

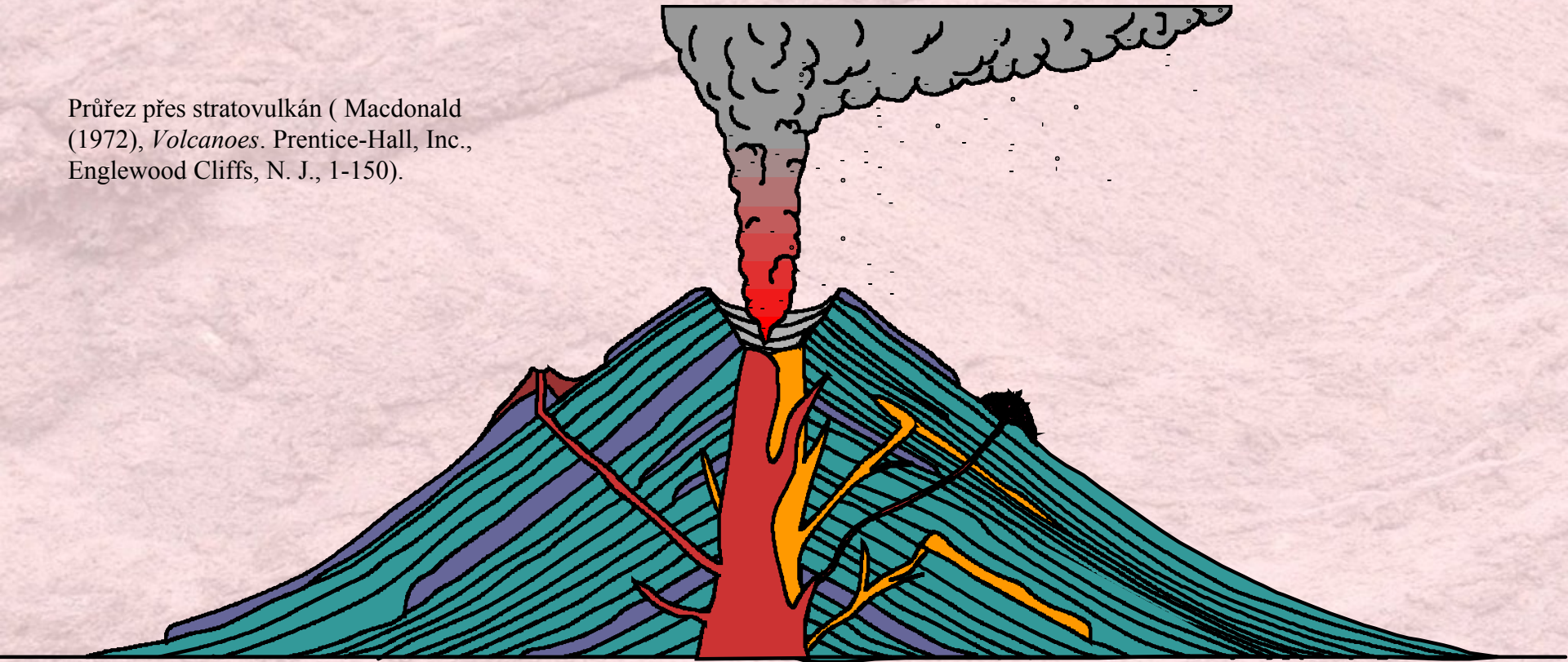
Vulkanizmus a jeho následky

II

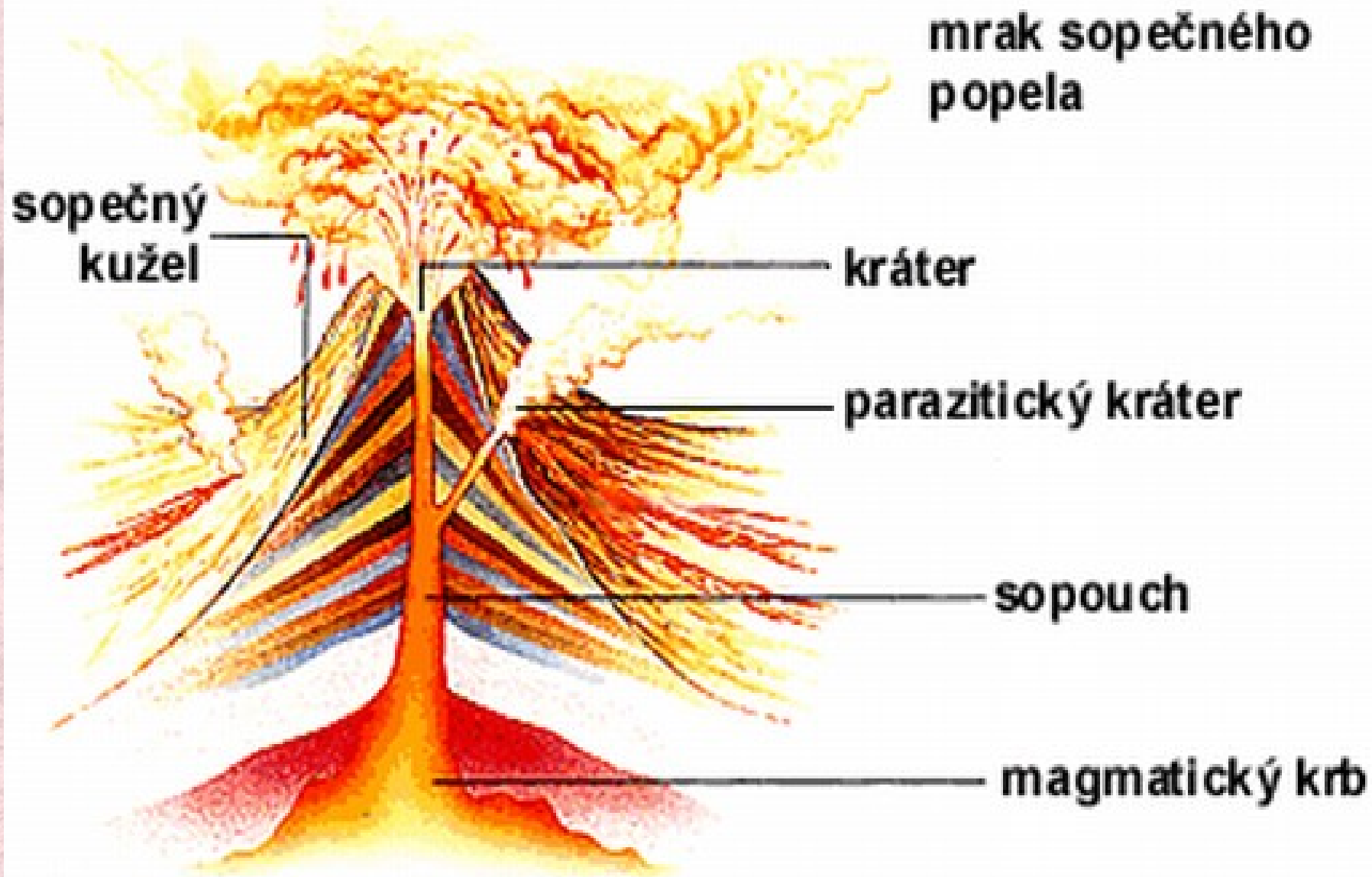
Typy erupcí
David Buriánek

A. Erupce a sopečné tvary

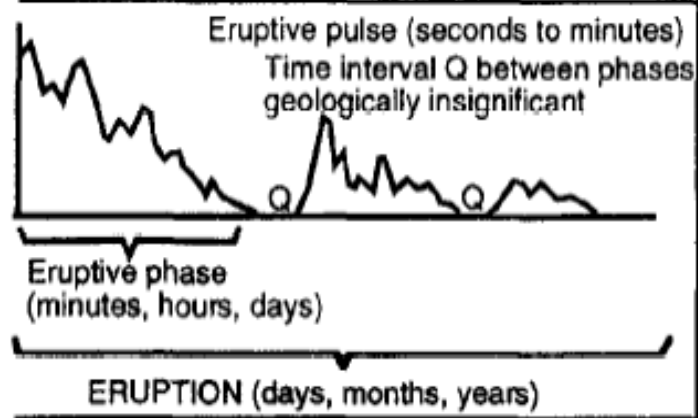
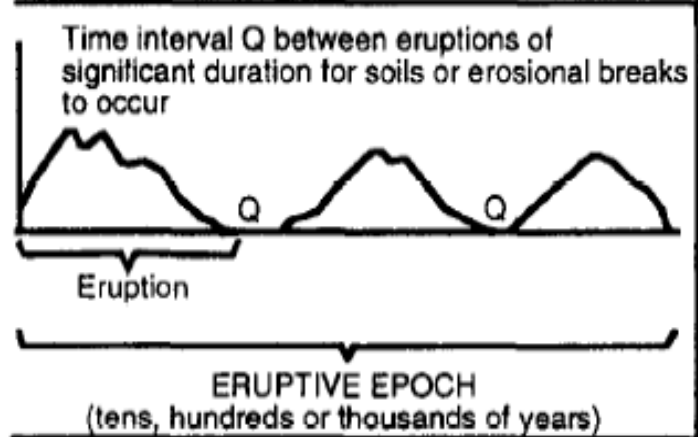
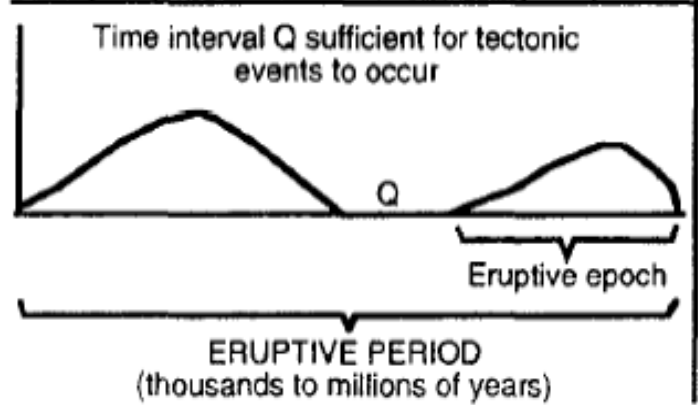
Průřez přes stratovulkán (Macdonald (1972), *Volcanoes*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N. J., 1-150).



- sopka (vulkán) = místo, kde láva a sopečné (vulkanické) plyny vystoupí na zemský povrch (na souši nebo pod vodou).
- elevace kuželového nebo klenbovitého tvaru vytvořená extruzí magmatu z přírodního kanálu (sopouchu)
- vulkanický materiál je ze sopky vyvrhován buď v tekuté podobě (láva) nebo v pevné podobě (pyroklastika)



Převzato z www.rocks-and-minerals.com, upraveno.

Volcanic activity Units	Products and Landforms	Unconformity boundaries	Rock-stratigraphic Units
 <p>Eruptive pulse (seconds to minutes) Time interval Q between phases geologically insignificant</p> <p>Eruptive phase (minutes, hours, days)</p> <p>ERUPTION (days, months, years)</p>	<p>Airfall Pyroclastic flows Lahars Lava flows</p> <p>Association of products</p>	<p>unconformity surfaces, amalgamation surfaces, by-pass or non depositional surfaces</p> <p>soils erosional surfaces corresponding laterally to deposits</p>	<p>SUBSYNTHEMS</p> <p>SYNTHEMS</p>
 <p>Time interval Q between eruptions of significant duration for soils or erosional breaks to occur</p> <p>Eruption</p> <p>ERUPTIVE EPOCH (tens, hundreds or thousands of years)</p>	<p>Volcanoes or parts of a volcano</p>	<p>base and top of a volcanic sequence, soils, caldera collapse, sector collapse or surfaces that can be traced laterally into significant unconformities of the surrounding sedimentary environment</p>	<p>SUPERSYNTHEMS</p>
 <p>Time interval Q sufficient for tectonic events to occur</p> <p>Eruptive epoch</p> <p>ERUPTIVE PERIOD (thousands to millions of years)</p>	<p>Volcanoes Volcanic fields and regions</p>		<p>Comparison between volcanic activity units as proposed by Fisher and Schmincke (1984) and rock-stratigraphic units as proposed by Salvador (1987)</p>

- **Kráter (Crater)** deprese vzniklá explozí nebo vyvržením plynů
- kráterem neboli sopečným jícnem rozumíme kotlovité nebo nálevkovité ústí sopouchu (sopečného komínu = přívodní cesta, kterou magma stoupá k povrchu)



Kráter Cerro Negro (Nikaragua)

- **Kaldera Masaya (Nikaragua)**





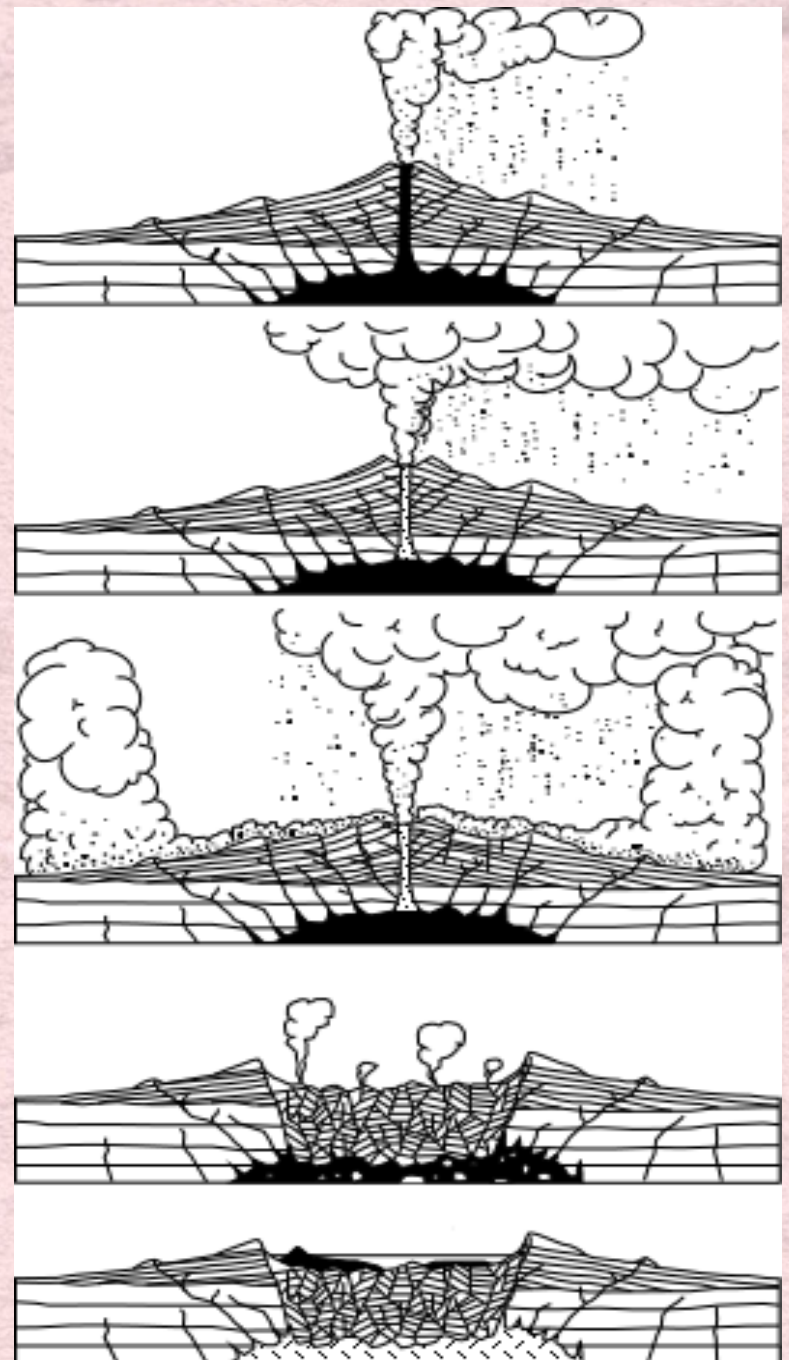
Boquerón (El Salvador)

