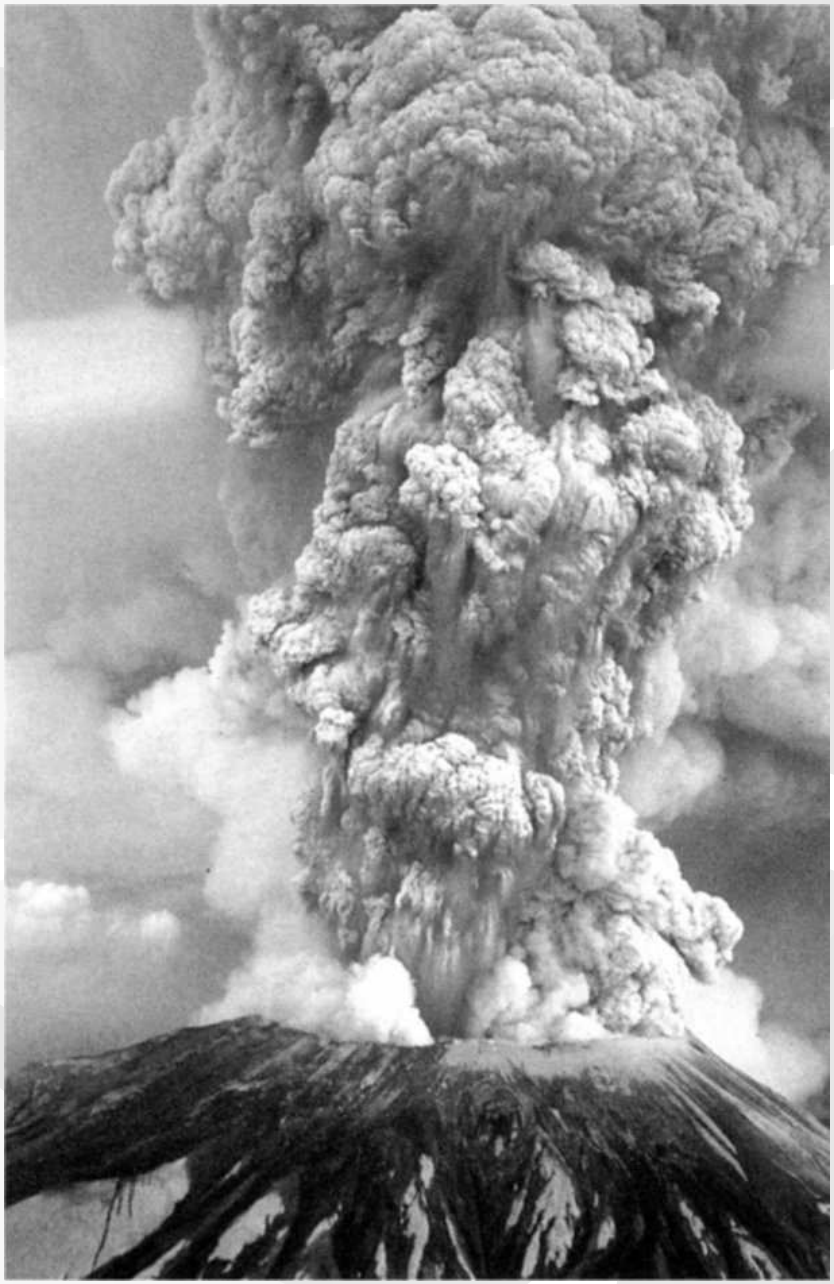


Nebezpečné geologické procesy

Geologické procesy, které označujeme jako „nebezpečné“, probíhaly na Zemi po celou dobu jejího vývoje.

Geologické procesy, které ovlivňují lidský život, mohou být

- **nenápadné ale také výrazné**
- **užitečné ale také zhoubné**

Geologická nebezpečí

Geologická nebezpečí

- **zemětřesení**
- **vulkanické erupce**
- **záplavy**
- **sesuvy**

(patří mezi přírodní nebezpečí spolu s nálety sarančat, ohni, tornády)

Technologická nebezpečí – radon, azbestová vlákna, rtuť, uhelný prach (člověkem vybudované prostředí)

Antropogenní nebezpečí – kyselé deště, kontaminace povrchových a podzemních vod, ochuzení ozonové vrstvy (probíhá v přírodním prostředí, způsobeno člověkem)

Doba účinku

- **Krátkodobá – zemětřesení, tornáda (vteřiny)**
- **Dlouhodobá – sucha (až desetiletí)**

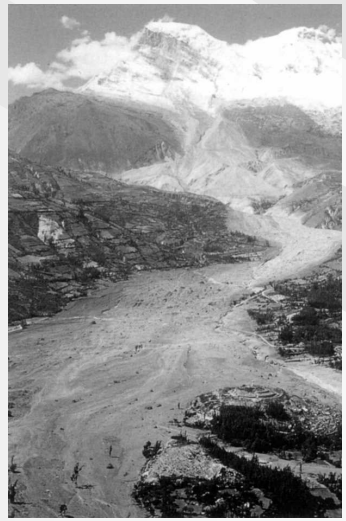
Dopady

- **primární: pochází od samotné události (záplavy, cyklony, zemětřesení)**
- **sekundární: pochází z nebezpečných procesů, které jsou spojeny s hlavní událostí, ale nejsou jí přímo způsobeny (hořící les zapálený lávovým proudem, požáry domů způsobené hořícím plynem z plynového vedení rozrušeného zemětřesením)**
- **terciární: dlouhodobé efekty (ztráta divoké zvěře nebo změna koryt řek v důsledku záplav, změna topografie a reliéfu v důsledku zemětřesení)**

Zranitelnost a citlivost

- **v průběhu posledních 20 let - 3 miliony životů, 800 milionů ztratilo majetek**
- **v průběhu 90. let – desetitisíce sesuvů a zemětřesení,**
- **fyzické škody 40 miliard USD/rok**
- **vichřice, záplavy a zemětřesení 18,8 milionu USD/den**

Zranitelnost – zahrnuje nejen fyzikální působení přírodního nebezpečí, ale také postavení lidí a majetku v oblasti (hustota osídlení, vědecké poznání oblasti, vzdělanost v oblasti a vědomí nebezpečí, existence varovného systému, vybavení a dostupnost rychlé pomoci …)



Josef Zeman

Odhad nebezpečí a rizik

Často zaměňovány, nejsou však stejné

Odhad nebezpečí

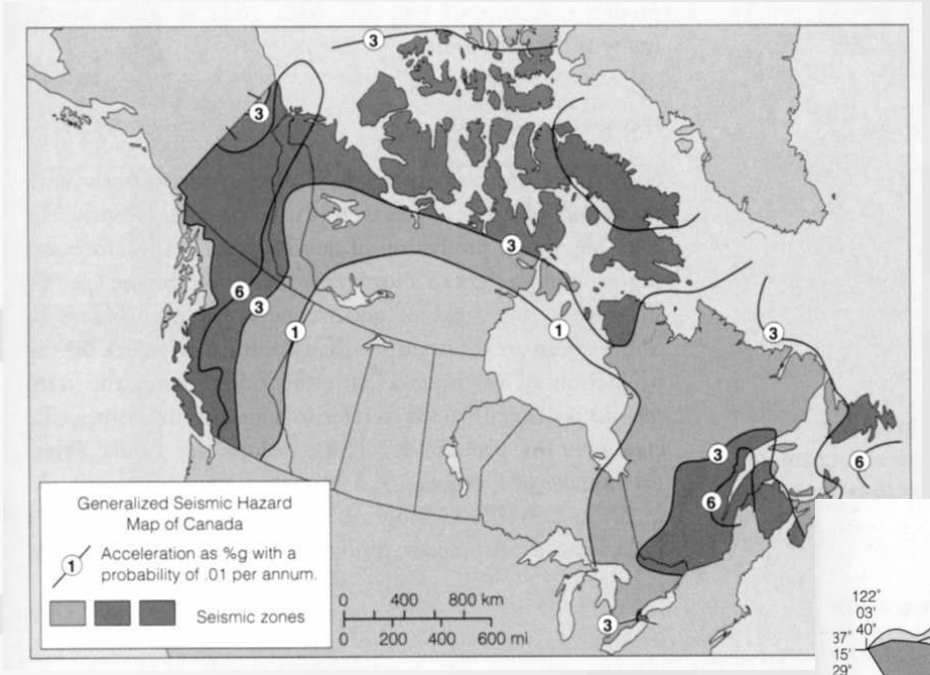
Ptáme se: „Jak často očekáváme, že se nebezpečná událost vyskytne?“
„Pokud se vyskytne, jaké bude mít pravděpodobné působení?“

Posouzení nebezpečí zahrnuje:

- **kdy a kde se v minulosti nebezpečné události vyskytly**
- **určení vážnosti fyzikálních důsledků minulých událostí podle jejich síly**
- **určení očekávané frekvence událostí, které budou mít vážné fyzikální důsledky**
- **určení, jak by vypadala určitá událost, kdyby se vyskytla nyní v podobě účinků, které by způsobila**
- **prezentace všech těchto informací v podobě, ve které může být použita při plánování a rozhodování**

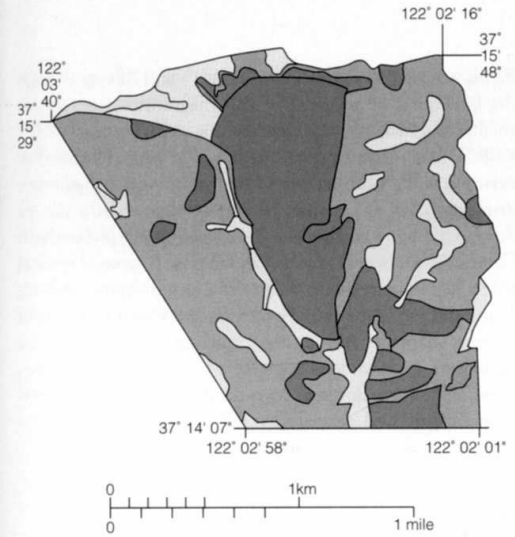
Odhad nebezpečí a rizik

Výstupy: Mapy, tabulky.



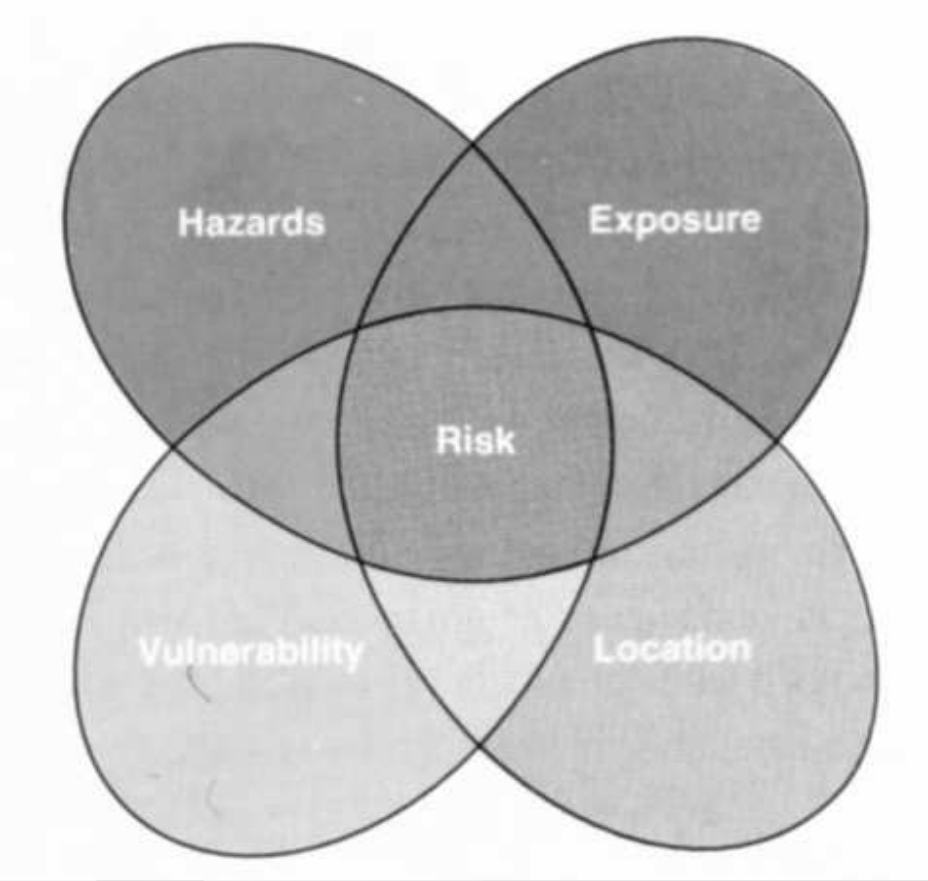
Mapa pravděpodobnosti zemětřesení pro Kanadu. Jasně jsou identifikovány oblasti s nejvyšší pravbděpdobností pohybu hornin.

