
Fyzická geografie

Daniel Nývlt

Lekce 2

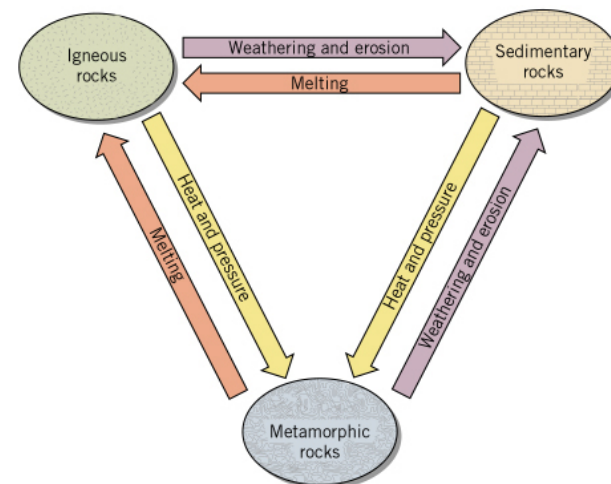
Minerály a horniny

Osnova lekce 2: MINERÁLY A HORNINY

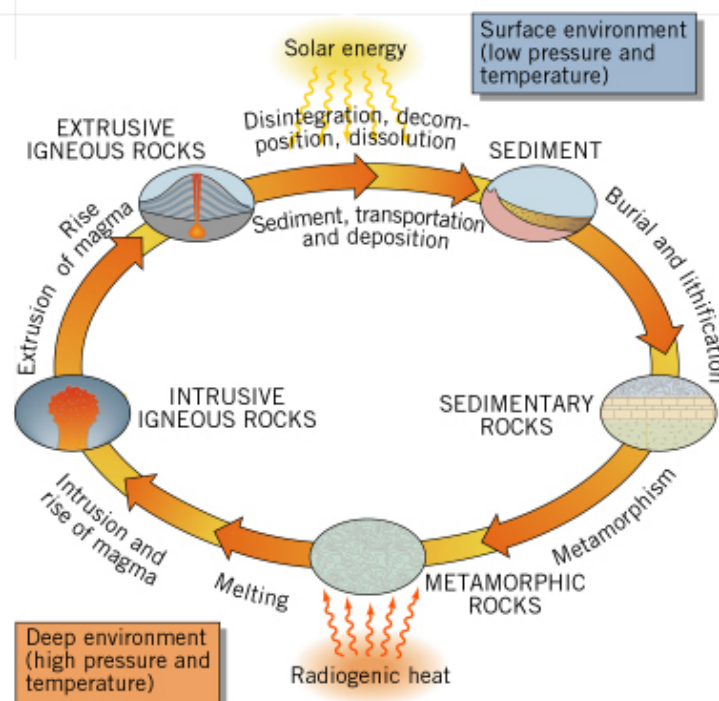
1. Geologický cyklus
 2. Složení zemské kůry
 3. Minerál a hornina – definice a vlastnosti
 4. Vyvřelé horniny (magmatity)
 5. Sedimentární horniny
 6. Metamorfované horniny
 7. Mezinárodní geochronologická škála
-