Kaldera (Caldera)

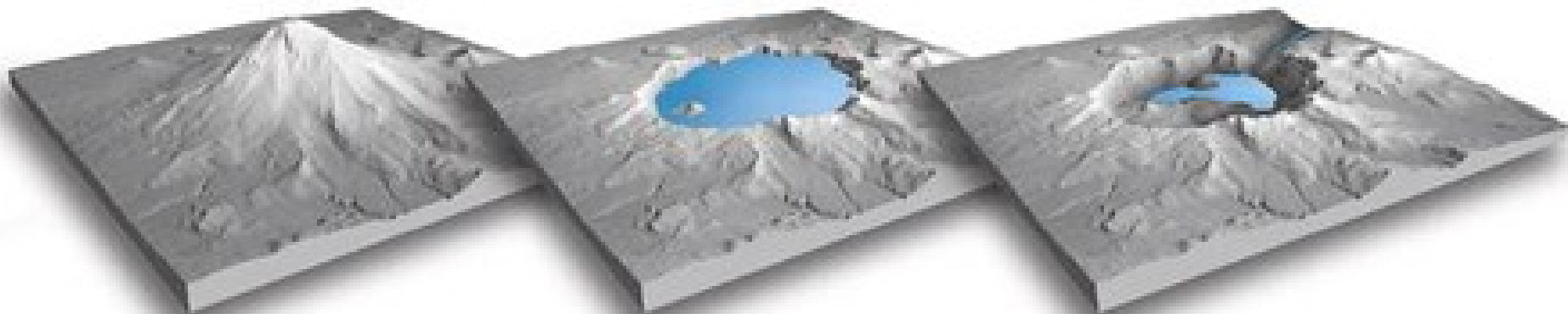
- destruktivní tvar stratovulkánu v podobě kotlovité prohlubně tvaru kráteru
- velikost až 20-30 km,
- **vzniká:**
 - a) explozí – vyhozením vrcholu sopky do vzduchu při erupci
 - b) propadnutím částí sopky do magmatického krbu vyprázdněného po silných výlevech láv
 - c) rozšiřováním kráteru erozí



kaldera vulkanu Kilauea



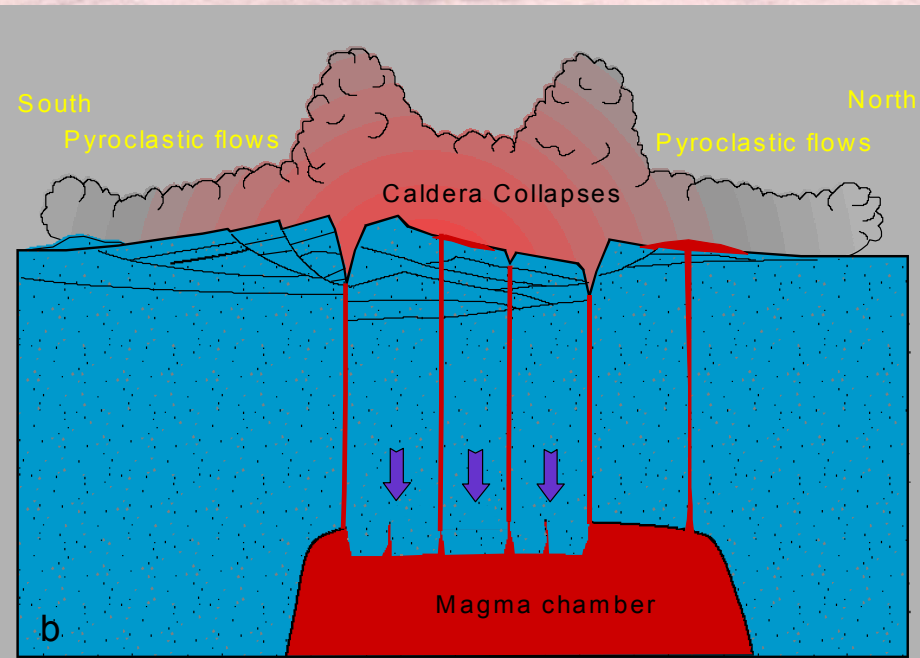
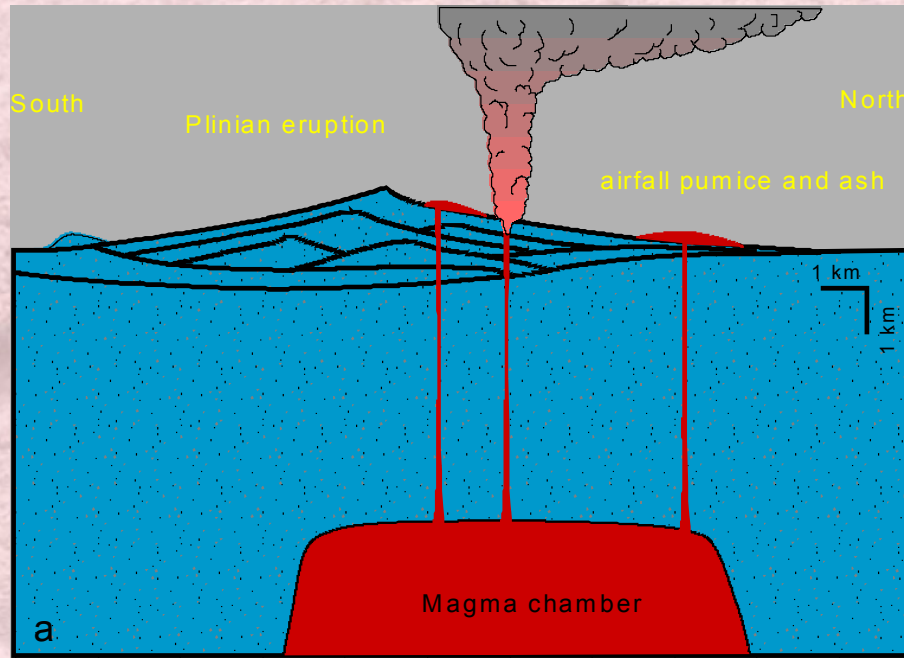
After H. Williams, 1951



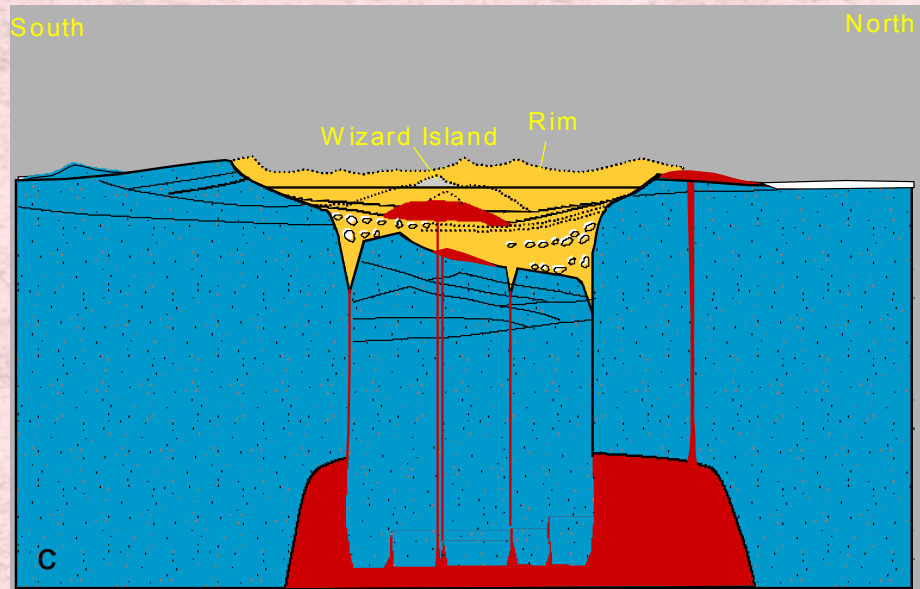
Aniakchak (Aleutské ostrovy)



Lávové jezero (Crater Lake caldera) vznik lávového jezera (Bacon 1988)



Aerial view of a lava lake atop the Kupaianaha vent on the east rift zone of Kilauea Volcano, Hawai'i. The fume rising from the end of the narrow part of the lava lake marks the beginning of a lava tube. **Photograph by E.W. Wolfe on 16 December 1986**



B. Rozdělení vulkanických tvarů

1) Podle aktivity:

- a- činné (aktivní)
- b- vyhaslé

2) Podle délky trvání aktivity:

- a- monogenní = vzniklé jedinou sopečnou fází
- b- polygenní = vzniklé větším počtem fází oddělených obdobími klidu

3) Podle tvaru vulkanického centra:

- a- centrální erupce
 - b- lineární erupce
- Sopečná činnost může být vázána na jediný kráter, tzv. centrální, jindy si lávy a plyny prorazí další cesty k povrchu a vznikají tzv. adventivní krátery (sopky); vytvoří-li se ve vrcholové části sopky, nazývají se parazitické.
- Přívodovými cestami kromě jícnu mohou být i různé pukliny a zlomy, podél nichž jsou sopky seřazeny (puklinové neboli lineárně uspořádané sopky).
- Tyto pukliny se někdy staly přívodovými cestami velikého množství zvláště bazických láv, široko se rozlévajících (tzv. platóbazalty, bazalt).

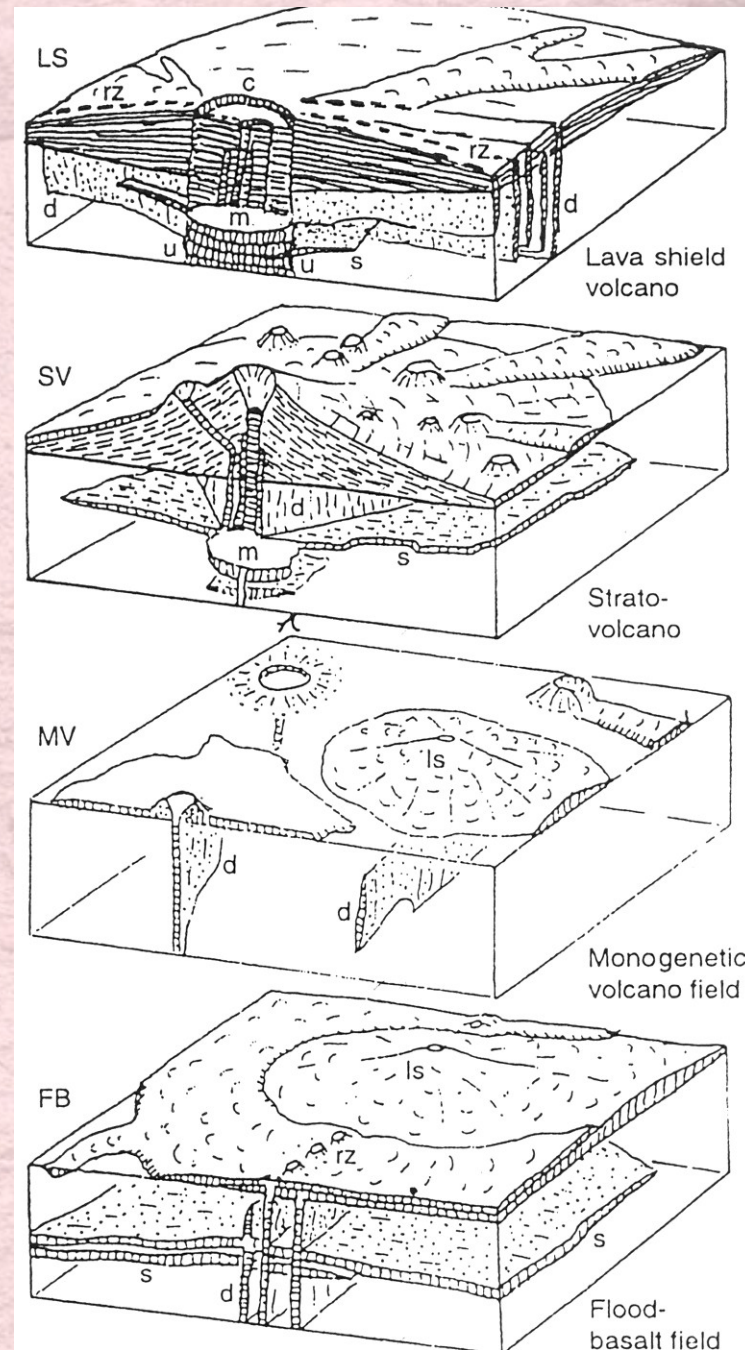
4) Genetické rozdělení

Vulkány Lávové kužely = Štítové vulkány (shield volcanoes)

- Stratovulkány (stratovolcanoes)
- Ignimbritové vulkány
- Submarinní vulkány (guyots)

Ostatní tvary

- Komplexy dómů a proudů
- Trapy (flood basalts)
- Vulkanity oceanických hřbetů
- Monogenetická vulkanická pole