Mapa citlivosti území na svahové sesuvy a doporučení pro využití území pro Congress Springs oblast u San Francisca.



Relative stability	Map area	Geologic conditions	Recommended land use		
			Houses	Roads	
				Public	Private
Most stable		Flat to gentle slopes; subject to local shallow sliding, soil creep, and settlement	Yes	Yes	Yes
		Gentle to moderately steep slopes in older stabilized landslide debris; subject to settlement, soil creep, and shallow and deep landsliding	Yes	Yes	Yes
		Steep to very steep slopes; subject to mass-wasting by soil creep, slumping and rock fall	Yes	Yes	Yes
		Gentle to very steep slopes in unstable material subject to sliding, slumping and soil creep	No	No	No
		Moving shallow (>10 ft) landslide	No	No	No
Least stable		Moving, deep landslide, subject to rapid failure	No	No	No

Odhad rizik (riziková analýza)



Riziko je vyjádření ekonomických ztrát, zranění a smrti, ztráta fungování veřejných služeb, které očekáváme při výskytu určité události. Začíná posouzením pravděpodobnosti, že určitá nebezpečná událost dané síly nastane v průběhu určitého časového období. Poté zahrnuje posouzení dalších faktorů:

- **polohu budov, zařízení a záchranných systémů**
- **potenciální expozici danou událostí**
- **citlivost společnosti na dané působení**

Riziková analýza tedy bere v úvahu kromě vědeckých faktorů také sociální a ekonomické podmínky.

Často se vyjadřuje v podobě pravděpodobnosti. Vykouření 1,4 cigarety, vypití 0,5 litru vína, jeden rtg snímek hrudníku nebo vystavení se účinkům zemětřesení pobytem po 7 měsíců v jižní Kalifornii představuje stejné riziko: přibližně $1:10^6$ (v milionové populaci se zvýší počet úmrtí o 1). Alternativně je možné riziko vyjádřit v podobě škody v penězích.

Předvídání a výstraha

Předvídání je vyjádření pravděpodobnosti, že událost nastane. Vyžaduje kontinuální monitorování geologických procesů. Soustředí se obvykle na anomálie, které mohou předcházet (prekurzory – malé fyzikální změny, které vedou ke katastrofickým událostem).

Předpověď obvykle zahrnuje krátkodobé předvídání určité události o určité síle.

Výstraha je příprava obyvatel na nebezpečnou událost, aby se s ní dokázali vyrovnat. Dá se charakterizovat jako„veřejné vyhlášení výjimečného stavu, kdy by měl být normální běh života po určitou dobu změněn tak, aby bylo možné nebezpečnou událost zvládnout“.

Role geologů

Některé události nelze ovlivnit – impaktu meteoritu nelze zabránit a jen velmi těžko jej lze předvídat. Je však celá řada nebezpečí, na která se lze připravit . Mnoho z těchto opatření leží mino vědecký rámec (ekonomická, právní, politická opatření). Lidé, kteří jsou vystaveni riziku mohou zaujmout odmítavý postoj, mohou riziko přijmout nebo mohou podlehnout panice.

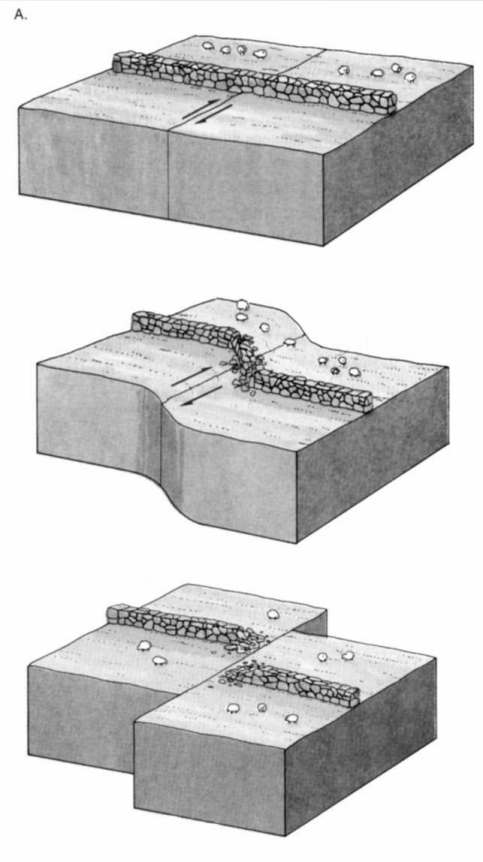
Pro osoby, které jsou zodpovědné za rozhodování, je velmi důležité znát geologická rizika. Existuje však celá řada překážek v komunikaci a rozdílné priority:

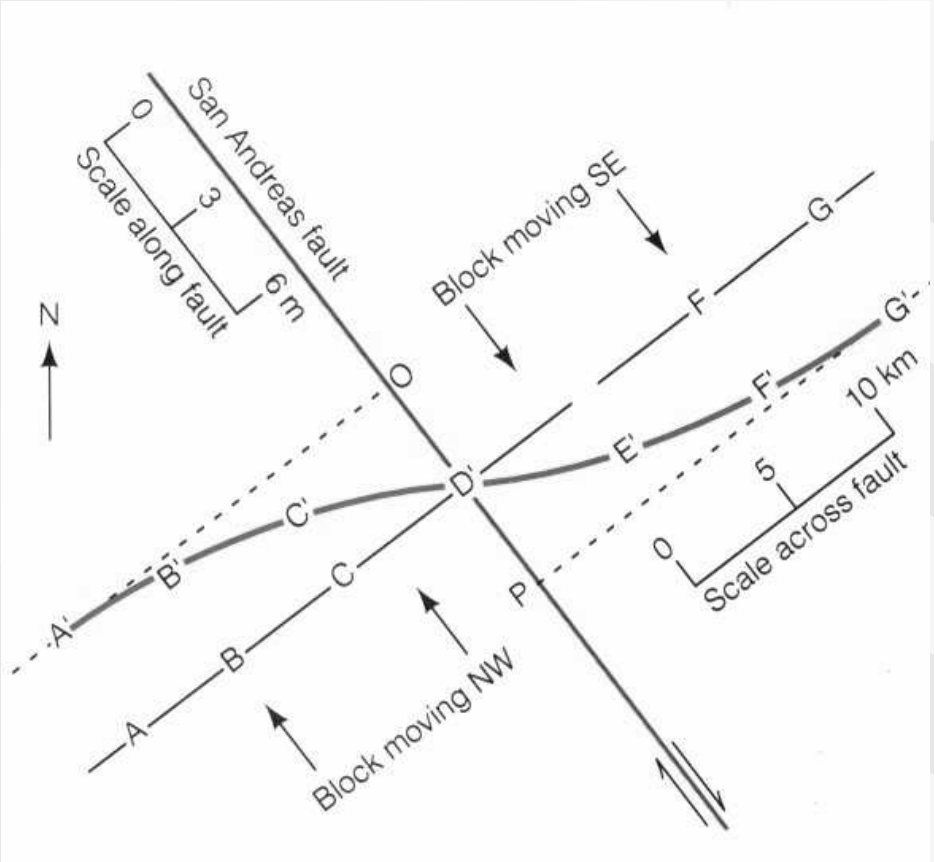
badatelé	**politici**
pozorování a pochopení	**socioekonomické důsledky**
vědecké články se zvláštní terminologií	**nejsou cvičeni na zvládnutí nebezpečí**

Jednotlivé nebezpečné události

Zemětřesení

Mechanismus – teorie elastického odskočení (křehkost × elasticita





Zemětřesení

Kontinuální posun podél San Andreaské poruchy (Carrizo Plains). Protože se posun pomalý a spojitý, zůstávají obě části toku v kontaktu, propojení se udržuje podél poruchy.

Pomeranšovníková plantáž v jižní Kalifornii. Stromy v pozadí se pohybují podél poruchy San Andreas zleva doprava.

Zemětřesení

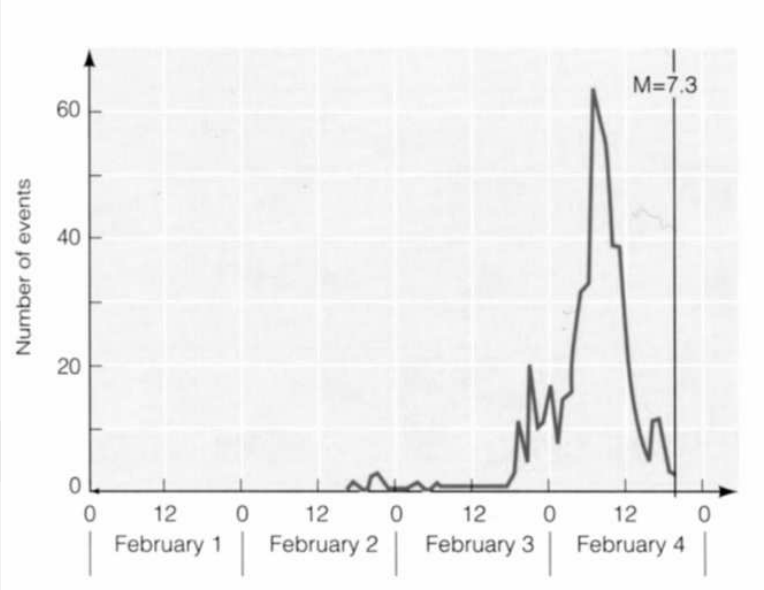
Účinky

Richterova škála	počet/rok	charakter účinků
< 3,4	800 000	zaznamená jen seismograf
3,5–4,2	30 000	někteří lidé uvnitř
4,3–4,8	4 800	mnoho lidí, chvěje se sklo
4,9–5,4	1 400	zaznamená každý, nádobí padá
5,5–6,1	500	malé poškození budov, padají cihly a omítka
6,2–6,9	100	poškození budov, padají komíny
7,0–7,3	15	vážné škody, mosty a části budov padají
7,4–7,9	4	většina budov spadne
> 8,0	1×5–10 let	totální zničení

Předvídání

Prekurzory:

- malé otřesy,
- neklid zvířat

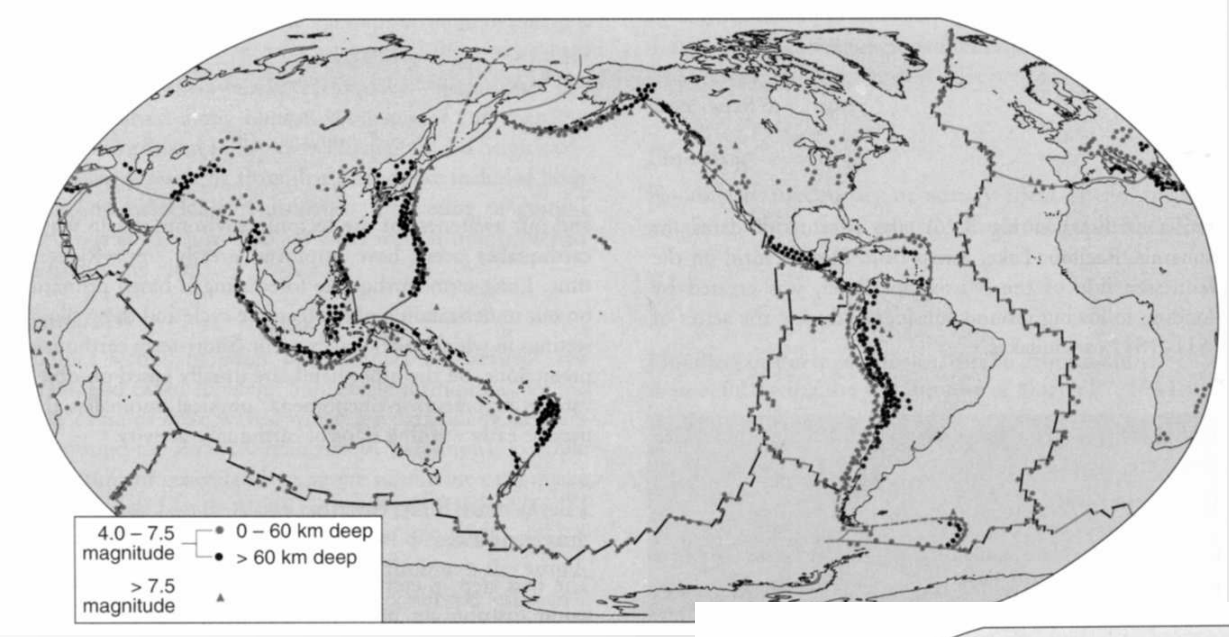


Malé otřesy, které předcházely zemětřesení u Haichengu v Číně v roce 1975

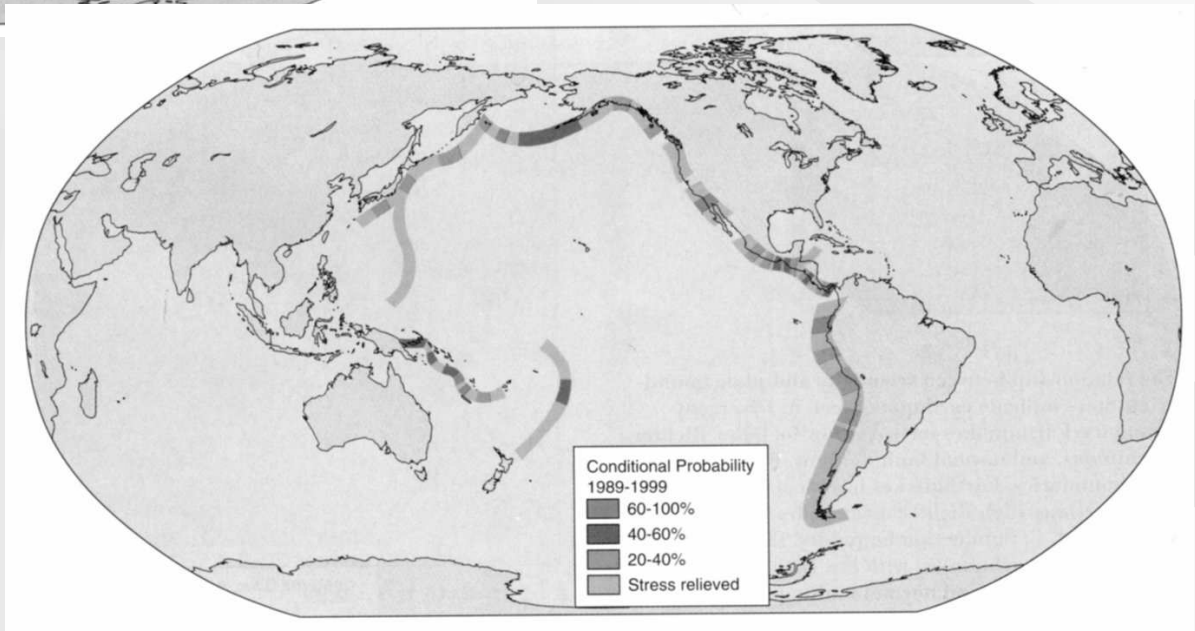
Přehled největších zemětřesení

Místo	rok	Odhad obětí
Sicílie, Turecko	1268	60 000
Chichli, Čína	1290	100 000
Neapol, Itálie	1456	60 000
Shaanxi, Čína	1556	830 000
Shemaka, Rusko	1667	80 000
Neapol, Itálie	1693	93 000
Katalánie, Itálie	1693	60 000
Beijing, Čína	1731	100 000
Kalkata, Indie	1737	300 000
Lisabon, Port.	1755	60 000
Kalábrie, Itálie	1783	50 000
Messina, Itálie	1908	160 000
Gansu, Čína	1920	180 000
Tokyo, Jokohama	1923	143 000
Gansu, Čína	1932	70 000
Quetta, Pakistán	1935	60 000
T´ang Shan, Čína	1976	240 000
Iran	1990	52 000

Zemětřesení



Současná seismicita



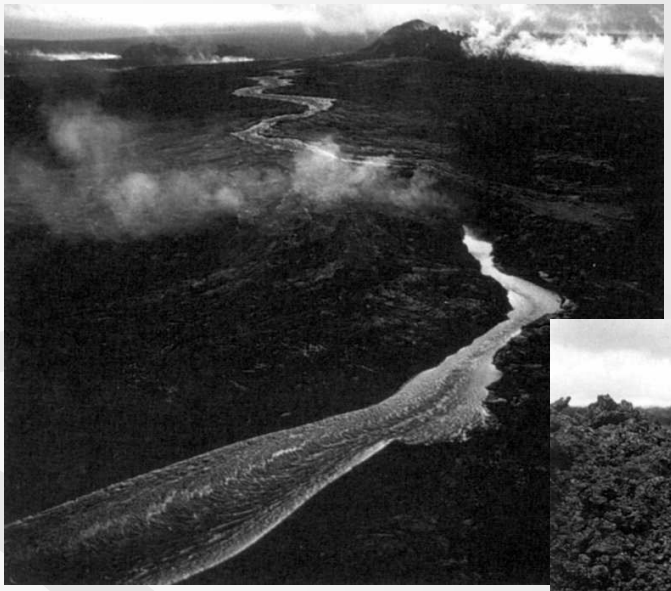
Pravděpodobnost dalších zemětřesení v průběhu 10ti let

Vulkanické erupce

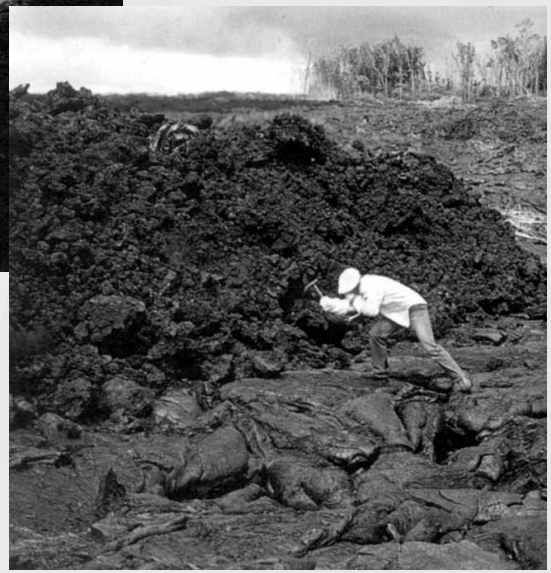
Erupce

Neexplosivní
Explosivní

- **tephra, pyroklastika**
- **erupční sloupy a spad tephry**
- **pyroklastické proudy**
- **laterální výbuchy**



Tok nízce viskozní lávy (Hawaii 1983, 1 100°C).



Primární účinky

- **lávové proudy**
- **pyroklastika**
- **emise jedovatých plynů**

Sekundární účinky

- **bahnotoky a suťové laviny**
- **záplavy (Island)**
- **tsunami**
- **vulkanické otřesy a zemětřesení**
- **změny v atmosféře**

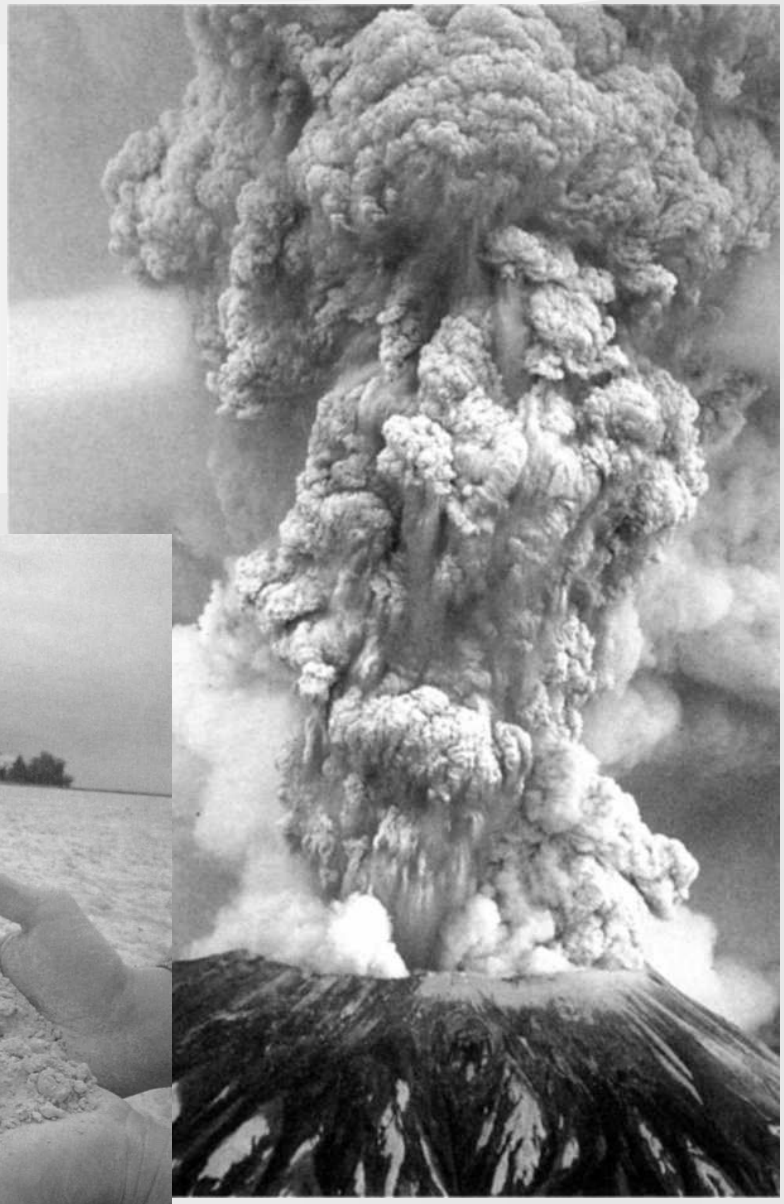
Pozitivní účinky

- **formování atmosféry (komunikace plášť, kůra a atmosféra)**
- **živinami bohatá půda**
- **teplo**