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



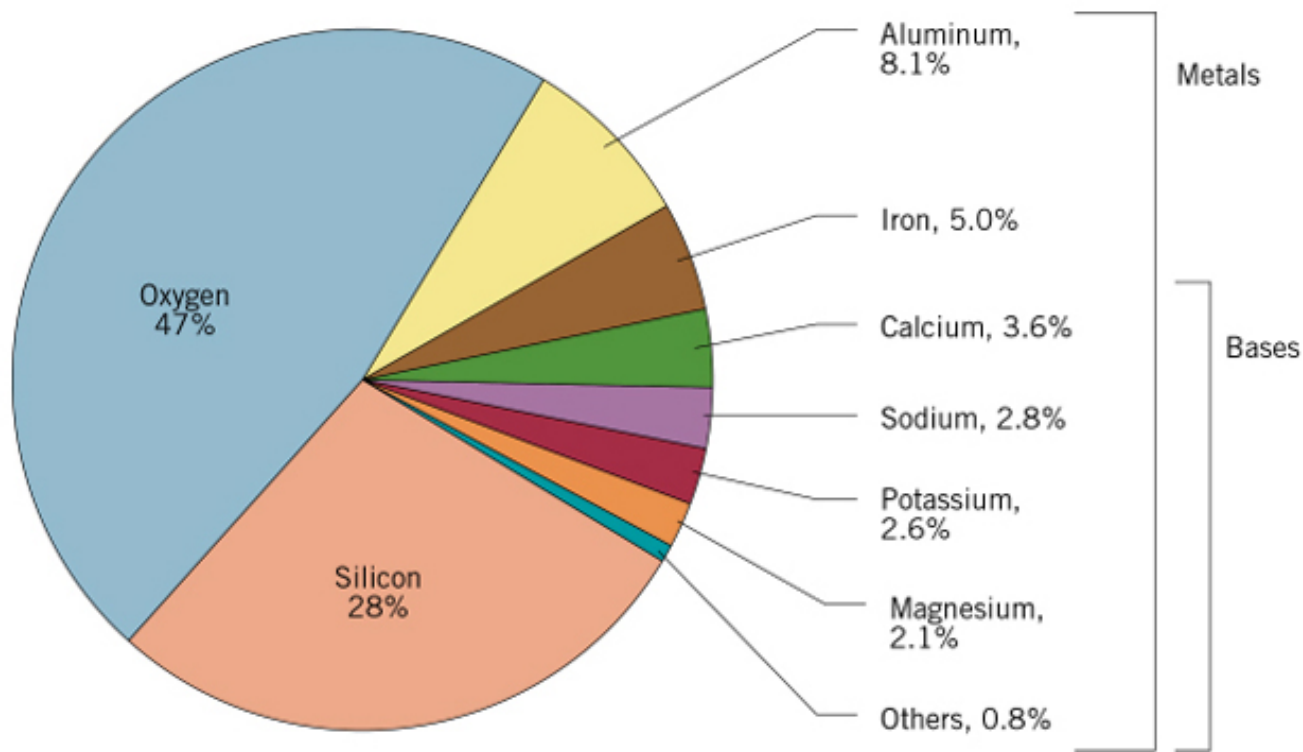
Copyright © John Wiley & Sons, Inc.



Copyright © John Wiley & Sons, Inc.

2. Složení zemské kůry

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



Chemické složení oceánské kůry

- Průměrné podíly horninotvorných oxidů v oceánské kůře (hm%)

SiO_2	Al_2O_3	$\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{FeO}$	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2
50,5 %	15,3 %	10,4 %	7,6 %	11,3 %	2,7 %	0,2 %	1,6 %

- Průměrné podíly horninotvorných oxidů v kontinentální kůře (hm%)

SiO_2	Al_2O_3	$\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{FeO}$	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2
59,1 %	15,8 %	6,6 %	4,4 %	6,4 %	3,2 %	1,9 %	0,7 %

3. 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

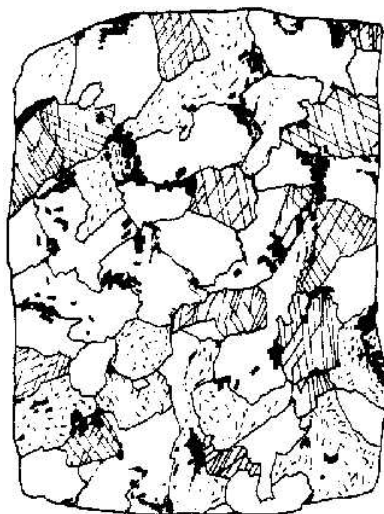
struktura = tvar, velikost a vývoj minerálů

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

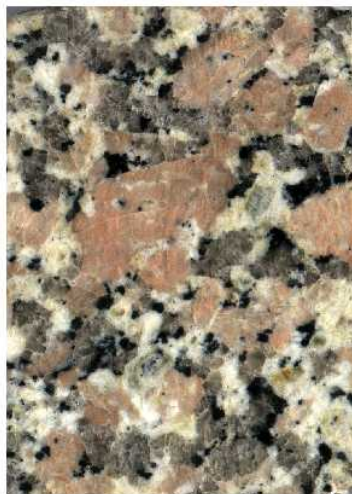
Minerální složení hornin

- Třídění minerálů podle jejich podílů:
 - Podstatné minerály, >10 %
 - Podružné, <10 %
 - Přídatné (akcesorické) minerály, max. 1–2 %, běžně 0,X %
 - Běžně se vyskytuje ~30 minerálů → silikáty, oxidy, uhličitany, fosforečnany
-