- původní tvar sopek mohl být druhotně značně pozměněn jak pozdějšími explozemi nebo tektonickými poklesy (kalder), tak účinky eroze

tvar výlevných těles ovlivňuje složením lávy:

- bazické lávy jsou řidce tekuté a vytvářejí především lávové proudy
- kyselé lávy jsou mnohem viskóznější a za explozivních fází bývají rozmetány za vzniku pyroklastických uloženin.

a. Většinou neexplozivní

- Komplexy dómů a proudů
- Trapy (flood basalts)
- Vulkanity oceanických hřbetů
- Monogenetická vulkanická pole

b. Většinou explozivní

- Štítové vulkány (shield volcanoes)
- Stratovulkány (stratovolcanoes)
- Ignimbritové vulkány
- Submarinní vulkány (guyots)



Erupce Vesuvu v roce 1822

5) Podle převažujícího produktu exploze

Lávové vulkány

- Lávové štíty (Lava Shields) - štítové sopky
- Lávové dómy (Lava Dome)
- Lávové Kupy (Lava Mounds)
- Puklinové erupce (Fissure Eruptions)

Pyroklastické vulkány

- Struskové kužely (Scoria Cone)
- Struskové kupy (Scoria Mound)
- Podmořské Kužely (Littoral Cones)
- Maary (Maars)

Složené vulkány

- Stratovulkány (Stratovolcanoes)


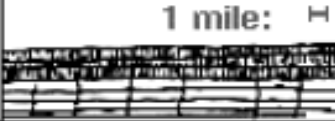

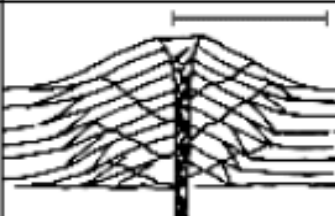

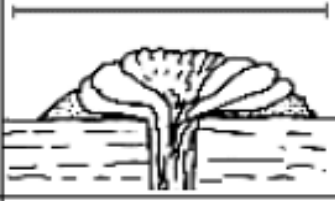



Lava Channel -- Lava erupts from vents on the northeast rift zone of the Mauna Loa volcano in 1984 to produce a lava channel. Note the USGS volcanologist who appears as a thin white vertical line in the center of the photograph. Courtesy of J.D. Griggs, USGS.

<i>Typ vulkánu</i>	<i>Složení magmatu</i>	<i>Pyroklastická aktivita</i>
Stratovulkán	intermediální	pyroklastické napadávky, surge a lahary
Lávový dóm	kyselé	pyroklastické a freatomagmatické napadávky, surge, lahary
Tufový prstenec	bazické až kyselé	pyroklastické, freatomagmatické napadávky a surge

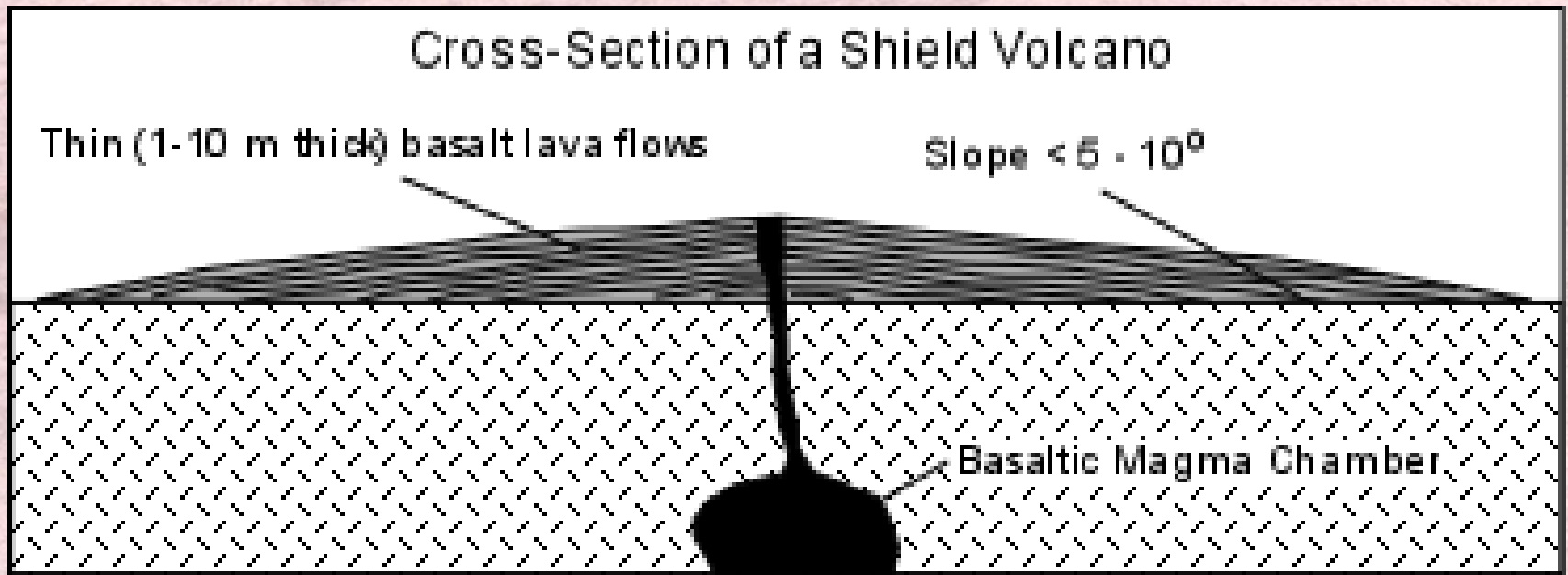


Types of Volcanoes

	Volcano Type	Characteristics	Examples	Simplified Diagram
Increasing Violence Increasing Viscosity 	Flood or Plateau Basalt	Very liquid lava; flows very widespread; emitted from fractures	Columbia River Plateau	
	Shield Volcano	Liquid lava emitted from a central vent; large; sometimes has a collapse caldera	Larch Mountain, Mount Sylvania, Highland Butte, Hawaiian volcanoes	
	Cinder Cone	Explosive liquid lava; small; emitted from a central vent; if continued long enough, may build up a shield volcano	Mount Tabor, Mount Zion, Chamberlain Hill, Pilot Butte, Lava Butte, Craters of the Moon	
	Composite or Stratovolcano	More viscous lavas, much explosive (pyroclastic) debris; large, emitted from a central vent	Mount Baker, Mount Rainier, Mount St. Helens, Mount Hood, Mount Shasta	
	Volcanic Dome	Very viscous lava; relatively small; can be explosive; commonly occurs adjacent to craters of composite volcanoes	Novarupta, Mount St. Helens Lava Dome, Mount Lassen, Shastina, Mono Craters	
	Caldera	Very large composite volcano collapsed after an explosive period; frequently associated with plug domes	Crater Lake, Newberry, Kilauea, Long Valley, Medicine Lake, Yellowstone	



Lávové štíty

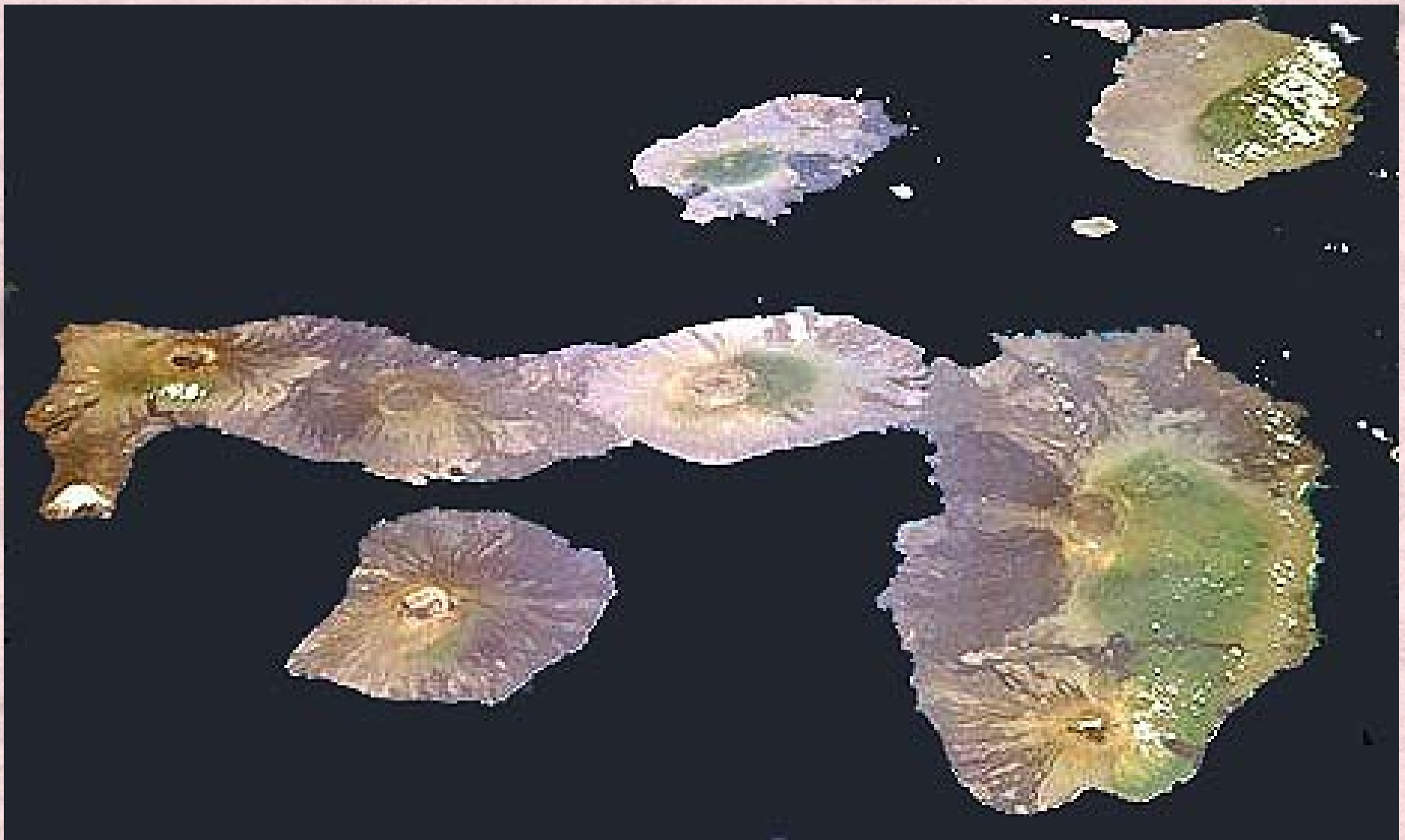


- Mohou být vysoké jen několik stovek metrů (islandský typ) nebo několik tisíc metrů (havajský typ - Štítový vulkán).
- **Štítový vulkán (*Shield volcano*)**
 - Vulkán který produkuje magma s nízkou viskozitou (bazické), které teče na velkou vzdálenost od kráteru
 - sopky tvaru nízkého, plochého kužele se svahy o malém sklonu 1-10°
 - příklad: Havajské ostrovy



Mauna Loa from Mauna Kea, Hawaii (1989).
Photo: J. Alean

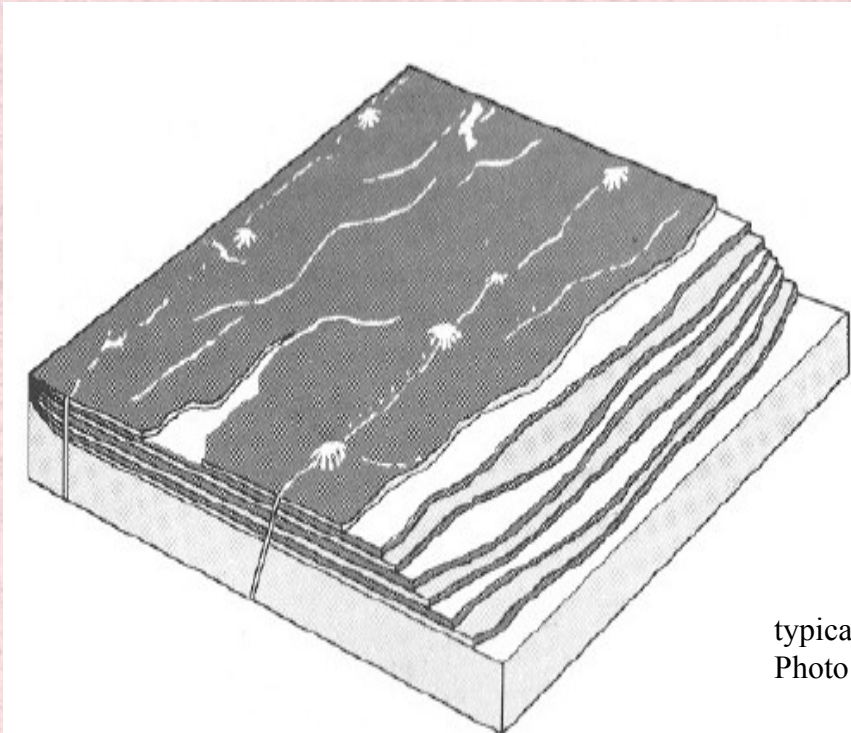




Galapagos Shield Volcanoes -- The Galapagos Islands lie 1,200 kilometers west of Ecuador in the eastern Pacific Ocean. They are best known from their remarkable fauna which played a key role in developing Charles Darwin's ideas on species evolution. The J-shaped outline of Isabela Island is shown here. The island is composed of coalesced shield volcanoes, each delineated by large calderas at their summits. Since Darwin first visited the islands in 1835, there have been over 60 recorded eruptions on six Galapagos shield volcanoes. Courtesy of JPL/NASA.

Trhlinové erupce

- *trhlinové erupce (Fissure Eruptions)* erupce která probíhá podél trhliny na zemském povrchu
- většinou vznikne během několika hodin až dnů
- Právě tyto erupce jsou typické pro výlevy plató bazaltů (flood basalt)
- tyto obrovské výlevy pokrývají stovky čtverečních kilometrů a mají celkovou mocnost kolem 1 km
- většinou se skládají z celé řady dílčích proudů
- tyto výlevy jsou v geologické historii poměrně vzácné a vznikají v krátkém časovém intervalu (1-2 miliony let)
- například: Columbia River flood basalts před 17-14 miliony let (USA), Dekanské trappy před 65 miliony let (Indie), Sibiřské trappy před asi 245 miliony let.



typical of fissure eruptions.
Photo by Vic Camp.