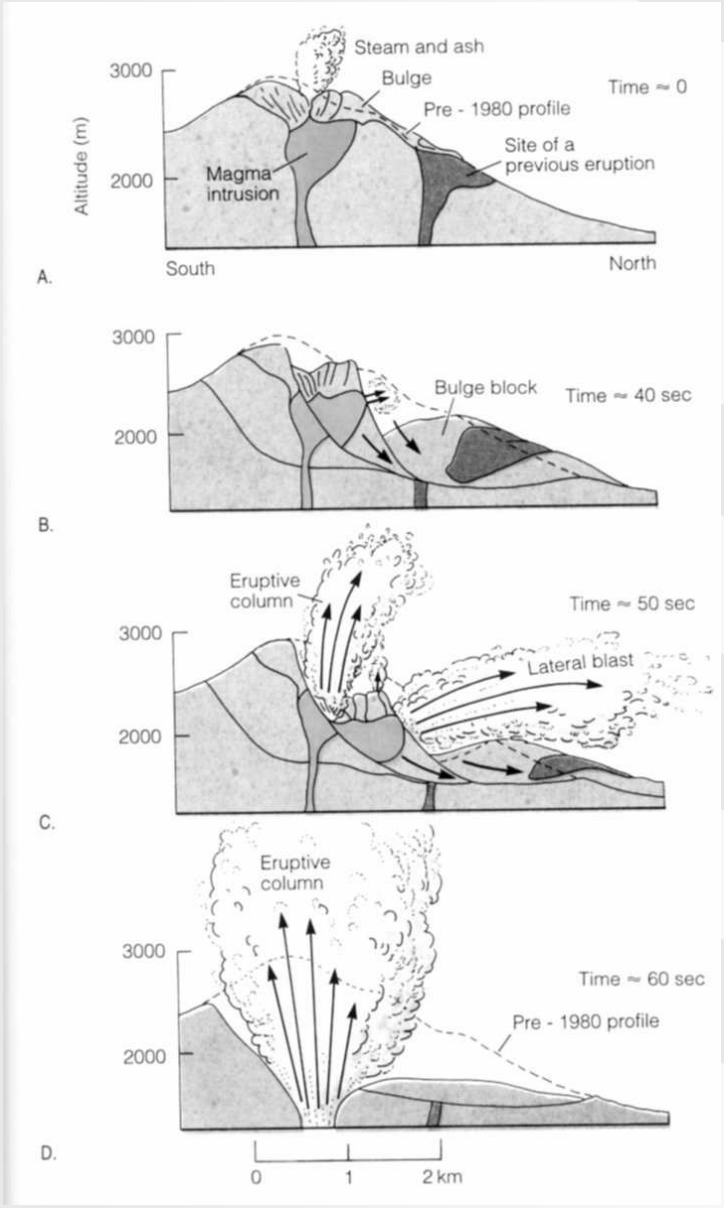
Tok lávy je určen viskozitou. Ve spodní části je *pahoehoe* vzniklá z lávy nízko viskozní (Kilauea 1959), nahoře je *aa* vzniklá z vysoce viskotzní lávy (1989).