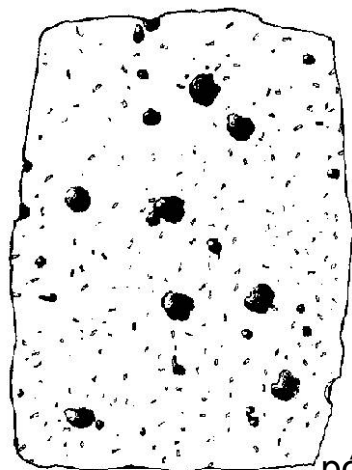
Stavba hornin - příklady textur



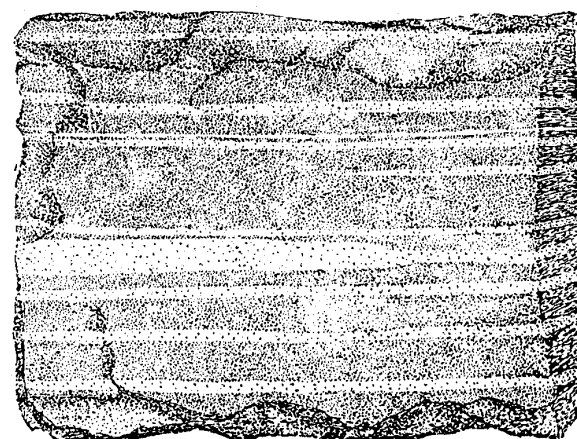
všesměrně nepravidelná



mandlovcovitá

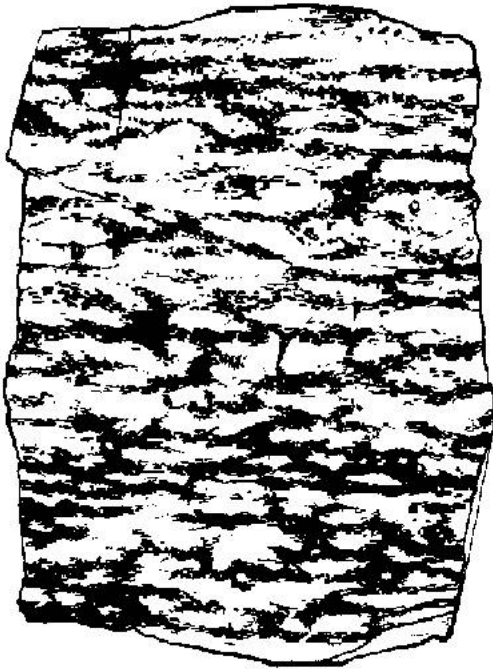


pórovitá



vrstevnatá

Stavba hornin - příklady textur



plošně paralelní

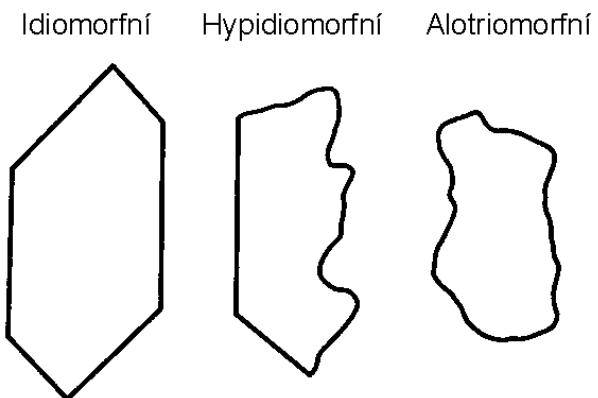
stébelnatá



Stavba hornin - příklady struktur



celokrystalická, polokrystalická
a sklovitá



porfyrovitá, porfyrická (žilná) a
porfyrická (výlevná)

Stavba hornin - příklady struktur



psefitická, psamitická a pelitická

okatá



4. Vyvřelé horniny (magmatity)

- 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)			

Hlubinné, žilné a výlevné vyvřeliny

HLUBINNÉ VYVŘELINY (plutonity)