Lávové proudy (Mongolsko)



Explozivní vulkány

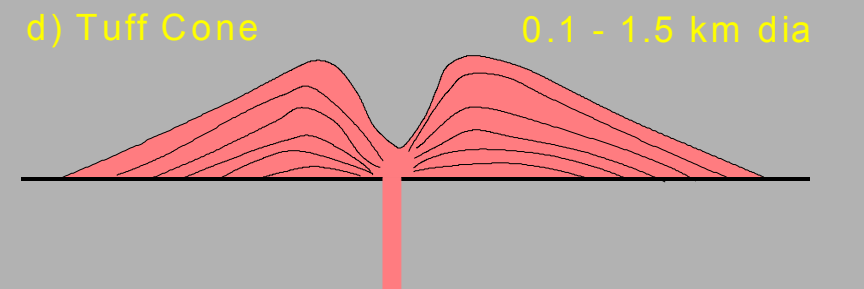
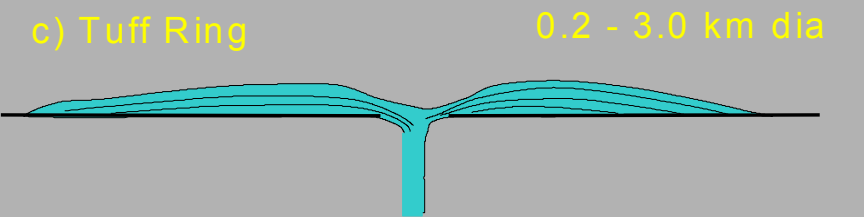
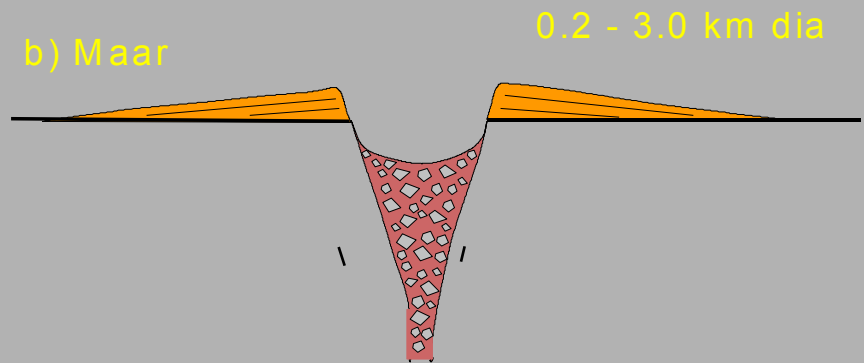
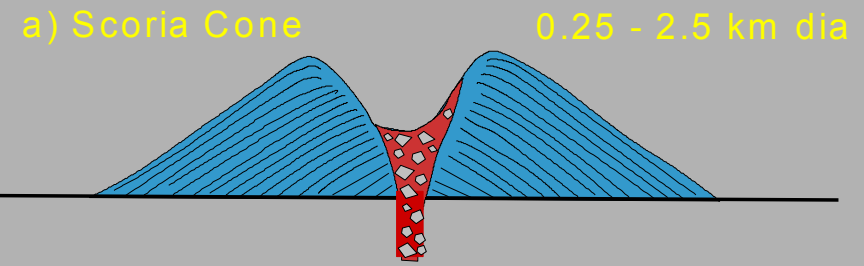
a. Struskový kužel:
Surtsey, Iceland, 1996
(© courtesy Bob and
Barbara Decker).



c. Tufový prstenec:
Diamond Head, Oahu,
Hawaii (courtesy of
Michael Garcia).

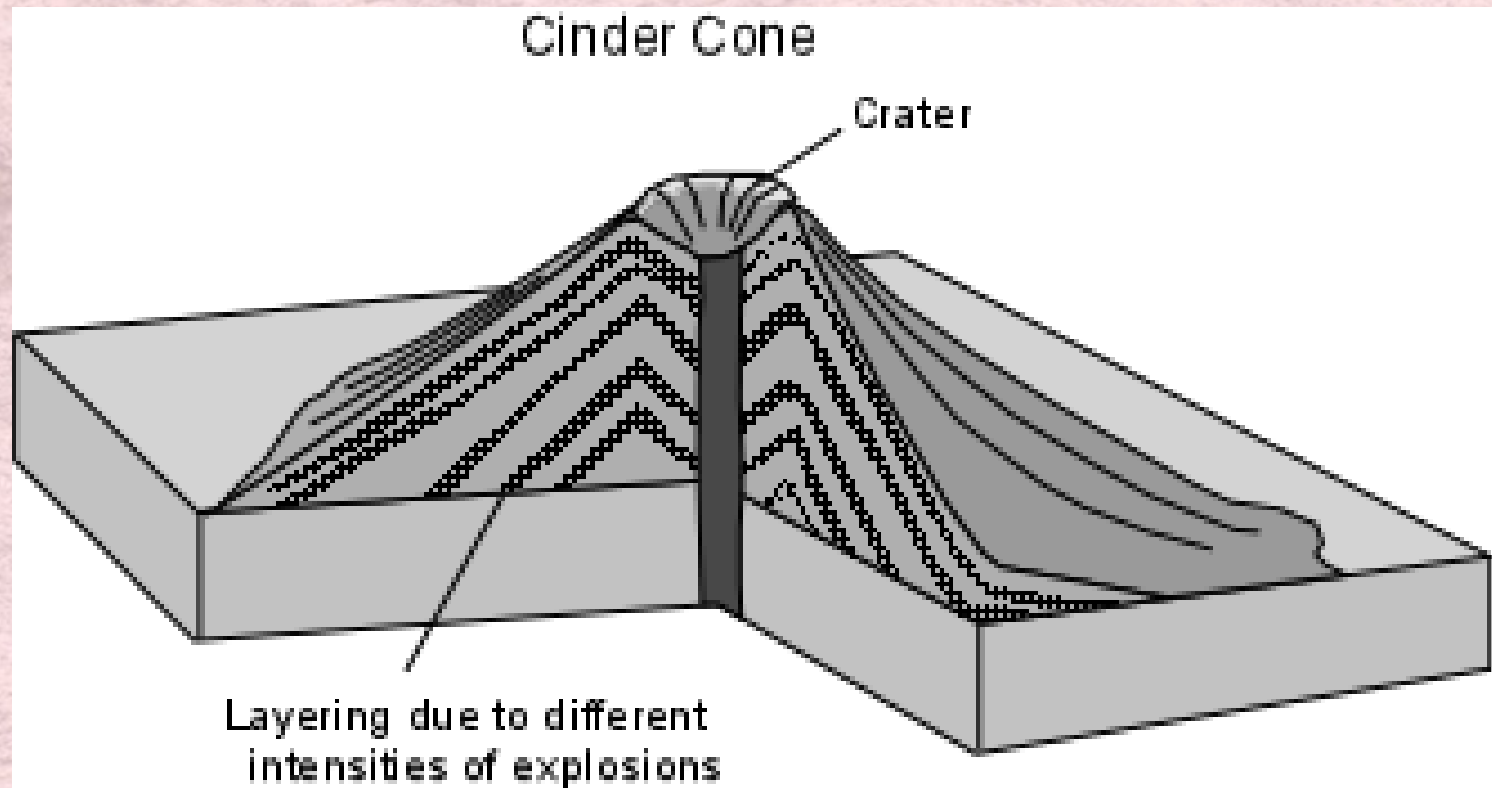


b. Maar: Hole-in-the-
Ground, Oregon
(courtesy of USGS):
výbuchové hrdlo –
kruhová deprese na
úrovni povrchu,
nálevkový sopouch
vzniklý výbuchem plynu



Průřez přes hlavní typy drobných explozivních vulkánů
(Wohletz a Sheridan (1983), *Amer. J. Sci.*, **283**, 385-413.)

Pyroklastický nebo struskový kužel



- *Pyroklastický nebo struskový kužel (Pyroclastic cone, cinder cone)* kužel je tvořen hlavně z napadeného pyroklastického materiálu situovaného hlavně v těsném okolí ústí vulkánu.

Cerro Negro

- Popelový a struskový kužel (Cinder cone)
- Výška 728 m Latitude: 12.506°N Longitude: 86.702°W



- Nejmladší vulkán ve Střední Americe vznikl v dubnu 1850 a je jedním z nejaktivnějších vulkánů v Nikaragui. Cerro Negro je největší ze skupiny čtyř popelových kuželů v této oblasti.
- Vzniklo strombolskými až pliniovskými erupcemi v intervalu několika let až několika desetiletí.
- Střídají se pyroklastické napadávky a lávové proudy.
- Spady popela mohou ohrožovat okolní budovy.





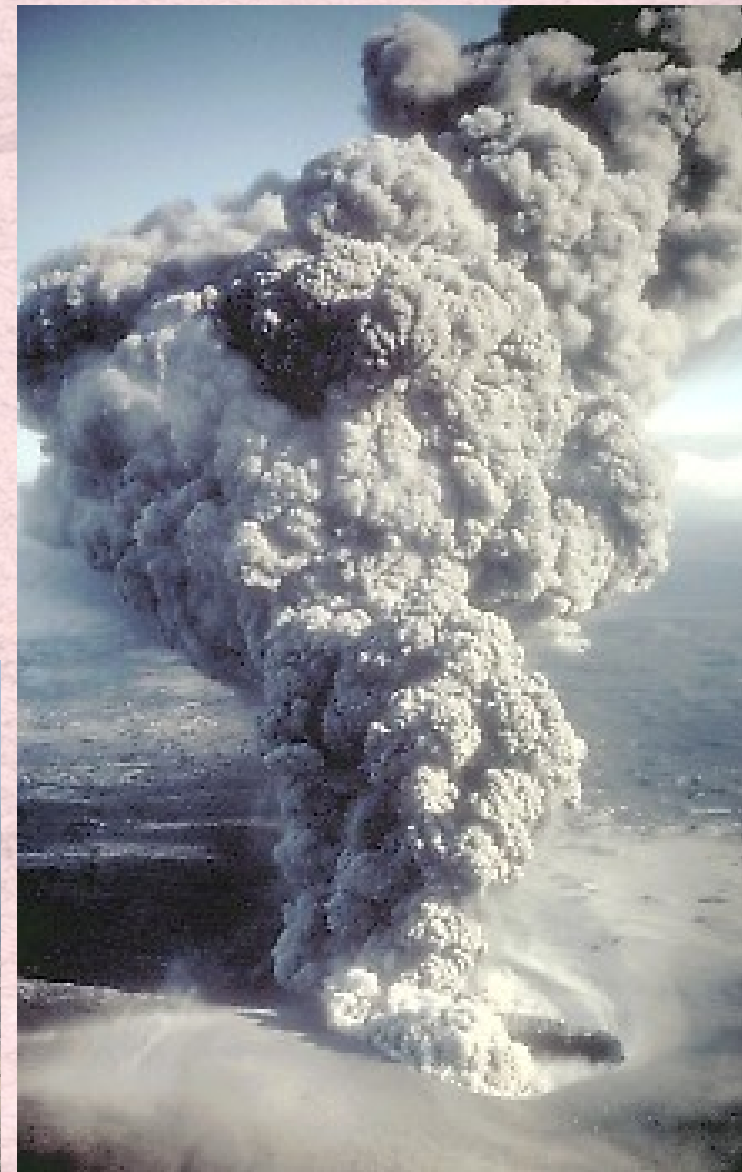
Granada

- Trhlinové erupce, struskové kužely
- Výška 300 m Latitude: 11.92°N Longitude: 85.98°W
- Poloobloukovitá S-J trhlina (La Joya) lokalizovaná mezi Granadou a východním okrajem kaldery Apoyo je místem kde vznikla řada malých popelových kuželů a kráterů.
- Při erupci se hromadila pouze sypká pyroklastika (vulkanický popel, písek a lapily)