Vulkanické erupce

St. Helen, květen 1980

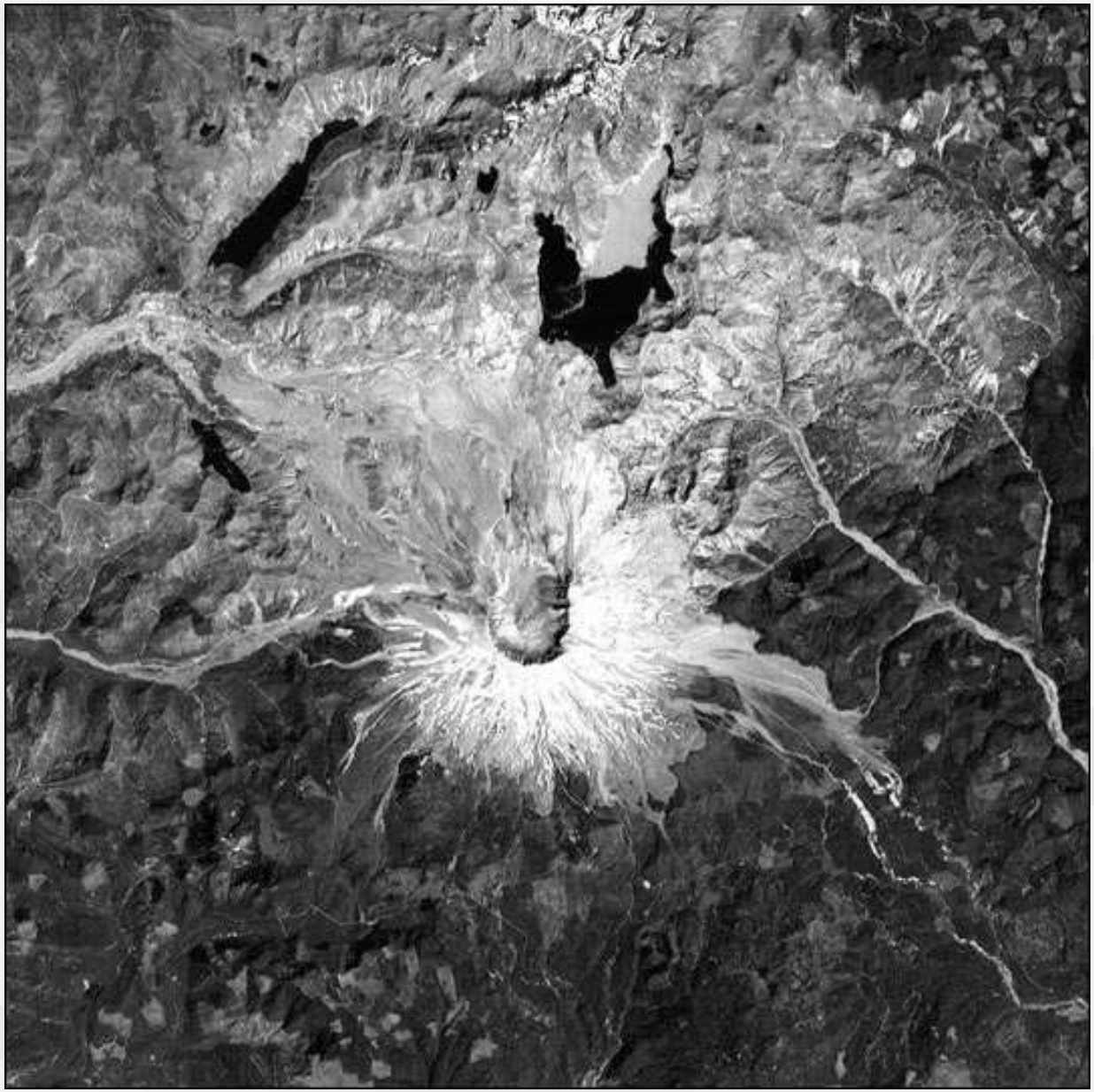


Tephra v Oregonu



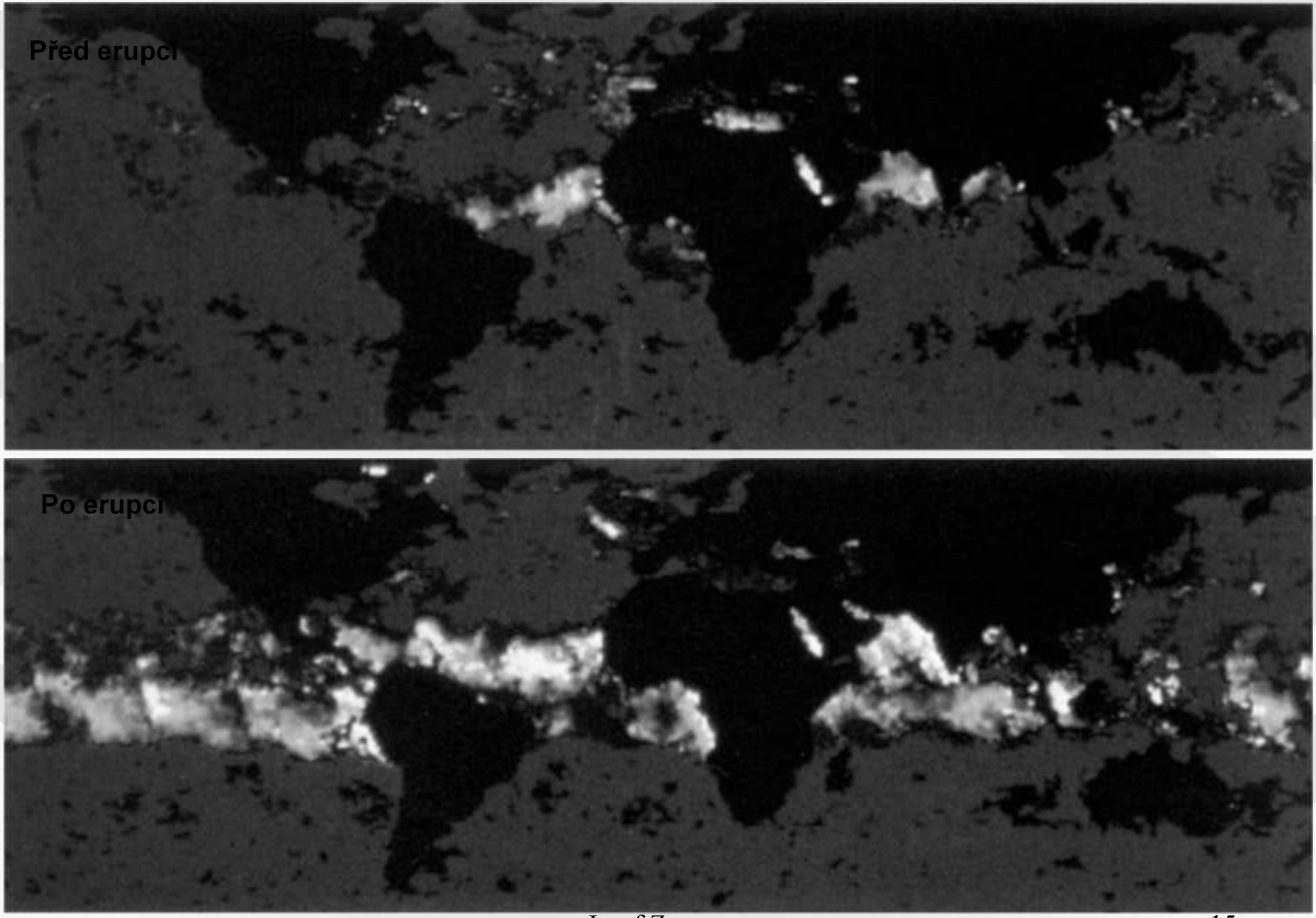
Vulkanické erupce

St. Helen, květen 1980

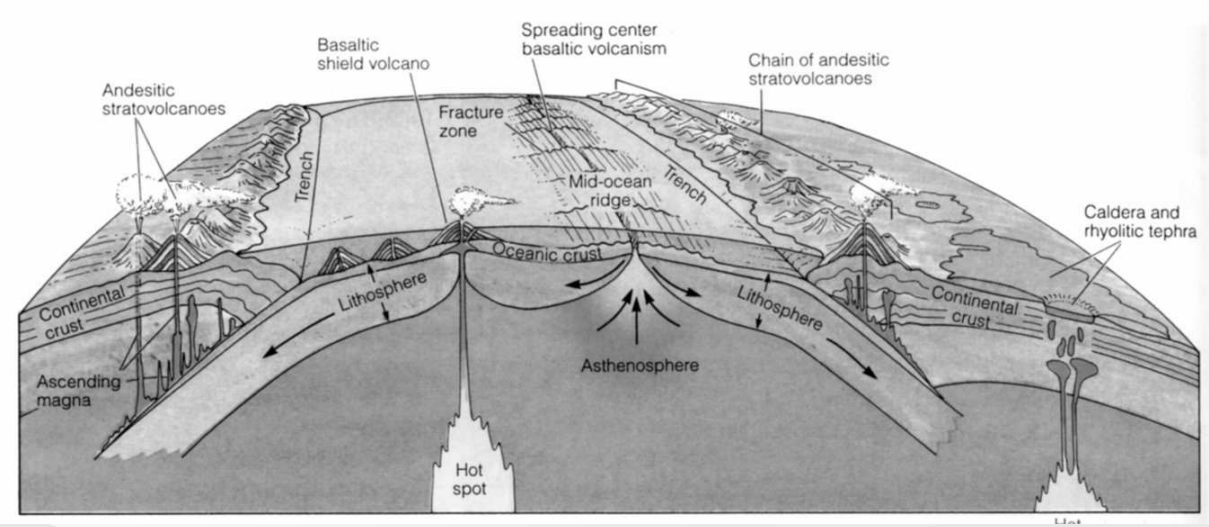


Mt. Pinatubo, Filipíny
červen 1991

Vulkanické erupce

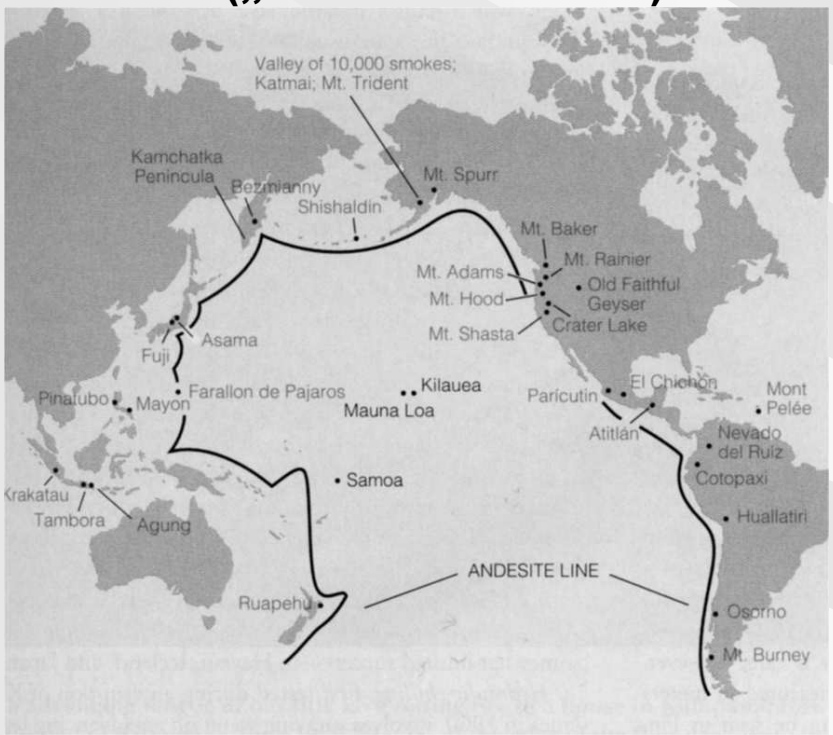


Vulkanické erupce

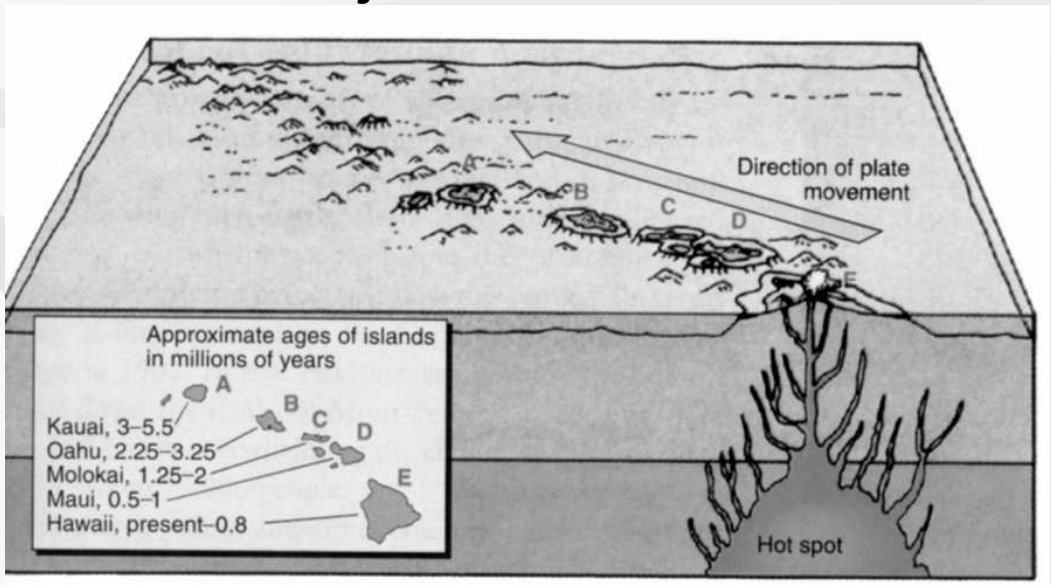


Vulkanická činnost je vázána na procesy deskové tektoniky

Andesitické stratovulkány mapují subdukční zóny („andesitická linie)



„Hot spot“ Hawaii minimálně 70 milionů let na jednom místě



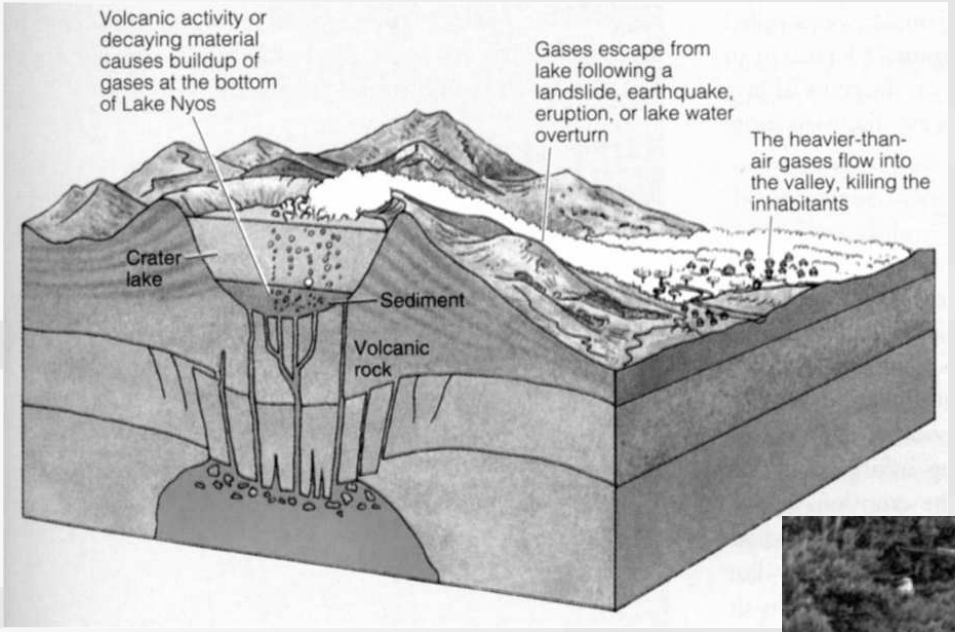
Vulkanické erupce

Pompeje, Itálie, erupce Vesuvu 79 n. l. Lidé otráveni jedovatými plyny, pak zasypáni pyroklastickým materiálem

IR snímek Vesuvu a Neapolské zátoky. Červená – málo zvětralé horniny (posledních 300 let), žlutá a oranžová – erupce 79 n. l.

Vulkanické erupce

Lake Monoun a Lake Nyos, Kamerun – smrtelný CO_2
1984 – otráveno 37 lidí
1986 – otráveno více než 1 700 lidí



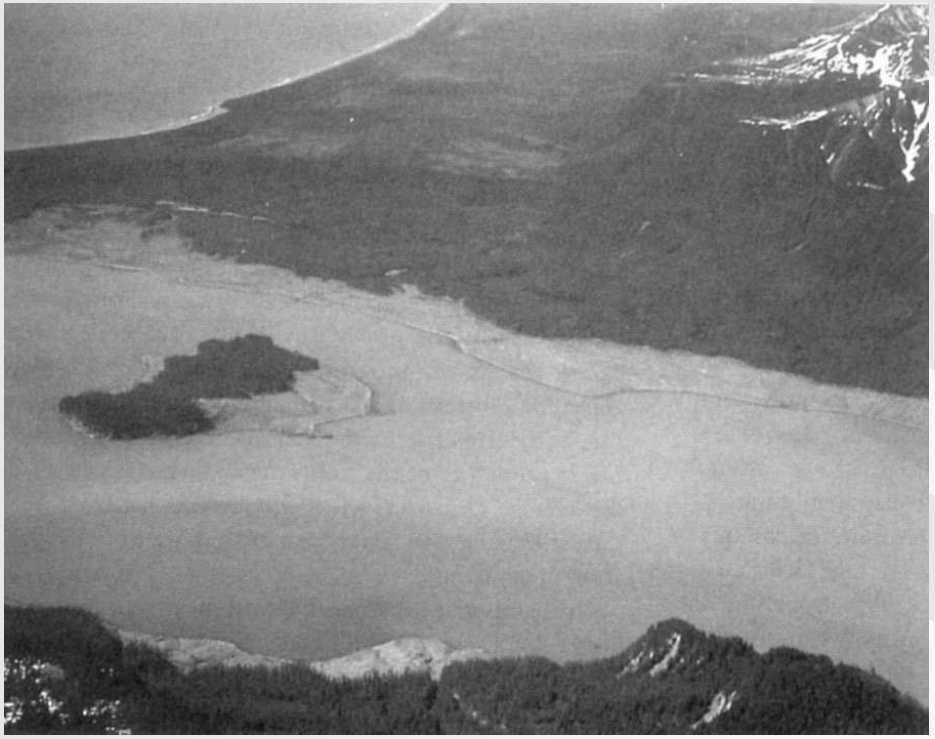
Tsunami

Velmi dlouhé oceánské vlny generované zemětřesením v blízkosti pobřeží (často označované jako „přílivové vlny“ – nemají s přílivem souvislost).

Normální oceánské vlny mají průměrnou délku 100 m, u tsunami může přesahovat 200 km. Rychlost: normální vlny kolem 90 km/h, tsunami až 950 km/h. U pobřeží se výrazně zpomalují: na oceánu zřídka převyšuje amplituda 1 m, u pobřeží rostou na 5 až 10 m (výjimečně až 40 m). Dlouhé trvání a dlouhé intervaly mezi maximy (dlouhá vlnová délka).

V poslední století 94 destruktivních tsunami (51 000 mrtvých)

Aljaška 1958, způsobeno lavinou odstartovanou zemětřesením (60 m vysoká vlna)



Sesuvy

- **Sesuvy svahů**
- **Poklesy (zahrnují rotaci)**
- **Spadání**
- **Skluzy (zahrnují translaci)**

Toky

- **Bahnotoky (vodou nasycený sediment), soliflukce**
- **Granulární toky (směs sedimentu, vzduchu, vody – nenasycený vodou), creep (plazení)**

- **Podmořské sesuvy – turbiditní proudy**

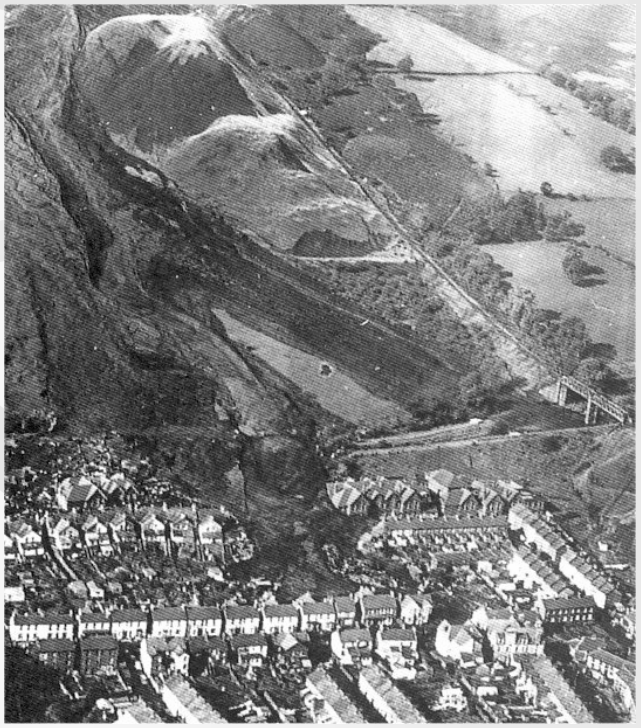
„Horninový ledovec“ – Wrangell Mts., Aljaška