- magma
- pomalé tuhnutí → velké krystaly

ŽILNÉ VYVŘELINY

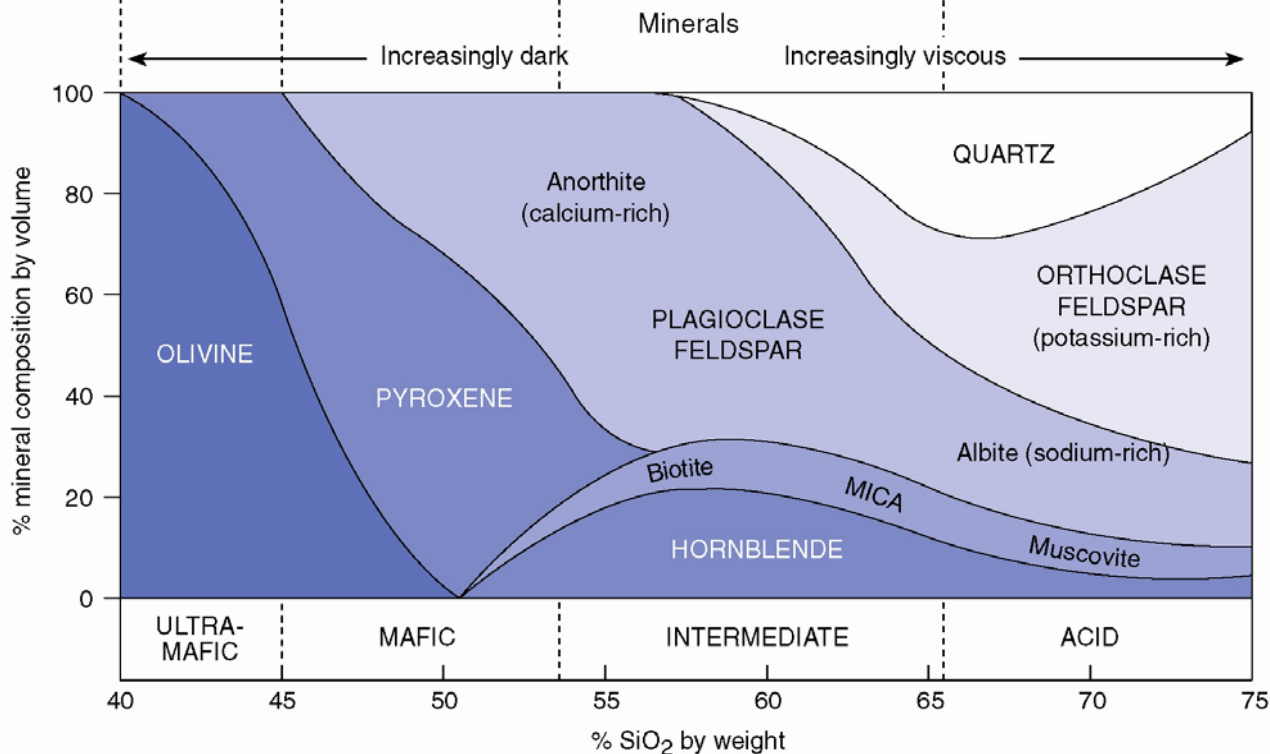
VÝLEVNÉ VYVŘELINY (vulkanity)

- 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

podíl SiO_2
 >65 % kyselé
 65–52 % neutrální
 52–44 % bazické
 <44 % ultrabazické