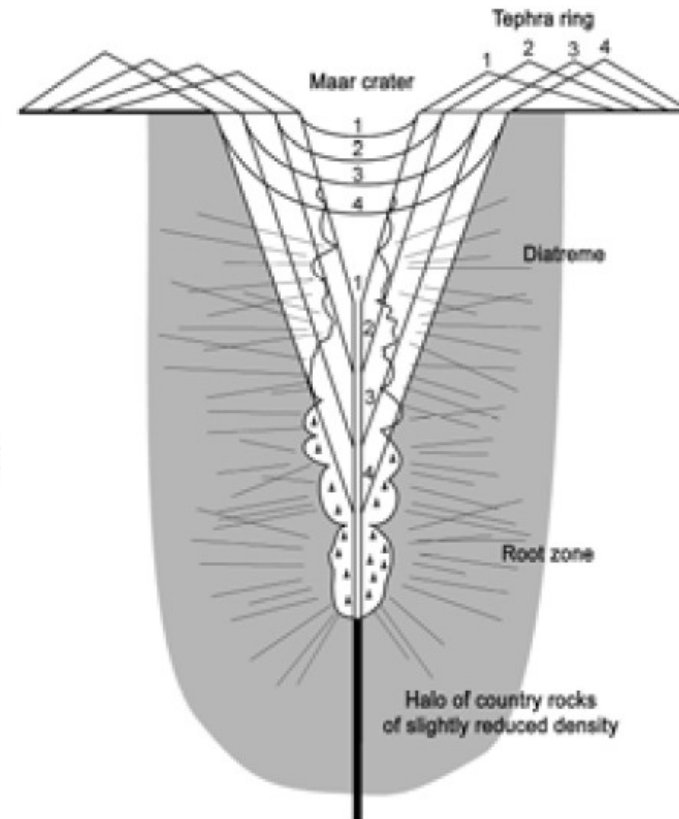
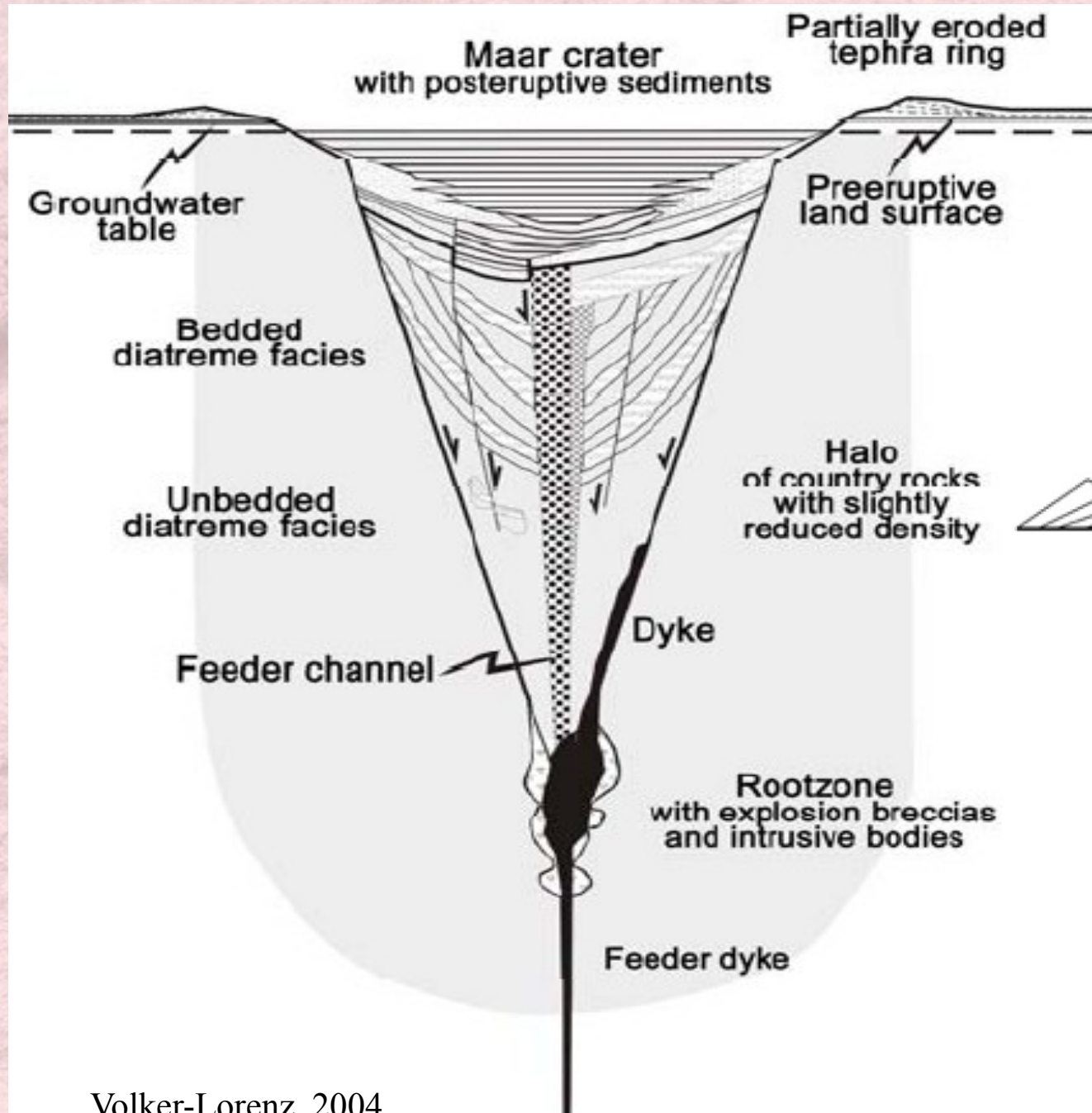


Maar (*Maar*)

- široký kráter s nízkým reliéfem
- je specifickým typem sopečné činnosti charakterizovaným prudkou explozí vedoucí k vytvoření výbuchového hrdla bez výraznějšího sopečného kužele
- mělká explozivní erupce je obvykle vyvolána přehřátím a varem podzemí vody v důsledku kontaktu s magmatem
- maary bývají často vyplněny jezery



Ukinrek Maars, Alaska; Lake Becharof at top of photo. Water partially fills the eastern maar and completely covers a lava dome that was erupted in the 100-m deep crater during a 10-day eruption in 1977. Maar is about 300 m in diameter. And eruption column generated by phreatic and magmatic explosions rises from the larger east maar



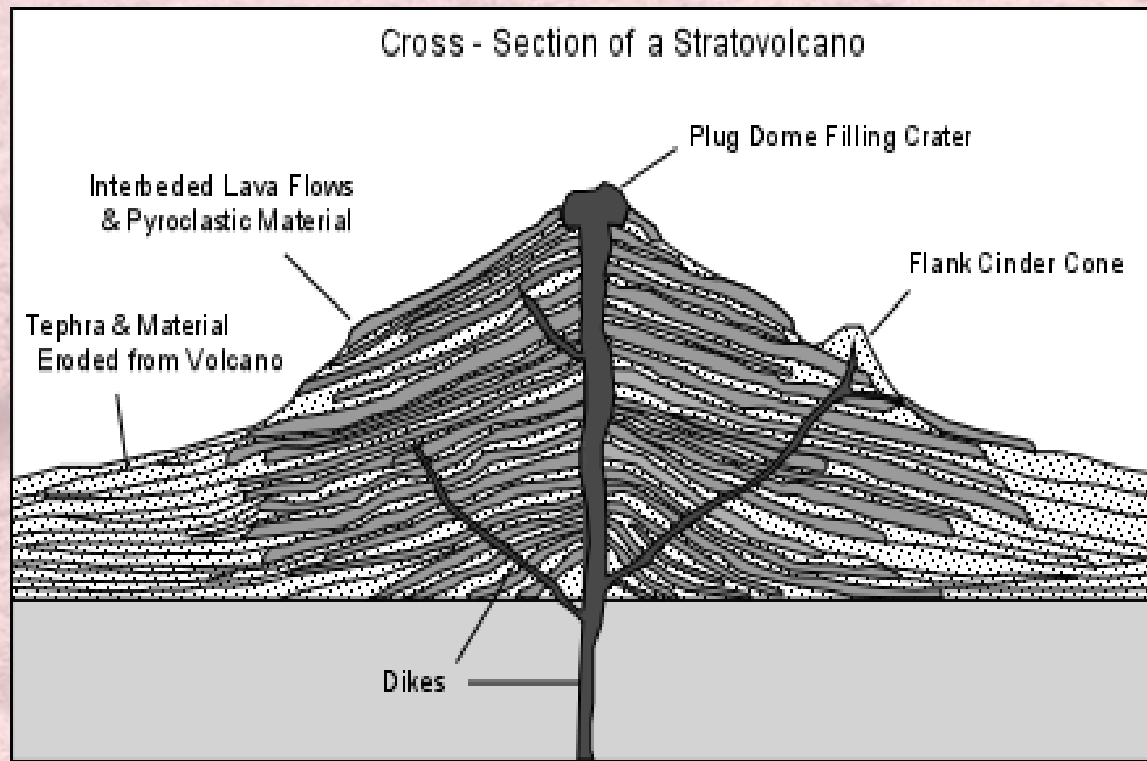
Apoyeque

- Maar (kaldera)
- Výška 518 m Latitude: 12.242°N Longitude: 86.342°W
- Vulkanický komplex Apoyeque vystupuje na poloostrově Chiltepe (Chiltepe je štítový vulkán jeden ze tří větších ignimbritových štítů v nikaragiském vulkanickém pásu), který zasahuje do Mangujského jezera.
- Kaldera Apoyeque je vyplněná jezerem (2.8 km široká a 400-m hluboká)





Apojo – tercierní kaldera zaplavená vodou



Stratovulkán

(Stratovolcano)

(composite volcano)

- střídají se výlevy láv a polohy pyroklastického materiálu

- sopka složená ze střídajících se vrstev utuhlé často felsické lávy a pyroklastických hornin, felsické lávy jsou hodně viskózní a špatně tečou vznikají typické vysoké sopečné kužely s příkrými svahy
- stratovulkány vyvrhují velké množství popela, který může dosáhnout stratosféry a způsobit dočasné globální snížení teploty
- stratovulkány jsou nejčastěji vázány na konvergentní rozhraní se subdukcí (aktivní okraje kontinentů, ostrovní oblouky)
- většina stratovulkánů světa leží v oblasti cirkum-pacifického orogenního pásma, například: Chile

Momotombo

- Stratovulkán
- Nikaragua
- Výška 1297 m



- Latitude: 12.422°N Longitude: 86.540°W (leží na severozápadním břehu jezera Managua)
- Mladší kužel Momotombito tvoří 391m vysoký ostrov v jezeru Managua.



- Začala růst před 4500 lety na jv konci horského hřbetu Marrabios a obsahuje starší strukturu kterou převyšuje kužel Momotomba s kráterem 150 x 250 m.
- Typické jsou exploze strombolského typu občas přerušené větší explozí.
- Poslední erupce 1905 vytvořila lávový proud, který tekł z vrcholu na sv.
- Velké geotermální pole se nachází jižně od kráteru.

Masaya

- Výška 635 m (Latitude: 11.984°N Longitude: 86.161°W)
- Stratovulkán
- Nikaragua



- Vulkán Masaya leží uvnitř velkého pleistocenního vulkánu Las Sierras (6 x 11 km široká bazaltická kaldera).
- Největší erupce jsou datovány mohutnými vrstvami bazaltické tefry do období před 6500 lety.
- Proud lávy z roku 1670 přesáhl severní okraj kaldery.
- Masaya je aktivní nepřetržitě nejméně od doby příchodu Španělů, hlavně emanace plynů.



C. Rozdělení podle charakteru erupcí

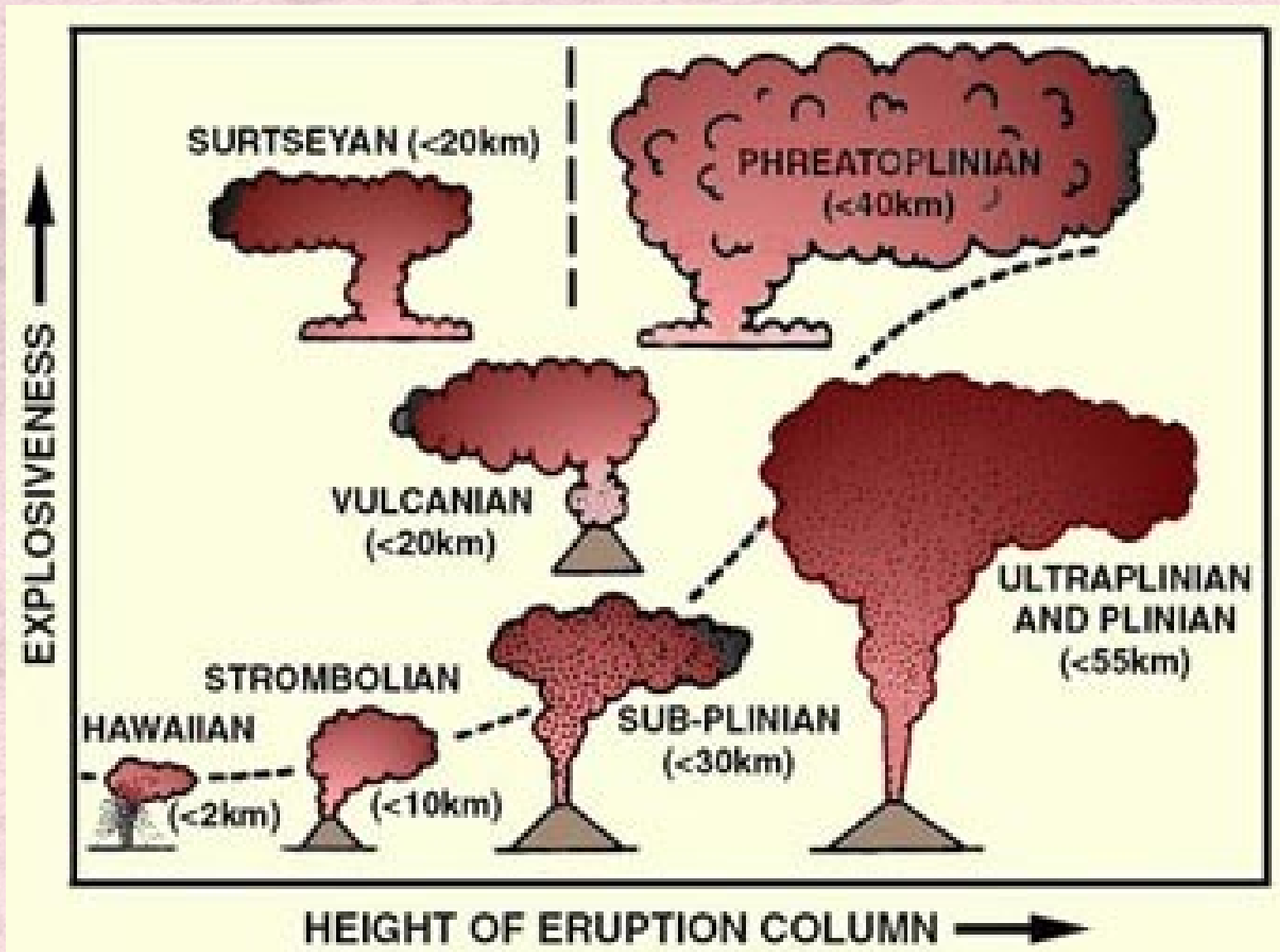
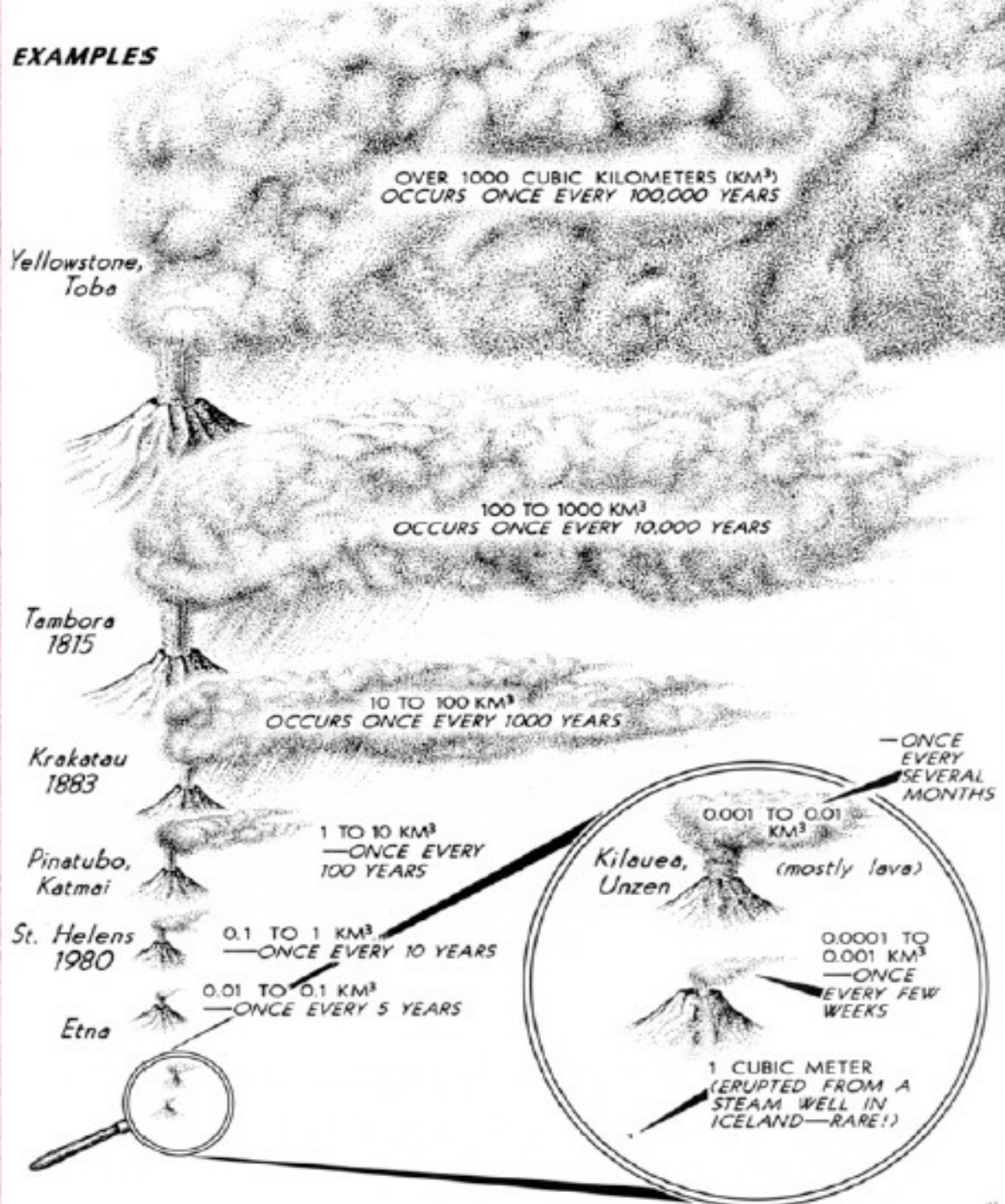