Soliflukce – Orgiére Valley, Italské Alpy

Sesuvy

Události

Místo	rok	objem (mil. m^3)	vertikální posun (m)	horizontální posun (km)	rychlost (km/h)
Huascarán, Peru	1971	10	4000	14,5	400
Ledovec Sherman, Aljaška	1964	30	600	5,0	185
Mount Rainier, Washington	1963	11	1890	6,9	150
Madison, Wyoming	1959	30	400	1,6	175
Elm, Švýcarsko	1881	10	560	2,0	160
Ledovec Clacier, Itálie	1717	20	1860	7,2	> 125



Sesup haldy č. 7 u Aberfanu ve Walesu v říjnu 1966

Mt. Huascarán, Peru – sesuv vyvolán zemětřesením v květnu 1970, zbytky vesnice Yungay vpravo dole

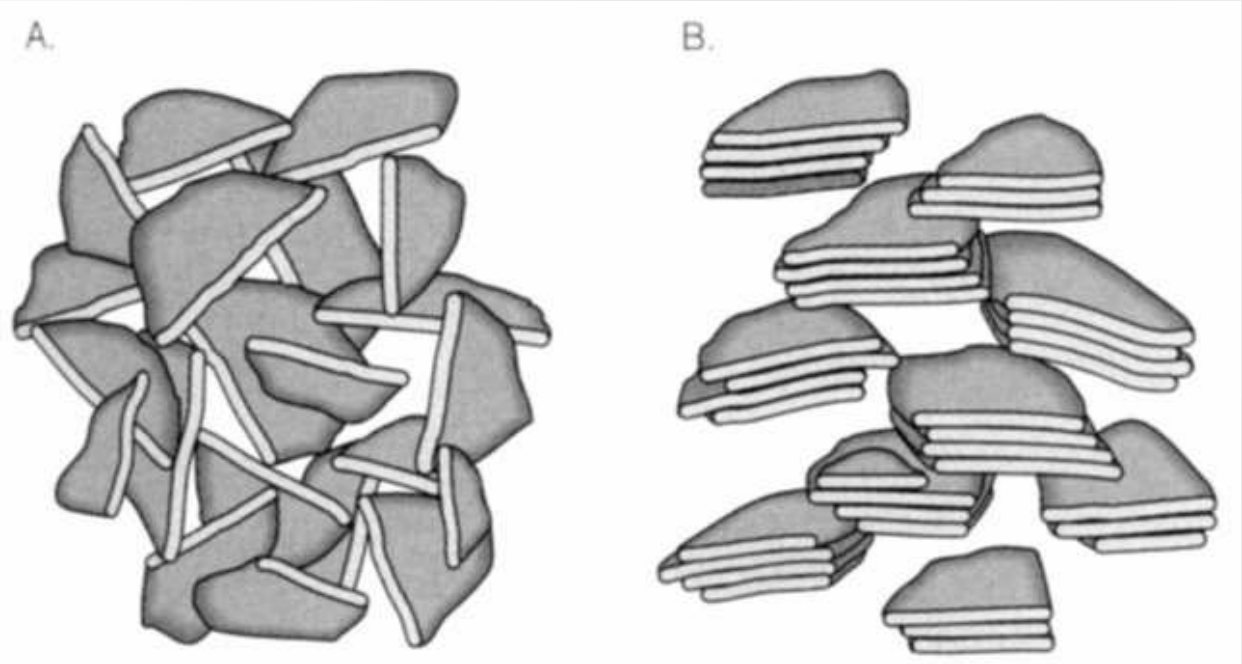
Sesuvy

Faktory - sklon svahu

- vrstevný orientovaný tlak
- vrstevná soudržnost
- bezpečnostní faktor
- voda – povrchové napětí

Problematické materiály

- Přidávání vody: suchá půda se stane plastickou, při ztrátě vzájemného kontaktu zrn zkapalnění (limit zkapalnění)



Expanzivní a hydrokompaktující půdy

- Obsah smektitů – voda výrazně snižuje vrstevnou soudržnost

Citlivé půdy

V některých půdách jsou jílové minerály uspořádány v podobě pórovité struktury „domečku z karet“. Stabilizace je zajištěna rozpuštěnými solemi. Zředění způsobí jejich destabilizaci a rychlou ztrátu soudržnosti („zkapalnění“, „rychlé jíly“). Některé z jílů jsou schopny obnovit svoji původní strukturu – tixotropní jíly (Rissa, Norsko – jíly uložené v mělkém oceánu a okraji ledovce; pohyb 20 km/h).

Poklesy

- V zásadě vertikální pohyb, nevyžaduje transport materiálu.
- Krasové oblasti (rozpouštění vápenců), závrty. Podporováno snižováním hladiny podzemní vody.
- Důsledek důlní činnosti: sůl, ropa, uhlí, plyn.
- Čerpání vody.
- Zatížení: Zvláště na málo zpevněných sedimentech.

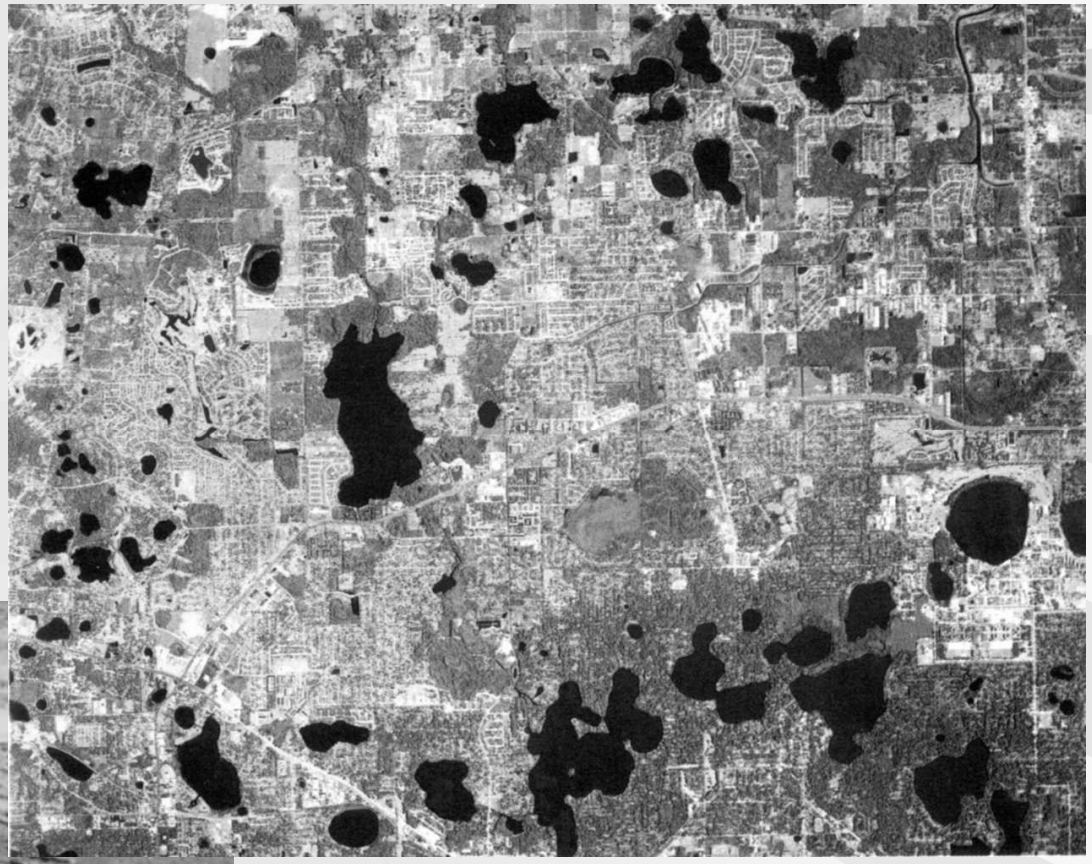
Pokles ve Winter Park, Orlando, Florida , květen 1981. V průběhu 20 hodin narostl do 100 m šířky

Roswell, New Mexico, kras.

Poklesy

Místo	Maximální pokles (m)	Ovlivněné území (km^2)
Pobřežní		
Londýn	0,30	295
Benátky	0,22	150
Shanghai	2,63	121
Tokyo	4,50	3 000
Osaka	3,00	500
San Jose	3,90	800
Houston	2,70	12 100
Los Angeles	9,00	50
Vnitřní		
Mexico City	8,50	225
Denver	0,30	320
San Joaquin Valley	8,80	13 500

Winter Park, Florida



Poklesy v okolí opuštěného dolu u Sheridanu, Wyoming (těžba 1890–1920). Patrné jsou opěrné pilíře.

Záplavy

Příčiny

- **Srážky**
- **Pobřežní záplavy (tsunami, hurikány, příliv, lidská činnost)**
- **Protržení přehrad**

Vlivy

- **říční systém – přímá × meandrující koryta**

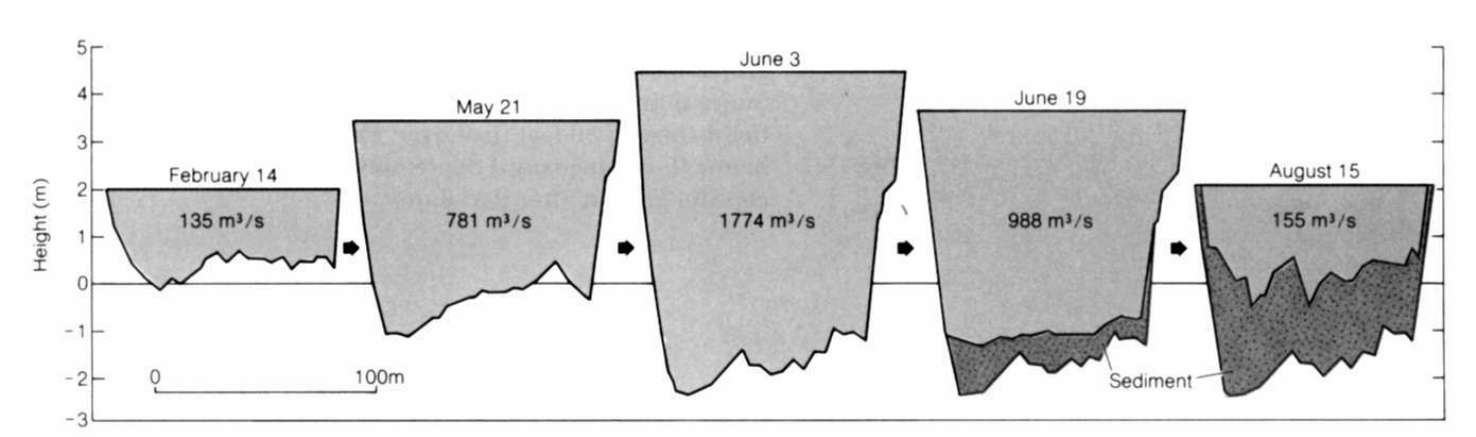
Záplavy na úpatí Himalájí, Brahmaputra, Bangladéš