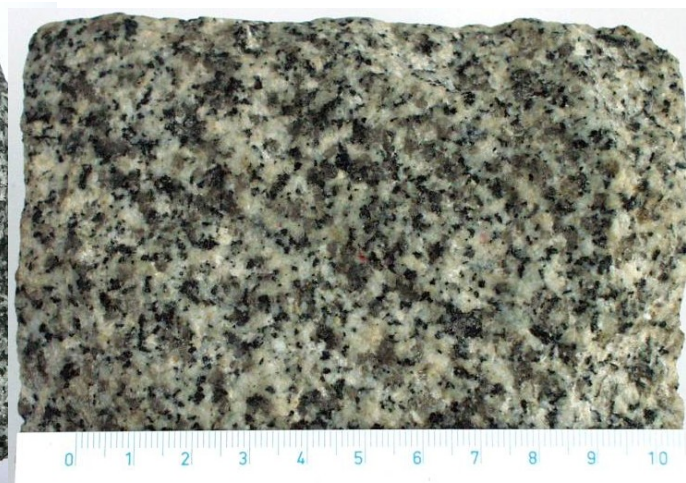
Hlubinné vyvřeliny



granit



granodiorit



diorit



gabro



peridotit

Žilné vyvřeliny



pegmatit



žilný křemen

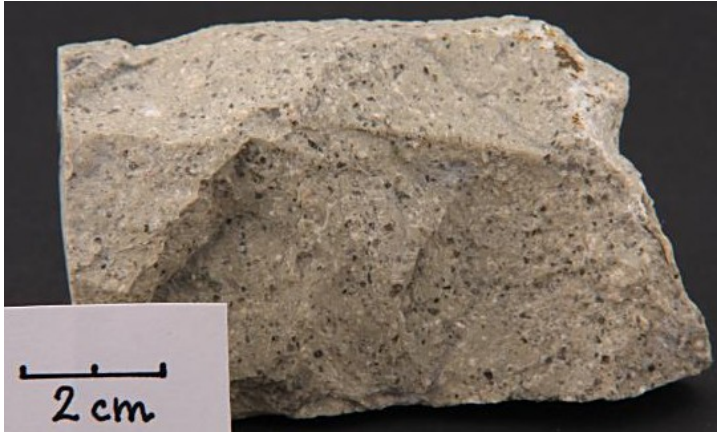


aplit (mikrogranit)



žulový porfyr

Výlevné vyvřeliny



ryolit (křemenný porfyr)



