskian	284.4 ± 0.7	👉	
		Churellian	Sakmarian	294.6 ± 0.8	👉	
			Asselian	299.0 ± 0.8	👉	
			Gzhelian	303.4 ± 0.9	👉	
			Kasimovian	307.2 ± 1.0	👉	
			Moscovian	311.7 ± 1.1	👉	
	Carboniferous	Upper	Bashkirian	316.1 ± 1.3	👉	
Serpukhovian			328.3 ± 1.6	👉		
Visean			345.3 ± 2.1	👉		
Lower		Tournaisian	359.2 ± 2.5	👉		

Eonothem Era	Eonothem Era	System Period	Series Epoch	Stage Age	Age Ma	GSSP
Phanerozoic	Paleozoic	Devonian	Upper	Famennian	369.2 ± 2.5	👉
				Frasnian	374.5 ± 2.6	👉
				~ 385.3 ± 2.6		
			Middle	Givetian	391.8 ± 2.7	👉
				Eifelian	397.5 ± 2.7	👉
				Emasian	407.0 ± 2.8	👉
		Lower	Pragian	411.2 ± 2.8	👉	
			Lochkovian	416.0 ± 2.8	👉	
			Fridoll	418.7 ± 2.7	👉	
		Silurian	Ludlow	Ludfordian	421.3 ± 2.6	👉
				Gorstian	422.9 ± 2.5	👉
				Homertian	428.2 ± 2.4	👉
			Wenlock	Sheinwoodian	428.2 ± 2.3	👉
				Telychian	436.0 ± 1.9	👉
				Aeronian	439.0 ± 1.8	👉
		Llandovery	Rhuddanian	443.7 ± 1.5	👉	
			Himerian	445.6 ± 1.5	👉	
			Katian	455.8 ± 1.6	👉	
	Ordovician	Upper	Sandbian	460.9 ± 1.6	👉	
			Damianian	468.1 ± 1.6	👉	
			Dapingian	471.8 ± 1.6	👉	
		Middle	Floian	478.6 ± 1.7	👉	
			Themacocan	483.3 ± 1.7	👉	
			Stage 10	~ 492*	👉	
	Furongian	Stage 9	~ 496*	👉		
		Palbian	~ 499	👉		
		Guizhangian	~ 503	👉		
		Series 3	Dumalian	~ 508.5	👉	
			Stage 6	~ 510*	👉	
	Stage 4		~ 515*	👉		
	Series 2	Stage 3	~ 521*	👉		
		Stage 2	~ 528*	👉		
Terreneuvian		542.0 ± 1.0	👉			
Cambrian	Fortunian	Fortunian	542.0 ± 1.0	👉		

This chart was drafted by Gabi Ogg. Intra Cambrian unit ages with * are Informal, and awaiting ratified definitions.

Copyright © 2009 International Commission on Stratigraphy

Eonothem Era	Eonothem Era	System Period	Age Ma	GSSP
Proterozoic	Neo-proterozoic	Ediacaran	542	👉
		Cryogenian	~ 635	👉
		Tonian	850	👉
		Stenian	1000	👉
		Ectasian	1200	👉
		Calymnian	1400	👉
	Meso-proterozoic	Stathian	1600	👉
		Crosian	1800	👉
		Rhyacian	2050	👉
		Siderian	2300	👉
		2500	👉	
		2500	👉	
	Paleo-proterozoic	Neoproterozoic	2800	👉
		Mesoarchean	3200	👉
		Paleoarchean	3600	👉
		Eoarchean	4000	👉
		4000	👉	
		~ 4600	👉	
Archean	Archean	~ 4600	👉	
	Hadean (informal)	~ 4600	👉	

Subdivisions of the global geologic record are formally defined by their lower boundary. Each unit of the Phanerozoic (~542 Ma to Present) and the base of Ediacaran are defined by a basal Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP), whereas Precambrian units are formally subdivided by absolute age (Global Standard Stratigraphic Age, GSSA). Details of each GSSP are posted on the ICS website (www.stratigraphy.org).

Numerical ages of the unit boundaries in the Phanerozoic are subject to revision. Some stages within the Cambrian will be formally named upon International agreement on their GSSP limits. Most sub-Series boundaries (e.g., Middle and Upper Aptian) are not formally defined.

Colors are according to the Commission for the Geological Map of the World (www.cgmw.org). The listed numerical ages are from "A Geologic Time Scale 2004", by F.M. Gradstein, J.G. Ogg, A.G. Smith, et al. (2004; Cambridge University Press) and "The Concise Geologic Time Scale" by J.G. Ogg, G. Ogg and F.M. Gradstein (2008).