Diagram klasifikuje typy explozivních erupcí podle výšky eruptivního sloupce a explozivnosti (Cas et al. 1988).

Velikost erupce

- Pro hodnocení charakteru exploze můžeme zvolit několik kritérií:
- Velikost (magnitude): jaký objem byl vyvržen v m^3
- Síla: jak rozsáhlou plochu pokryl vulkán pyroklastiky v m^2
- Intenzita: udává rychlost exploze m^3/s

EXAMPLES



Erupce se liší:

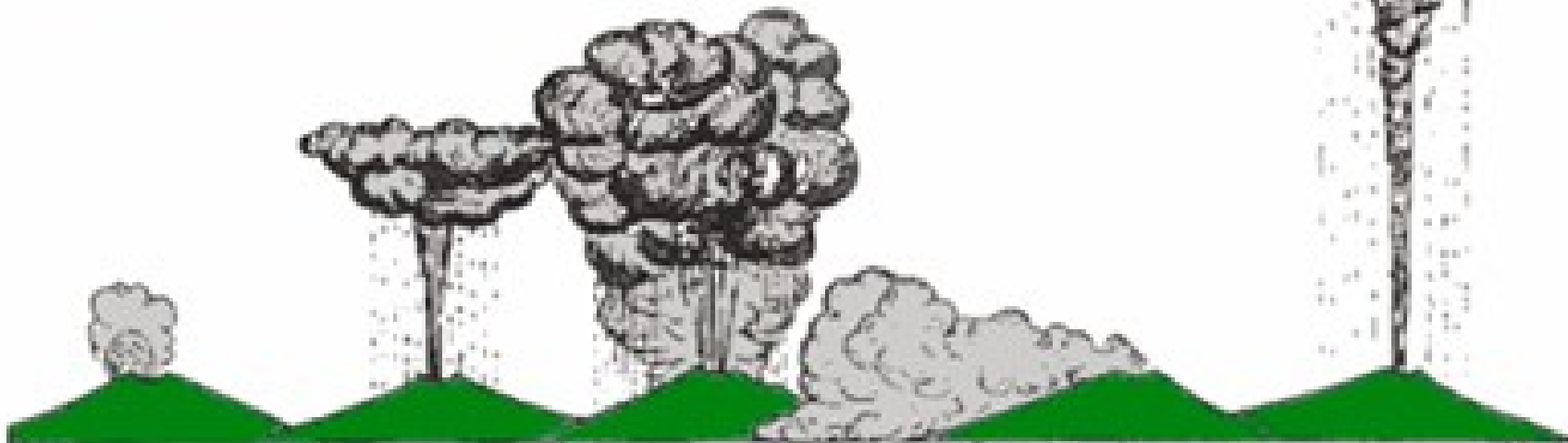
- rychlostí toku lávy
- pravidelností a silou výbuchu
- množstvím vyvrženého materiálu
- dosaženou výškou a tvarem pyroklastického mraku



Icelandic



Hawaiian



Strombolian

Vulcanean

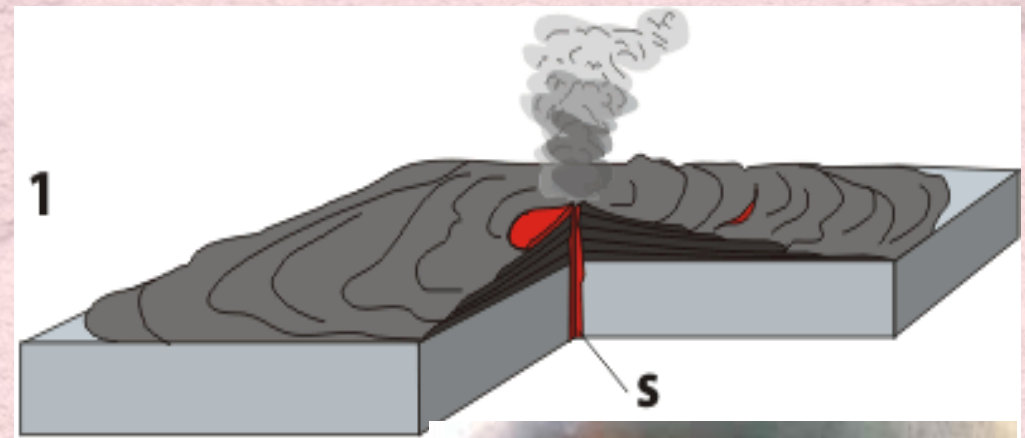
Vesuvian

Pelean

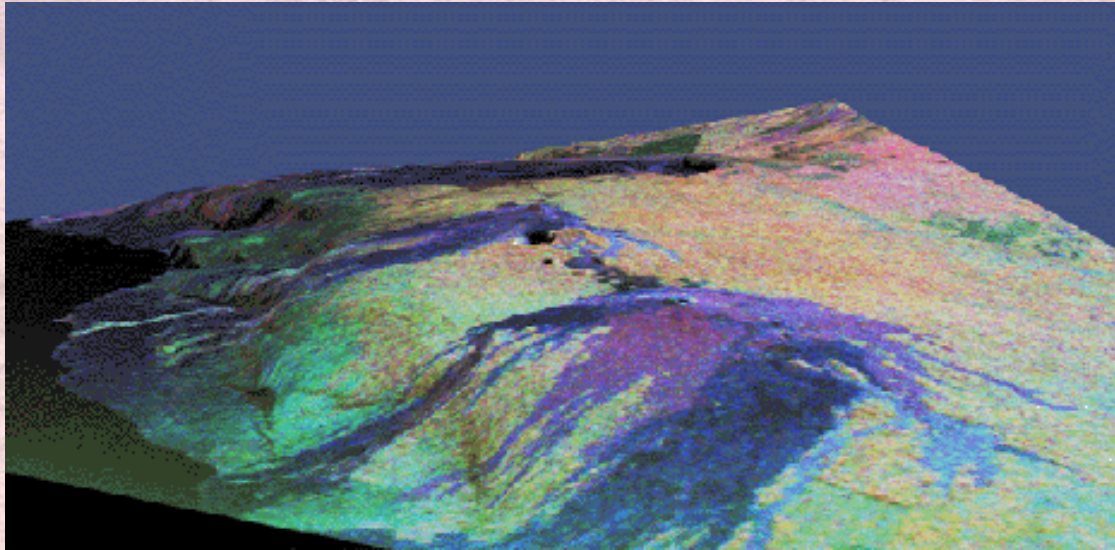
Plinian

1) Havajský

- ploché sopky o velkém průměru
- tvořené řídkými bazaltovými lávami
- v kráteru někdy bývá lávové jezero
- nízký tlak plynů - sopečné exploze nejsou hojné
- vzniká málo pyroklastik
- nehluboko uložený rezervoár
- příklad: Kilauea, Mauna Loa



s - sopouch



Kilauea Volcano in 3D -- This three-dimensional perspective of the Kilauea volcano was produced using three radar frequencies from the Spaceborne Imaging Radar instrument flying on the Space Shuttle Endeavor, and superimposing the radar data onto a digital elevation map. The area shown is about 34 by 57 km, with the top of the image pointing toward the northwest. The large blue region at the high center part of the image is the Kilauea caldera. The line of craters below the caldera marks the site of the Kilauea east rift system. The blue regions in the foreground are recent lava flows erupted from the Pu'u O'o and Kupaianaha volcanoes on the east rift system. Courtesy of JPL/NASA

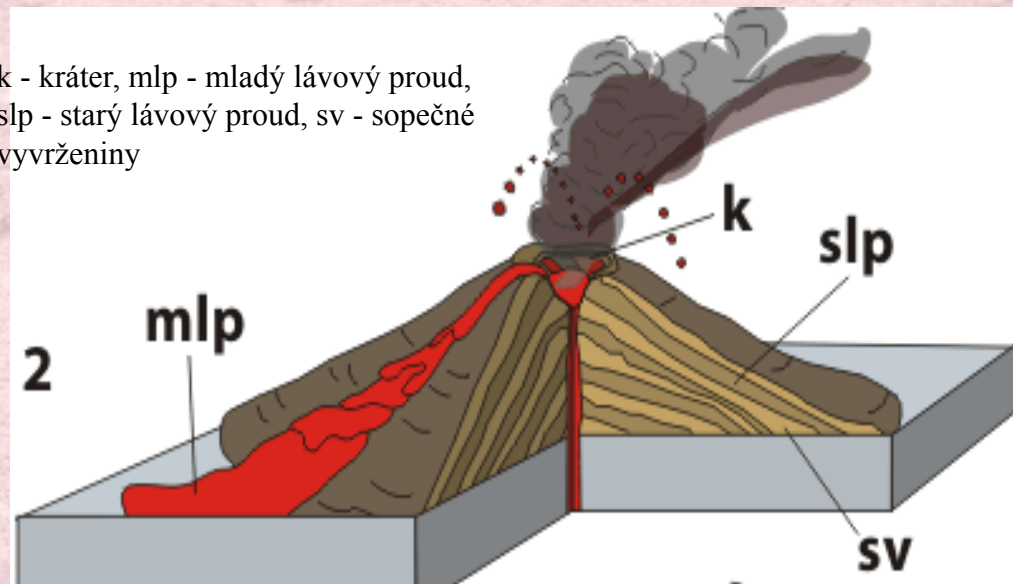


High Lava Fountain -- Molten magma erupts from the Pu'u O'o volcano on the Big Island of Hawaii in 1985. The hot liquid-to-plastic fragments remain incandescent red until they cool and turn dark grey on their descent. Pu'u O'o lies on the east rift system of the Kilauea volcano, Hawaii. Courtesy of the USGS.

2) Strombolský

- pravidelný stratovulkán
- střídají se lávové výlevy (proudů) - lávy jsou řídké
- exploze pyroklastik (sopečné bomby, lapilli, sopečný písek a popel)
- doba trvání je často jen několik hodin
- tlak vulkanických plynů střední
- Příklad: Stromboli (Evropa), Paricutín (Mexiko).