dacit

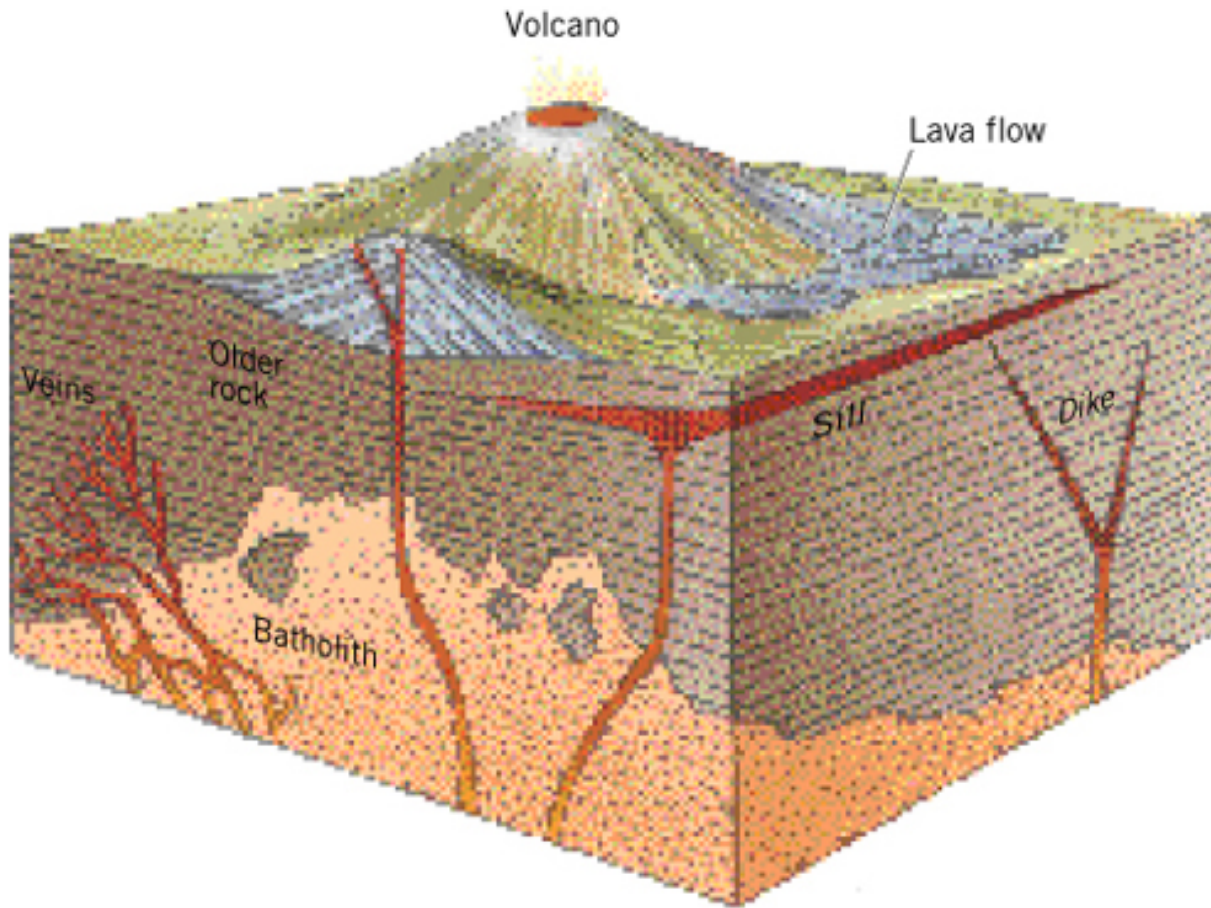


andezit



bazalt

Typy plutonů tvořených hlubinnými vyvřelinami



Copyright © John Wiley & Sons, Inc.



Chemické proměny vyvřelých hornin

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

5. Sedimentární horniny

Způsoby vzniku sedimentárních hornin:

- destrukce jiných hornin (úlomkovité [klastické] sedimenty)
 - zvětrávání → eroze → transport → uložení (sedimentace)
 - 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	>2
PSAMITY	0,063–2
ALEURITY	0,004–0,063
PELITY	<0,004

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

Přehled klastických sedimentů

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

Přehled chemických a organogenních sedimentů

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

Klastické sedimenty - nezpevněné



písky



spraš



šterky

Klastické sedimenty - zpevněné



pískovec



droba



břidlice



slepenec

Chemické a organogenní sedimenty



rohovec



radiolarit (lydit)



diatomit



laterit



vápenec



travertin



sádrovec



rašelina

6. 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:
 - tlaková metamorfóza
 - kontaktní metamorfóza
 - regionální metamorfóza
-

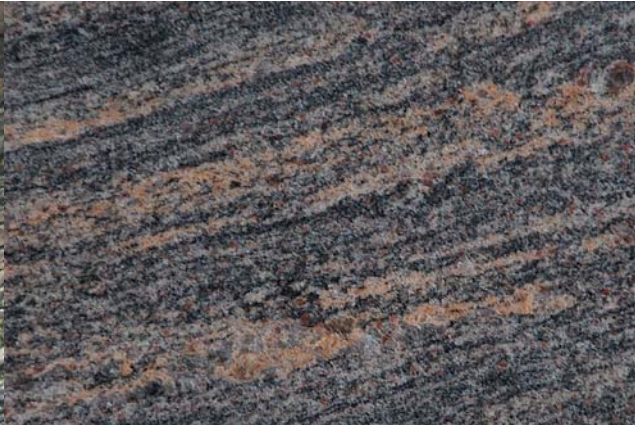
Přehled hlavních metamorfitů

Druh metamorfózy	Původní horniny	Příslušné metamorfity
kontaktní	pelity	kontaktní břidlice a rohovce
	slítnité 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 metamorphy



ortorula



migmatit



kvarcit



fylit



svor

1cm



pararula

intenzita regionální metamorfózy

Bazické až ultrabazické metamorfity



eklogit



amfibolit



hadeč

7. Mezinárodní geochronologická škála

- **stupeň** (nejnižší jednotka, např. *givet*, *baden*, *holocén*)
 - **oddělení** (interregionální ráz, např. *spodní*, *střední*, *svrchní devon*)
 - **útvár** (celosvětová platnost, značný časový rozsah, např. *silur*, *perm*, *křída*, *kvartér*)
 - **éra** (významné etapy života planety, např. *paleozoikum*, *mezozoikum*, *kenozoikum*)
 - **eon** (nejvýznamnější kroky historie Země – *fanerozoikum*, *proterozoikum*, *archaikum*, *hadaikum*)
-