Meandrující řeka u Phnom Penhu, Kambodža

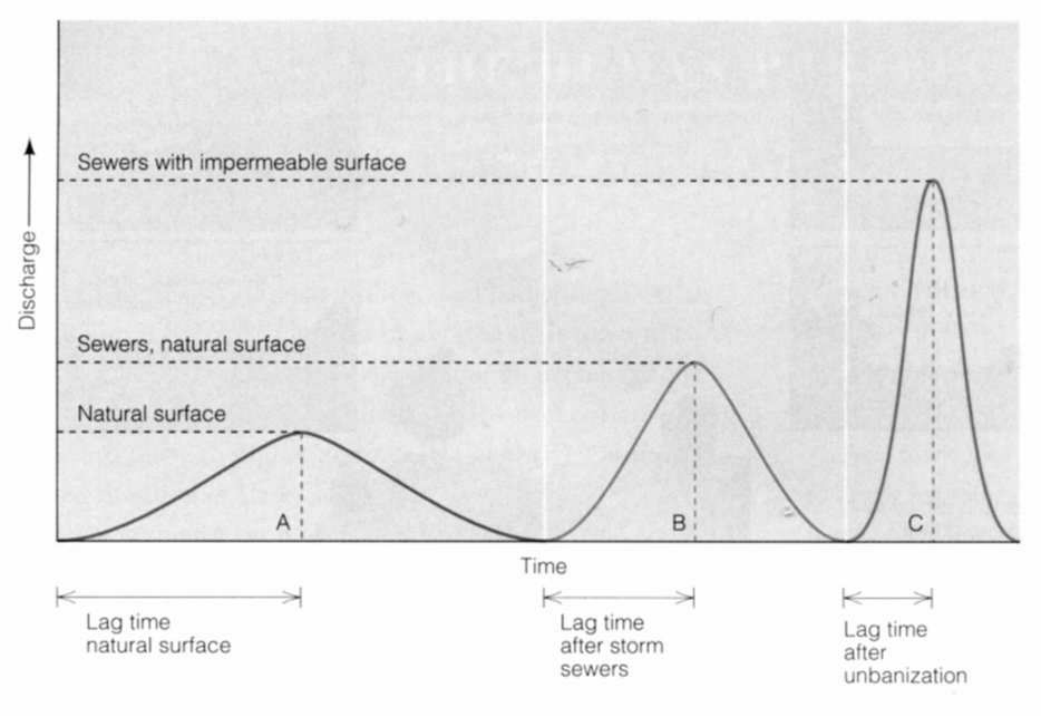
Záplavy

Průtok

Průtok (m^3/s) = průřez (m^2) × rychlost (m/s)



Změny průřezu na řece Coloradu u Less Ferry v průběhu 6 mesíců v roce 1956

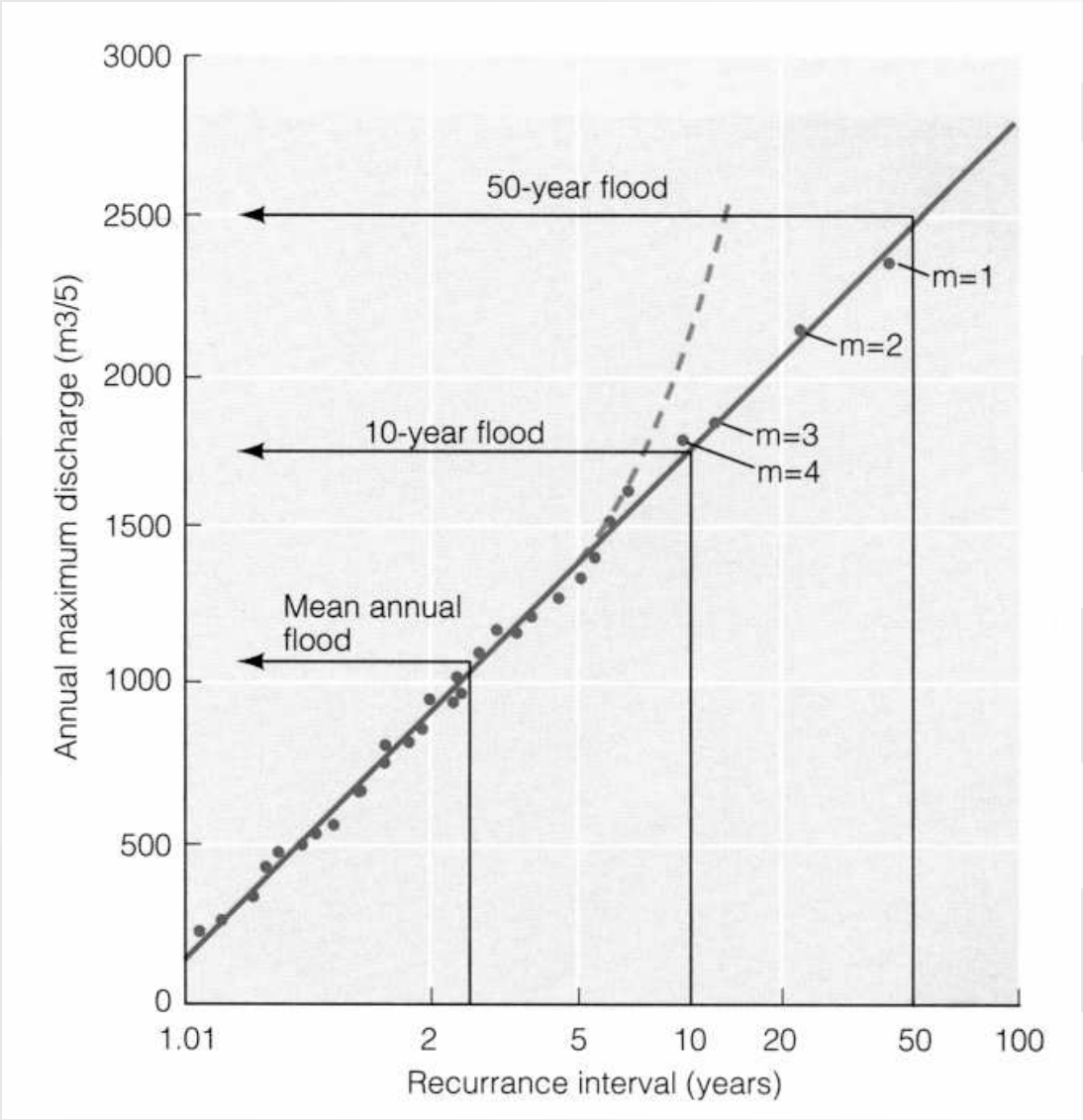


Průtokové hydrografy pro určitou událost v různých povodích: (A) přirozený povrch, (B) povrch s protipovodňovými kanály, (C) nepropustný povrch s protipovodňovými kanály

Záplavy

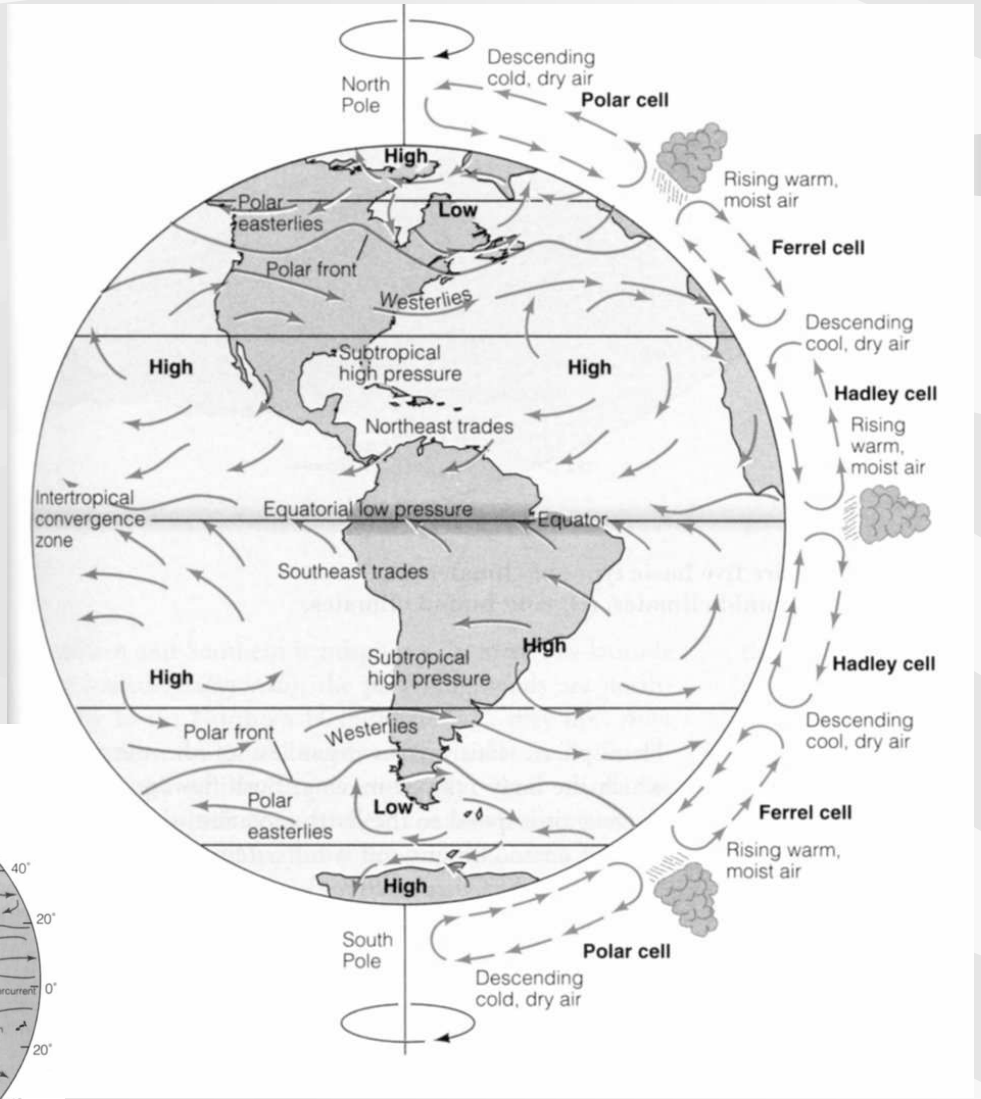
Předvídání frekvence záplav

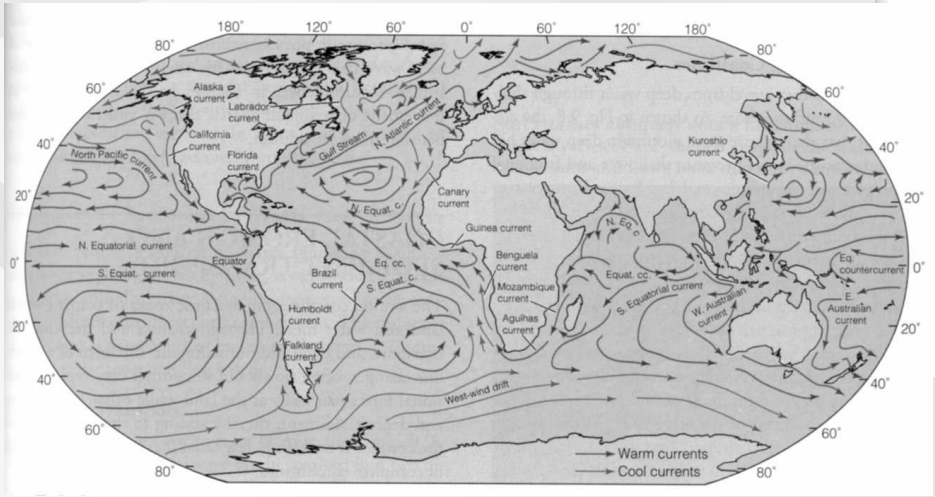
- **Je založena na statistickém zhodnocení průtoků v určitém místě. Každý rok je určen maximální průtok a ty jsou uspořádány sestupně (*m* = 1, 2, 3 …). Poslední má hodnotu *m* jako je počet hodnocených let *n* = *m***
- **Interval opakování: Weibullova rovnice *R* = *(n + 1) / m*, *R* je průměrný interval mezi dvěma záplavami dané velikosti.**
- **Pravděpodobnost výskytu v daném roce: *P* = *m / (n + 1)* (roční pravděpodobnost překročení průtoku).**



Nebezpečí spojená s oceány a počasím

- **Atmosféra: Proudění atmosféry („motýlový efekt“). Většina událostí v troposféře (10 km)**
- **Oceány: Příliv, eroze vlnami, posun pláží**