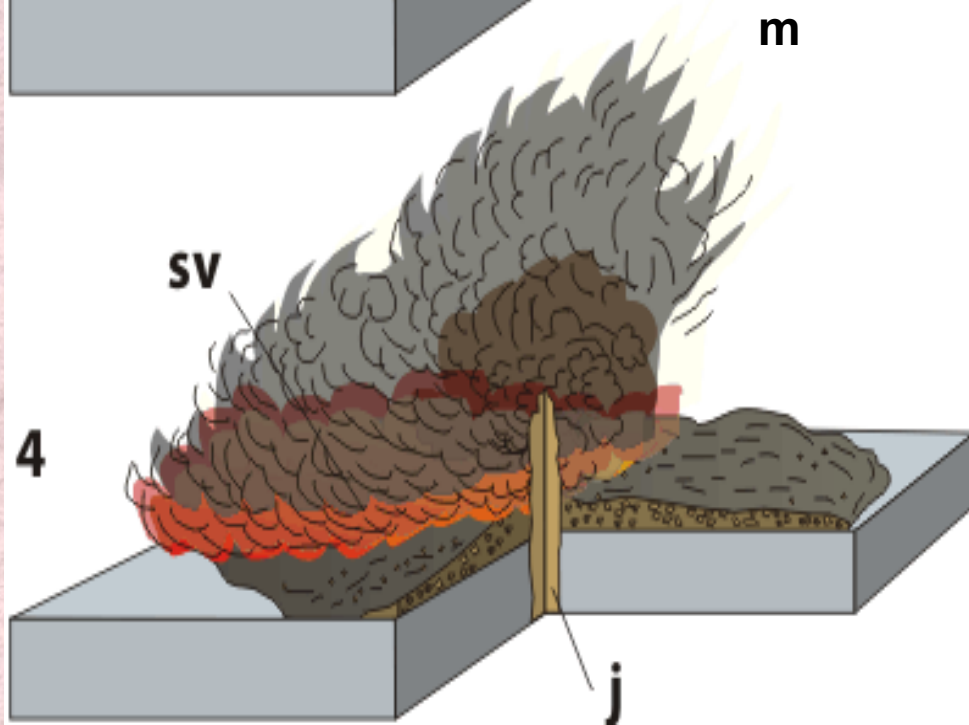
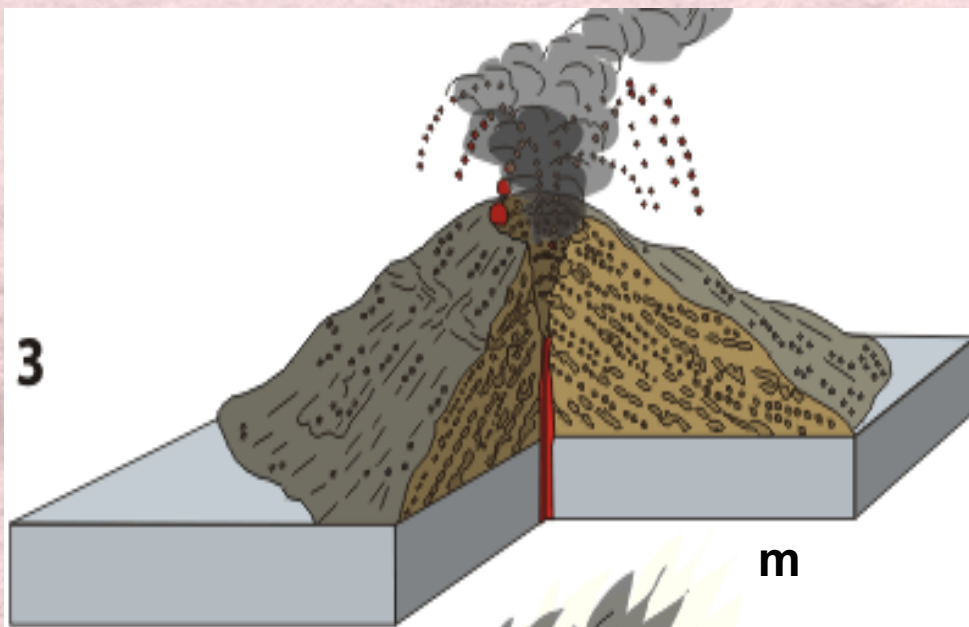
k - kráter, mlp - mladý lávový proud, slp - starý lávový proud, sv - sopečné vyvrženiny



Paricutin 1946 -- Courtesy of K. Segerstrom, USGS.



Strombolian activity on Mt. Etna in October 2002 -- Renewed activity began on Mt. Etna in October and continued into November. The eruption shown here took place along a fissure that opened up along the northern flank of the volcano. Several small vents developed along the fissure. Rather than erupting as sustained lava fountains, large lava bubbles exploded periodically from the vents generating powerful Strombolian events. Copyrighted - courtesy of Tom Pfeiffer.



3 - vulkánský

4 - peléský

sv - sopečné vyvrženiny, j - lávová "jehla", m - mračno žhavého popela

3) Vulkánský

- produkované kyselější lávy jsou podstatně viskóznější a jsou neustále rozrušovány explozemi plynů
- sopečné kužely se téměř cele skládají z pyroklastik
- středně vysoký tlak vulkanických plynů

4) Peléský (katmajský)

- charakterizovaný výstupem velice viskozní lávy, vytlačované z kráteru v podobě žhavé jehly, často za současného vzniku žhavých popelových mračen (nuées ardentes), valících se po svahu sopky dolů
- vytlačená láva může tvořit strmá a zakulacená tělesa (sopečné dómy) nebo jehly
- vysoký tlak vulkanických plynů
- existují další přechodné typy erupcí kde se ráz sopečné činnosti se může postupně měnit

5) Pliniovký

- výrazný kužel
- kyselé, silně viskózní magma s vysokým obsahem plynů
- produkce převážně jemných pyroklastik (popel a prach)
- pyroklastika tvoří horká mračna, která vystupují jako „sloup“ do výšek až 25km
- vulkanický materiál je roznášen do velkých vzdáleností. Příklad: Vesuv, Krakatau (Indonésie), Pinatubo (Filipíny), Mt. Sv. Helens (USA).



The Plinian eruption of the Klyuchevskaya volcano on Russia's Kamchatka Peninsula was captured here by the Space Shuttle Endeavor in 1994. The prevailing wind direction produced a pronounced asymmetry of the plume head. Courtesy of NASA.



Fissure eruption -- Fissure eruption generating a "curtain of fire" on the Kilauea volcano, Hawaii in 1992. The Pu'u O'o volcano is located just beyond the photograph to the lower left. Courtesy of USGS.

6) Trhlinová erupce (Fissure eruptions)

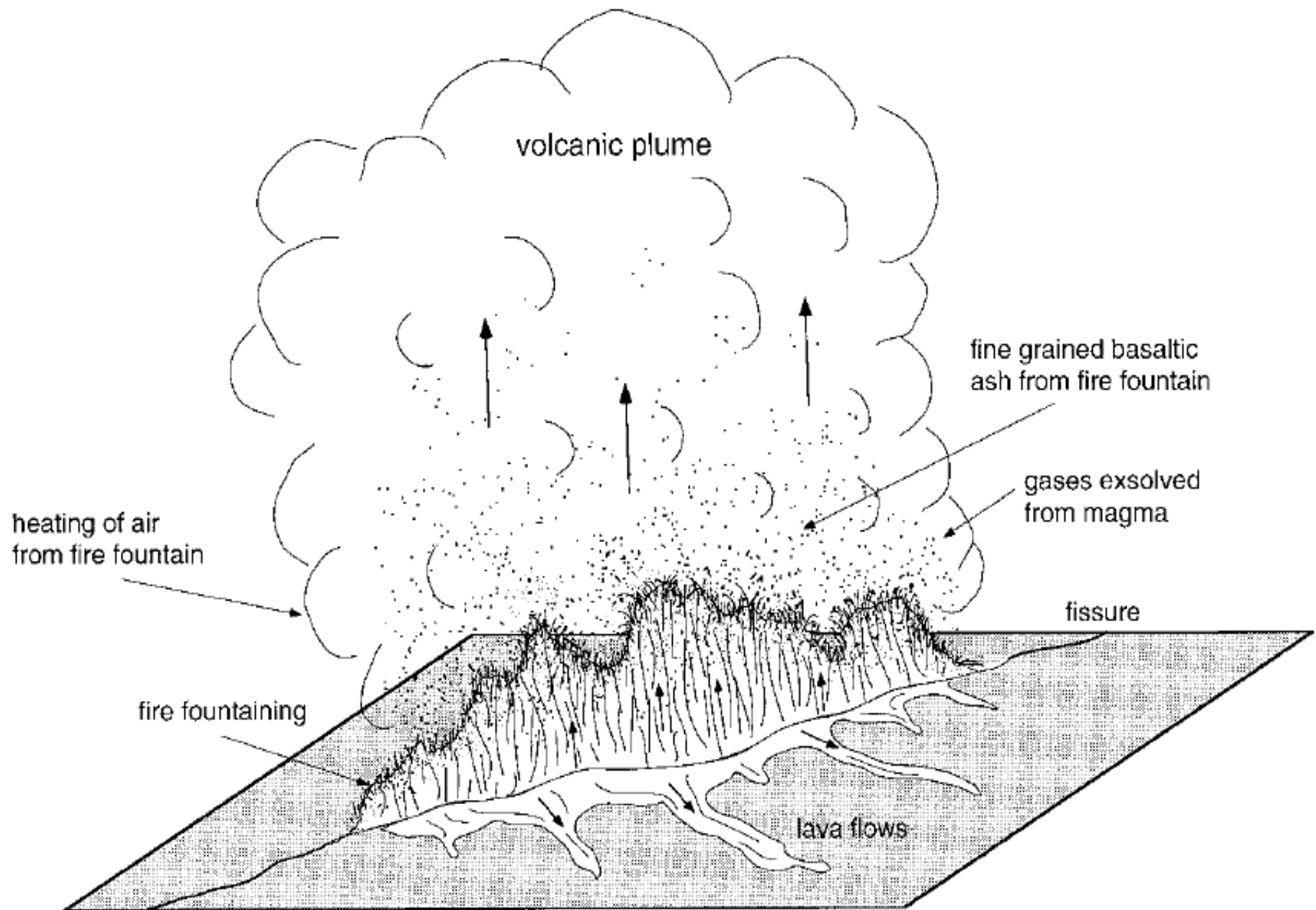
- Je úzce spojená s havajským typem erupcí
- někdy se také označují jako Islandský typ erupcí
- Tekuté bazické magma se vylévá na povrch nebo vznikají ohnivé fontány a záclony (curtain of fire)
- erupce je klidná a materiál bývá vyvrhován jen na vzdálenost několika desítek metrů
- Když dopadají lávové fragmenty na zem bývají ještě plastické a dochází k jejich spékání



Eruptive fissure on southeast rim of Kilauea caldera, Hawai'i. This eruptive fissure was active briefly during an eruption in July 1974. Note prominent spatter ramparts on right, and subdued rampart on left, built by the ejection of lava along the fissure. The smooth texture of the surface on the lip of the fissure (lower right) is evidence that lava drained back into the fissure toward the end of the 1974 eruption.

Photograph by S.R. Brantley on 14 August 1998

- tyto horké spršky (spatter) dopadají a modelují se do podoby disku nebo koblih
- navzájem se spékají a vytváří náteky zvané aglutináty (agglutinate nebo agglutinated spatter).
- lemují okraje trhliny a vytváří kolem nich val (spatter ramparts)
- po skončení erupce se zbývající magma vrátí do trhliny a chladne jako žíla (dike)



basaltic fissure eruption



SPATTER -- Impact of molten spatter fragments hitting the ground and flattening into roughly circular disks. Courtesy of T.N. Mattox, USGS



Žily bazaltu, Mongolsko

7) Hydrovulkanická sopečná činnost (Hydrovolcanic eruptions)

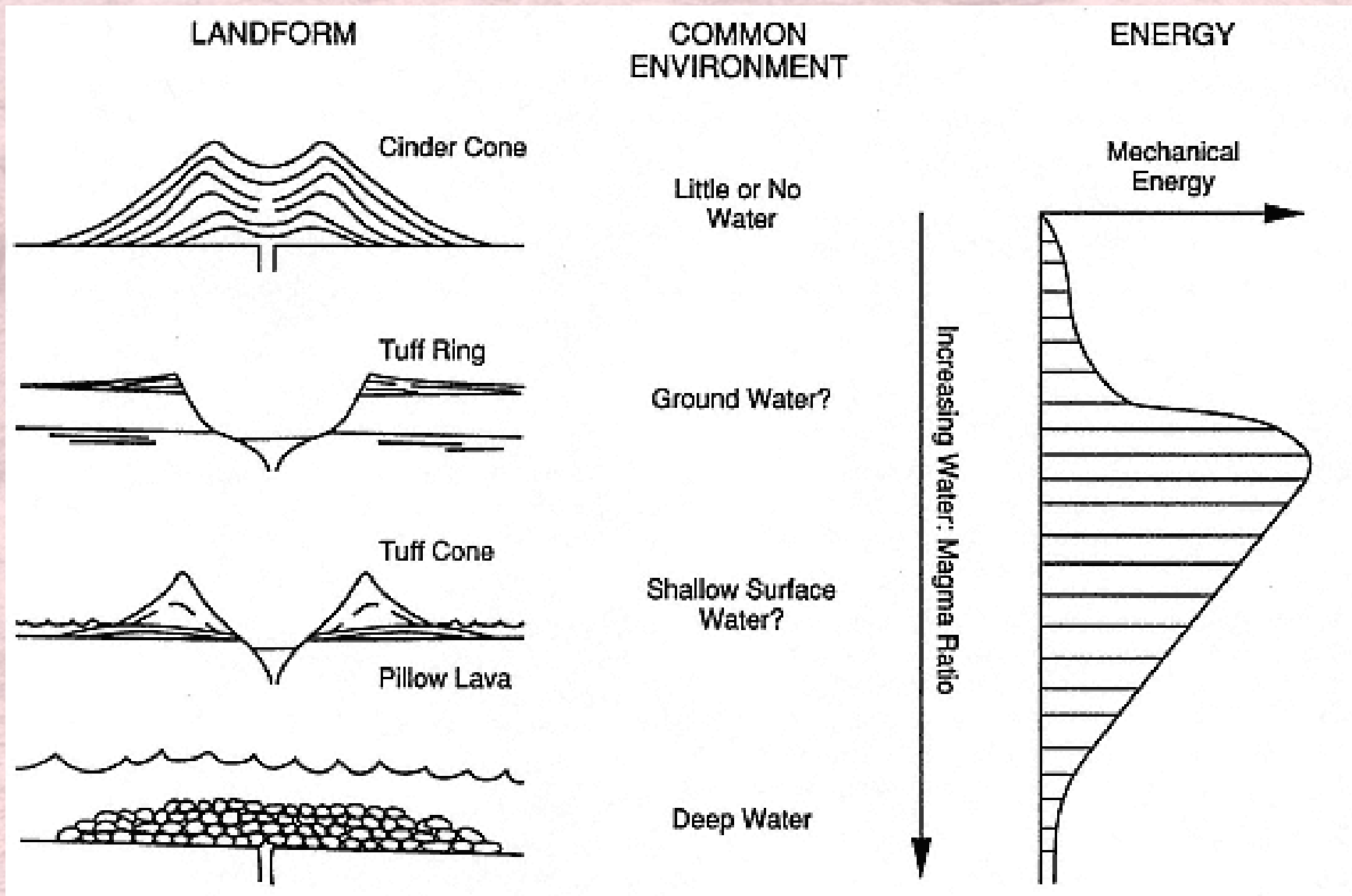
- v mělkovodním prostředí provázená únikem velkého množství vodní páry a granulací láv za vzniku různých hyaloklastitů, polštářových láv a tufitů
- pokud dojde na pevnině k interaci magmatu s vodou bývá výsledkem velká exploze (maar, tufové kužely)
- pobřežní kužely (littoral cones) vznikají tímto typem erupce – láva i pyroklastika se často dostávají do kontaktu s vodou (vznikají polštářové lávy)



- **Freatická erupce:** vulkanická erupce způsobená interakcí magmatu s vodou, exploze vyvrhuje drcenou horninu a vodní páru, avšak chybí magma
- **Freatomagmatická erupce:** vulkanická erupce způsobená interakcí magmatu s povrchovou nebo podzemní vodou, magma je přítomno v explozivních produktech

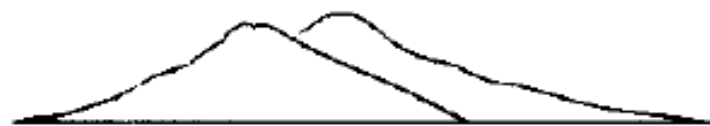
Tephra and littoral cone on Kilauea, Hawaii -- The episodic steam-driven explosion shown here is one of several tephra jets generated by incoming waves that disrupt lava exiting from a lava tube on the south coast of Kilauea. The basalt tephra accumulates into a littoral cone, the domal mass in the background. Note also the thin pahoehoe flow advancing toward the sea in at the base of the littoral cone. Courtesy of L. Kesthelyi, USGS.