Mezinárodní stratigrafická tabulka

MEZINÁRODNÍ STRATIGRAFICKÁ TABULKA

eon	éra	úvar	oddělení	stupeň	stáří [milióny let]	bod GSSP
fanerozoikum	kenozoikum	kvartér	holocén		0,0117	➔
			svrchní		0,126	
			pleistocén	"ion"	0,781	
				calabr	1,806	➔
				gelas	2,588	➔
		neogén	pliocén	piacenz	3,600	➔
				zancí	5,332	➔
			miocén	messin	7,246	➔
				torton	11,608	➔
				serraval	13,82	➔
	paleogén	oligocén	langh	15,97	➔	
			burdigal	20,43	➔	
			aquitán	23,03	➔	
		eocén	chat	28,4 ± 0,1	➔	
			rupel	33,9 ± 0,1	➔	
			priabon	37,2 ± 0,1	➔	
		paleocén	barton	40,4 ± 0,2	➔	
			lutet	48,6 ± 0,2	➔	
			ypres	55,8 ± 0,2	➔	
	mezozoikum	křída	thanet	58,7 ± 0,2	➔	
			seland	~ 61,1	➔	
			dan	65,5 ± 0,3	➔	
			maastricht	70,6 ± 0,6	➔	
			campan	83,5 ± 0,7	➔	
svrchní		santon	85,8 ± 0,7	➔		
		coniak	~ 88,6	➔		
		turon	93,6 ± 0,8	➔		
		cenoman	99,6 ± 0,9	➔		
		apt	112,0 ± 1,0	➔		
spodní	barrem	125,0 ± 1,0	➔			
	hauteriv	130,0 ± 1,5	➔			
	valangin	~ 133,9	➔			
		140,2 ± 3,0	➔			
	berrias	145,5 ± 4,0	➔			

eon	éra	úvar	oddělení	stupeň	stáří [milióny let]	bod GSSP
fanerozoikum	mezozoikum	jura	tithon		145,5 ± 4,0	➔
			svrchní	kimmeridž	150,8 ± 4,0	➔
				oxford	~ 155,6	➔
				callov	161,2 ± 4,0	➔
				bathon	164,7 ± 4,0	➔
		střední	bajok	167,7 ± 3,5	➔	
			aalen	171,6 ± 3,0	➔	
			toark	175,6 ± 2,0	➔	
			piensbach	183,0 ± 1,5	➔	
			spodní	plienbur	189,6 ± 1,5	➔
	trias	sinemur	196,5 ± 1,0	➔		
		hettang	199,6 ± 0,6	➔		
		svrchní	rhaet	203,6 ± 1,5	➔	
			nor	216,5 ± 2,0	➔	
			cam	~ 228,7	➔	
		střední	ladin	237,0 ± 2,0	➔	
			anis	~ 245,9	➔	
			spodní	olenek	~ 249,5	➔
		paleozoikum	perm	indur	251,0 ± 0,4	➔
				loping	253,8 ± 0,7	➔
	wuchiaping			260,4 ± 0,7	➔	
	capitan			265,8 ± 0,7	➔	
	guadalupe			268,0 ± 0,7	➔	
	cisural		word	270,6 ± 0,7	➔	
road			275,6 ± 0,7	➔		
kungur			284,4 ± 0,7	➔		
artinsk			294,6 ± 0,8	➔		
sakmar			299,0 ± 0,8	➔		
karbon	pennsylván	assel	303,4 ± 0,9	➔		
		gzhel	307,2 ± 1,0	➔		
		kasimov	311,7 ± 1,1	➔		
	střední	moscov	318,1 ± 1,3	➔		
		bashkir	328,3 ± 1,6	➔		
		serpukhov	345,3 ± 2,1	➔		
	missisip	visé	352,0 ± 2,5	➔		
		tournai	359,2 ± 2,5	➔		

eon	éra	úvar	oddělení	stupeň	stáří [milióny let]	bod GSSP
fanerozoikum	paleozoikum	devon	svrchní	famen	359,2 ± 2,5	➔
				frasn	374,5 ± 2,6	➔
				givet	385,3 ± 2,6	➔
			střední	eifel	391,8 ± 2,7	➔
				ems	397,5 ± 2,7	➔
		spodní	prag	407,0 ± 2,8	➔	
			lochkov	411,2 ± 2,8	➔	
			přidol	416,0 ± 2,8	➔	
			ludlow	418,7 ± 2,7	➔	
			ludford	421,3 ± 2,6	➔	
	silur	gorst	422,9 ± 2,5	➔		
		homer	426,2 ± 2,4	➔		
		wenlock	428,2 ± 2,3	➔		
		sheinwood	436,0 ± 1,9	➔		
		telych	439,0 ± 1,8	➔		
		llandovery	443,7 ± 1,5	➔		
		aeron	445,6 ± 1,5	➔		
		rhuddan	455,8 ± 1,6	➔		
		himant	460,9 ± 1,6	➔		
	ordovik	svrchní	kat	468,1 ± 1,6	➔	
			sandby	471,8 ± 1,6	➔	
		střední	darnvil	478,6 ± 1,7	➔	
			daping	488,3 ± 1,7	➔	
		spodní	flo	~ 492	➔	
kambrium	furong	stupeň 10	~ 496	➔		
		stupeň 9	~ 496	➔		
		paib	~ 499	➔		
	oddělení 3	drum	~ 503	➔		
		stupeň 5	~ 506,5	➔		
		stupeň 4	~ 510	➔		
	oddělení 2	stupeň 3	~ 515	➔		
		stupeň 2	~ 521	➔		
	terreneuv	stupeň 1	~ 528	➔		
	fortun	542,0 ± 1,0	➔			

eon	éra	úvar	stáří [milióny let]	bod GSSP a GSSA	
prekambrium	proterozoikum	ediacar	542	➔	
		neoproterozoikum	~ 635	➔	
			cryogen	850	+
			ton	1000	+
		mesoproterozoikum	sten	1200	+
			ectas	1400	+
			calymm	1600	+
			stather	1800	+
		paleoproterozoikum	orosir	2050	+
			rhyak	2300	+
	sider		2500	+	
	svrchní		2800	+	
	archaikum	střední	3200	+	
		spodní	3600	+	
eoarchaikum		4000	+		
hád (spodní hranice není definována)		~ 4600	+		

Jednotky globálního geologického záznamu jsou formálně definovány svou spodní hranicí. Každá jednotka fanerozoického období (<542 milióny let se počítá zpět) a léze ediacaru je definována v globálním opeřeném pořadí a v bodu na své bázi (GSSP) záznamu prekambriálního období se formálně člení na základě absolutního stáří, tj. globálního standardního stratigrafického stáří (GSSA).

Tabulka podává a přehled mezinárodních stratigrafických jednotek, jejich potek, názvy i formální postavení. Přítušné jednotky jsou schváleny Mezinárodní stratigrafickou komisí (ICS) a potvrzeny Mezinárodní uníí geologických věd (IUGS).

Sírnice ICS (Remane et al., Episodes 19, 77–81, 1996) upravují výběr a definici mezinárodních geochronologických jednotek. Mnohé body (GSSP) jsou již označeny zlatým hrotem a deskou s pojmenováním stupně nebo úvaru, zatímco v úrovní hranice na profilu hranic stratigrafických jednotek GSSA je abstraktní časový údaj, který se neztahuje k žádné specifické úrovní horninového záznamu. Provéřené body každého GSSP a GSSA se nacházejí na webových stránkách ICS (www.stratigraphy.org).

Některé stupně ordoviku a kambria budou formálně pojmenovány ve smyslu mezinárodní dohody na základě svých vymezených hranic GSSP. Většina hranic uvnitř jednotlivých stupňů (například střední a svrchní apt) není formálně definována. Číslové vyjádření velik fanerozoických jednotek může být neobdobí. Diskuze se konala o vymezení kvartéru a neogénu pleistocénu. Dřívejší termín terciér dnes zastupují dvě období – paleogén a neogén.

Barvy odpovídají požadavkům Komise pro Geologickou mapu světa (www.cgmw.org) a používají se dle jednotné vlně geologických mapách. Uvedení čísel úrovní podléhá ICS. A Geologic Time Scale 2004. F. M. Gradstein, J. G. Ogg, A. G. Smith et al., Cambridge University Press 2004.

Originální verze tabulky (GIS Project 2004, © ICS), kterou vytvořili Sibi Ogg, semilka ze inženýrské společnosti Exxon Mobil, Stuart Howey, Chevron Texaco a EP, ve své verzi <http://stratigraphy.science.purdue.edu>.

S laskavým svolením International Commission on Stratigraphy a jejich subkomisí do češtiny přeložil Vojtěch Lózek a Pavla Loucká, odborná revize Jindřich Hladil a Petr Storch, dvoustrana © Vesmír.