Hydrovulkanické tvary

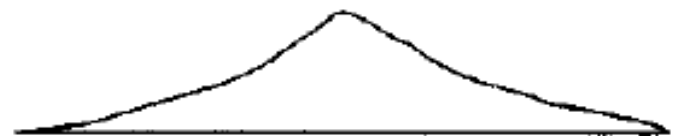


Hydrovulkanic landform vs geohydrological environment. In unsaturated environments, basaltic volcanism commonly produces cinder (scoria) cones by eruptions of relatively low energy. In areas of abundant water, eruptions vaporize the fluid, which results in explosive activity and the formation of tuff rings and cones. In deep water, extrusions of basalt are passively quenched and form pillow lavas. (Adapted from Wohletz and Sheridan, 1983a.)

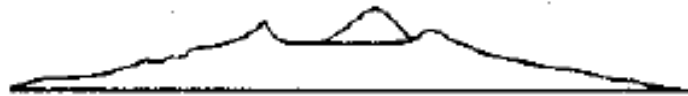
Polygenetic



Compound volcano
complex volcano



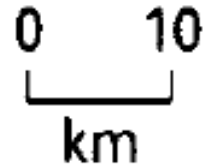
Strato-volcano
composite volcano



Somma volcano



Caldera



Shield volcano

Monogenetic

Lava dome

Crater row
fissure vent

Cinder cone
scoria cone
pumice cone

Tuff cone

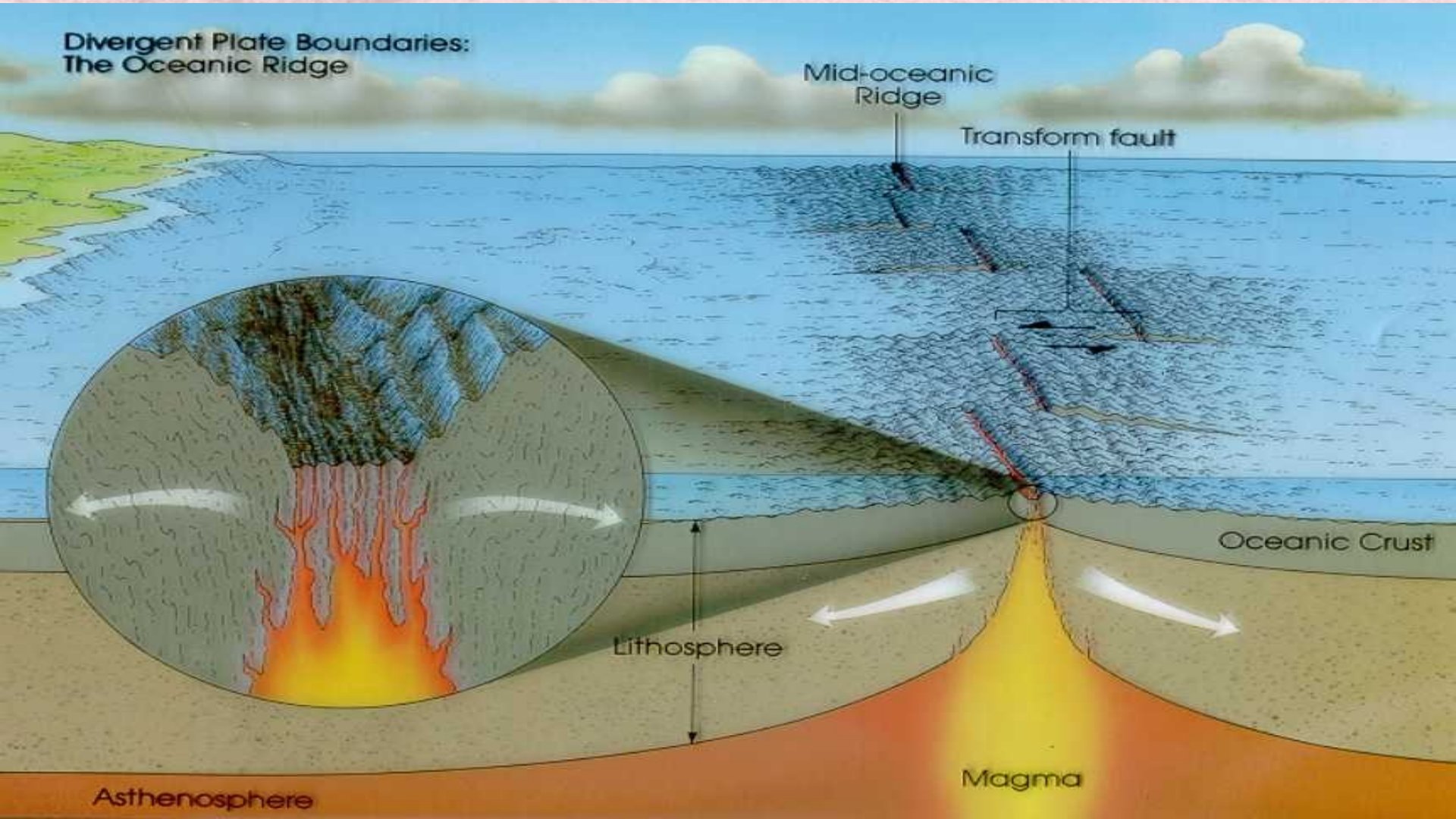
Tuff ring

Maar

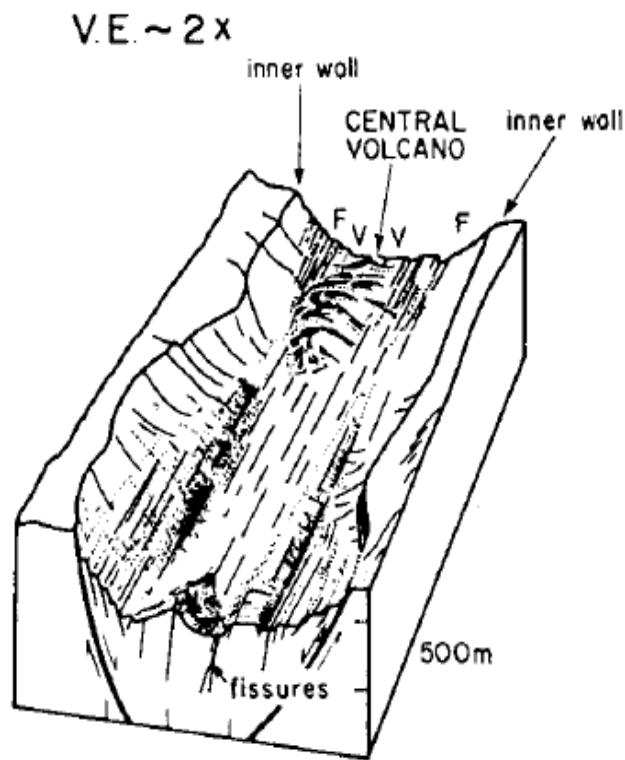
Pyroclastic cones

8) Podmořská sopečná činnost

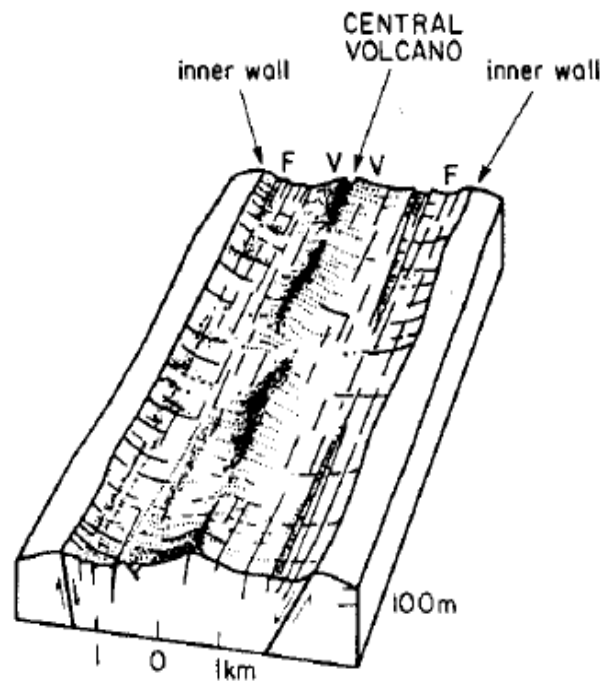
- je velmi rozsáhlá (středooceánské rifty)
- v mělkovodním prostředí provázená únikem velkého množství vodní páry a granulací láv za vzniku různých hyaloklastitů, polštářových láv a tufitů (Hydrovolcanic eruptions)
- při výlevech lávy ve velkých hloubkách (za velkých tlaků) jsou lávy málo pórovité



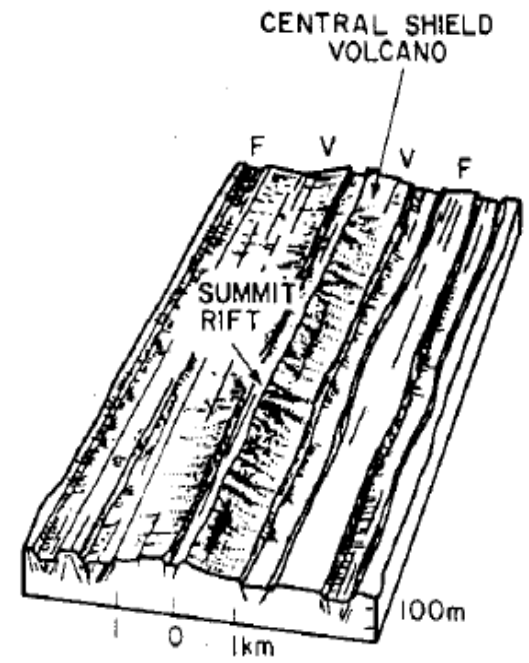
(a) Slow



(b) Intermediate



(c) Fast



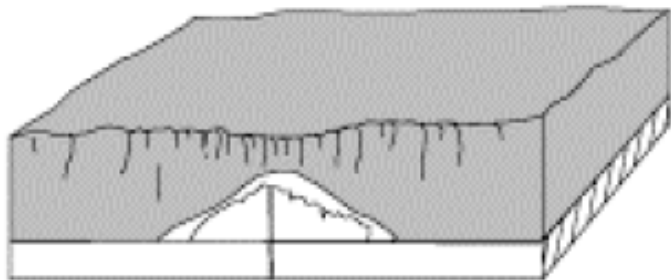
Schematický náčrt středooceánských hřbetů v závislosti na rychlosti rozpínání oceánského dna (Cas a Wright 1987, Macdonald 1982)

9) Sopečná činnost pod ledem (Subglacial)

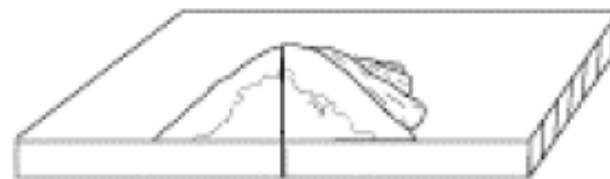
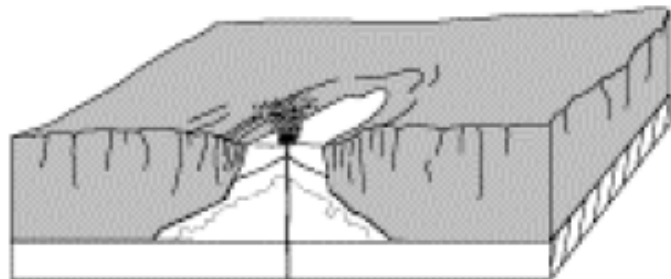
- ploché vulkány = tabulové hory
- provázená únikem velkého množství vodní páry a granulací láv za vzniku různých hyaloklastitů



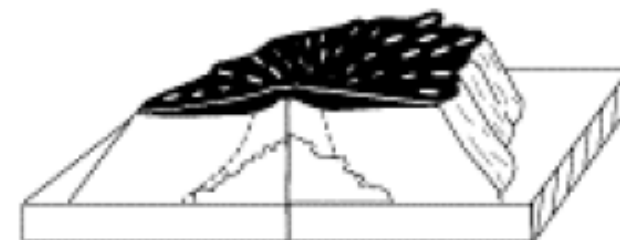
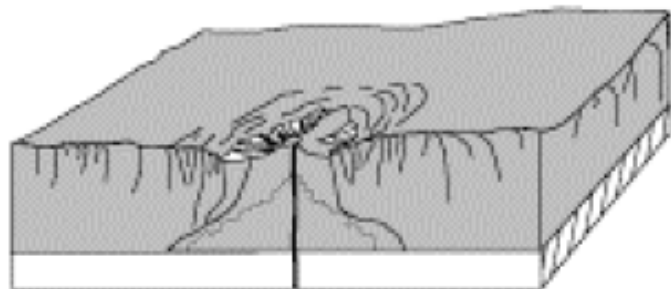
Grimsvotn
erupcion, 1996



stage 1



stage 2b



stage 3b

Použitá literatura

- řada prezentací volně dostupná na internetu
- Strahler, A. (1999): *Introducing Physical Geography*. Wiley, New York
- Karásek, J. (2001): *Základy obecné geomorfologie*. Přírodovědecká fakulta MU, Brno, 216 s.
- Demek, J. (1987): *Obecná geomorfologie*. Academia, Praha, 476 s.
- <http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie>
- http://www.geology.sdsu.edu/how_volcanoes_work/
- <http://volcanoes.usgs.gov/>
- <http://en.wikipedia.org/>
- <http://volcano.und.nodak.edu>
- <http://www.sopky.cz/>