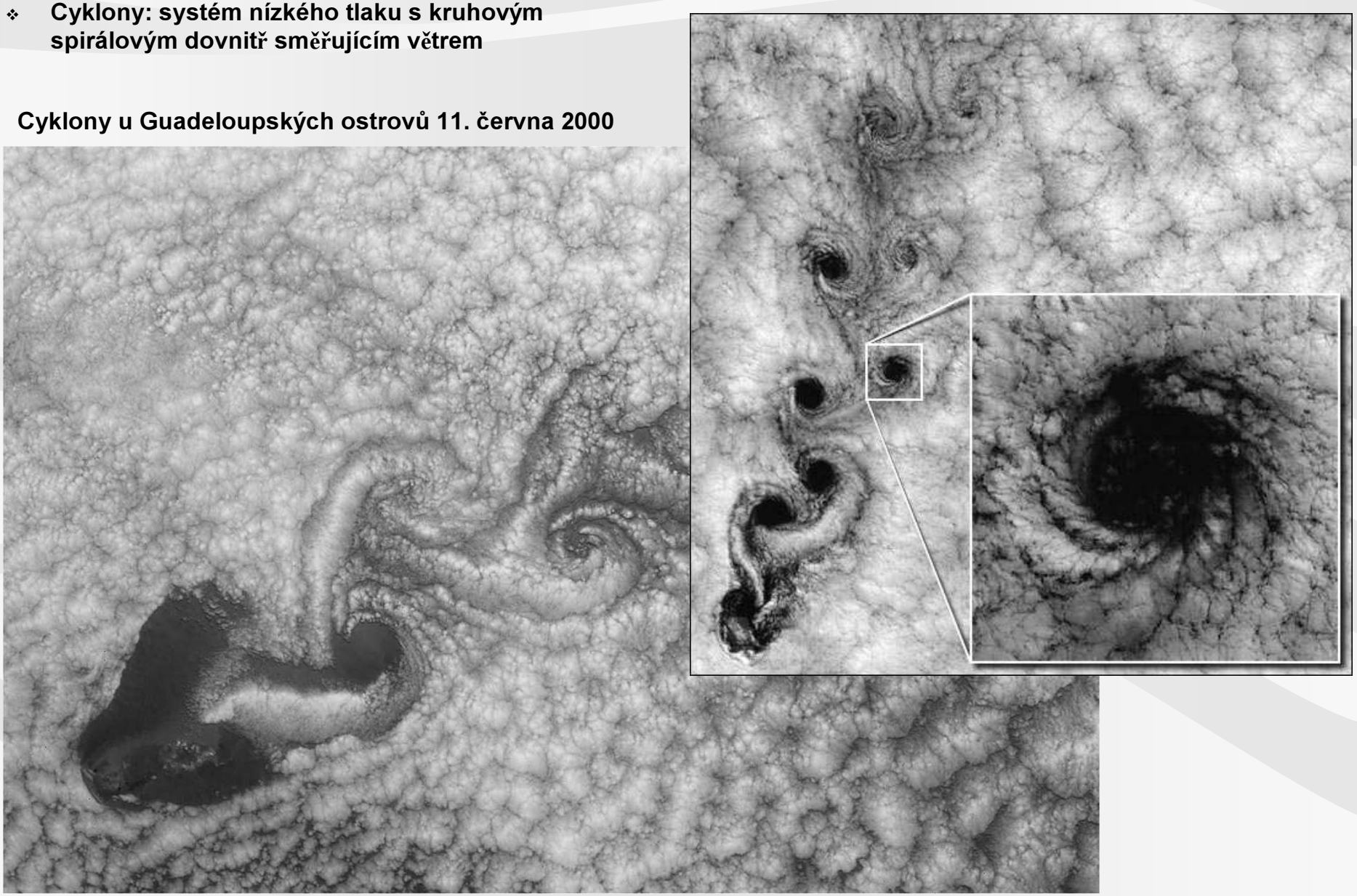




Nebezpečí spojená s oceány a počasím

- **Cyklony: systém nízkého tlaku s kruhovým spirálovým dovnitř směřujícím větrem**

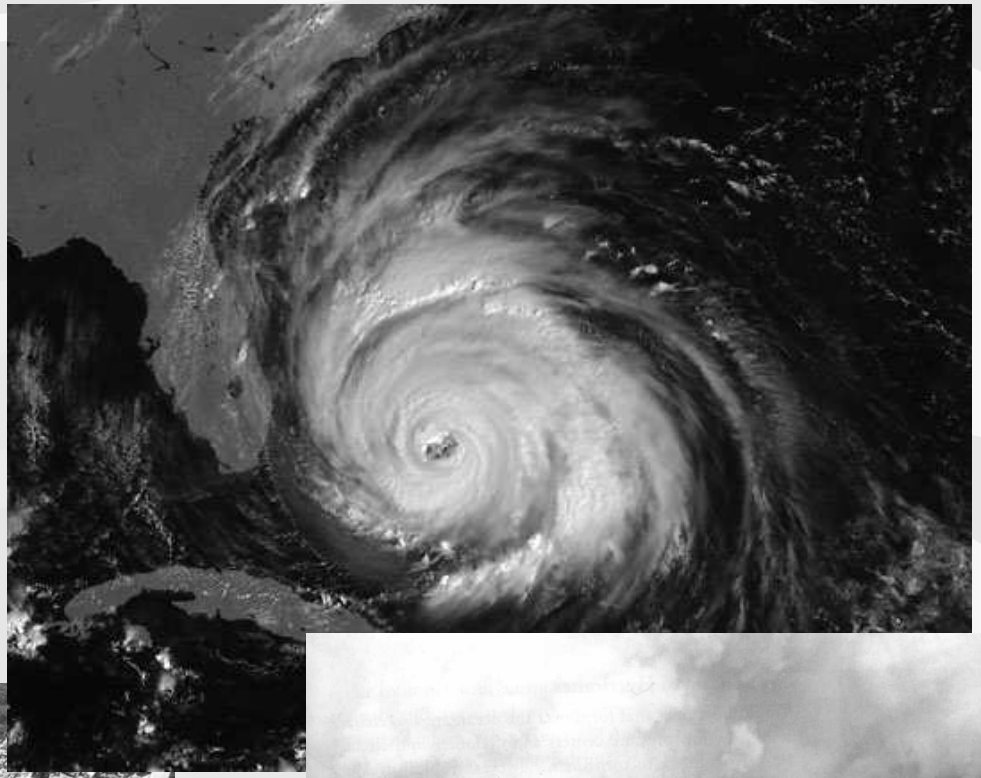
Cyklony u Guadeloupských ostrovů 11. června 2000



Nebezpečí spojená s oceány a počasím

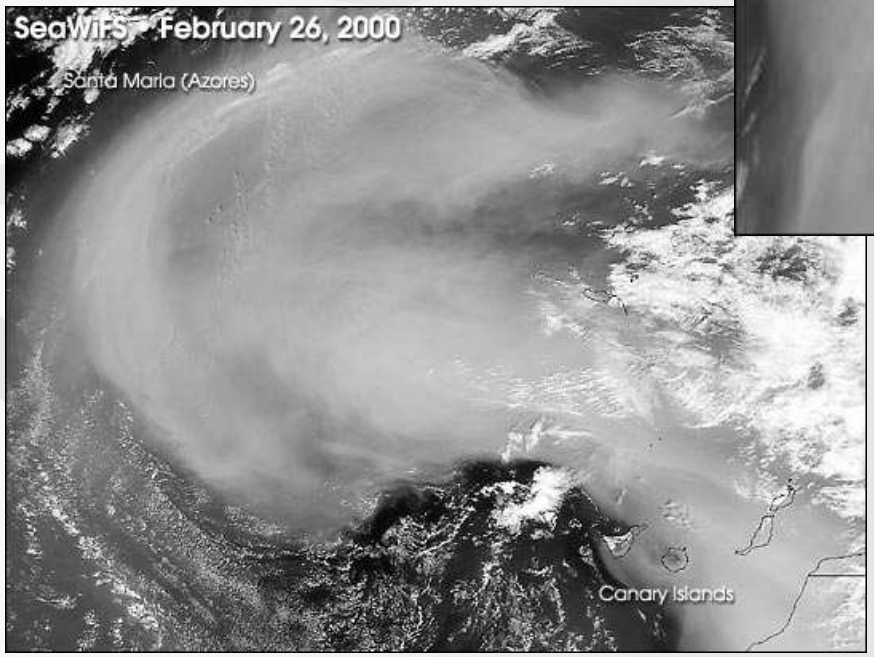
Výjimečné počasí

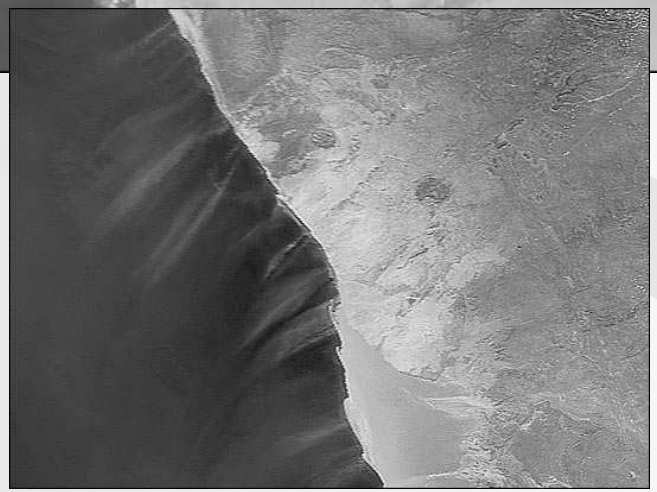
- Tornáda: krátkodobé události, 300–400 m široká s extrémní silou (zvednou 80 t vagon, ledničku dopraví do vzdálenosti 2 km, některé stojí na místě, jiné se pohybují 100 km/h. Vnější části se pohybují až 450 km/h (uvnitř jen 60 % normálního tlaku
- Tajfuny (západní Pacifik) a hurikány (Karibská oblast a Severní Amerika): stejná struktura jako tornádo, mnohem větší (až 600 km, tok energie v průběhu jednoho dne odpovídá 400 dvacetimegatunovým vodíkovým bombám).
- Sucha, písečné bouře, dezertifikace.



Nebezpečí spojená s oceány a počasím

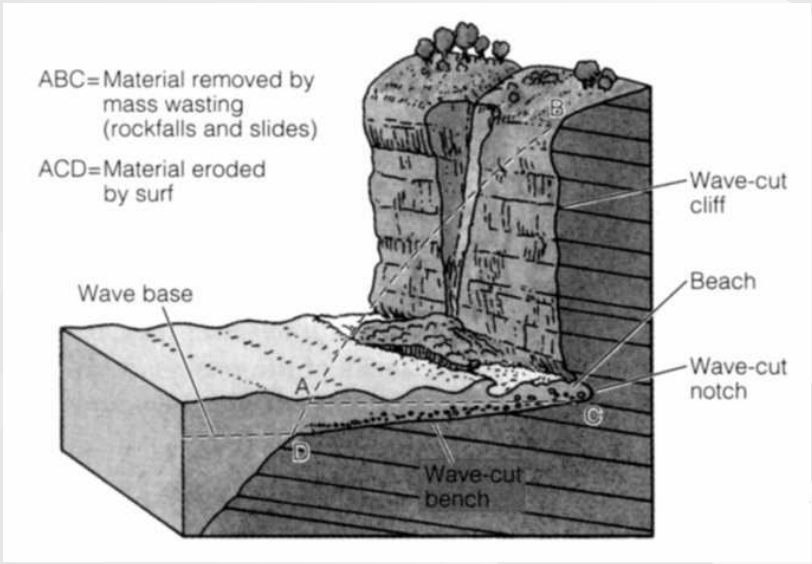
- **Sucha, písečné bouře, dezertifikace.**





Nebezpečí spojená s oceány a počasím

Eroze vyzvednutého pobřeží. Tongue Point Nový Zéland.



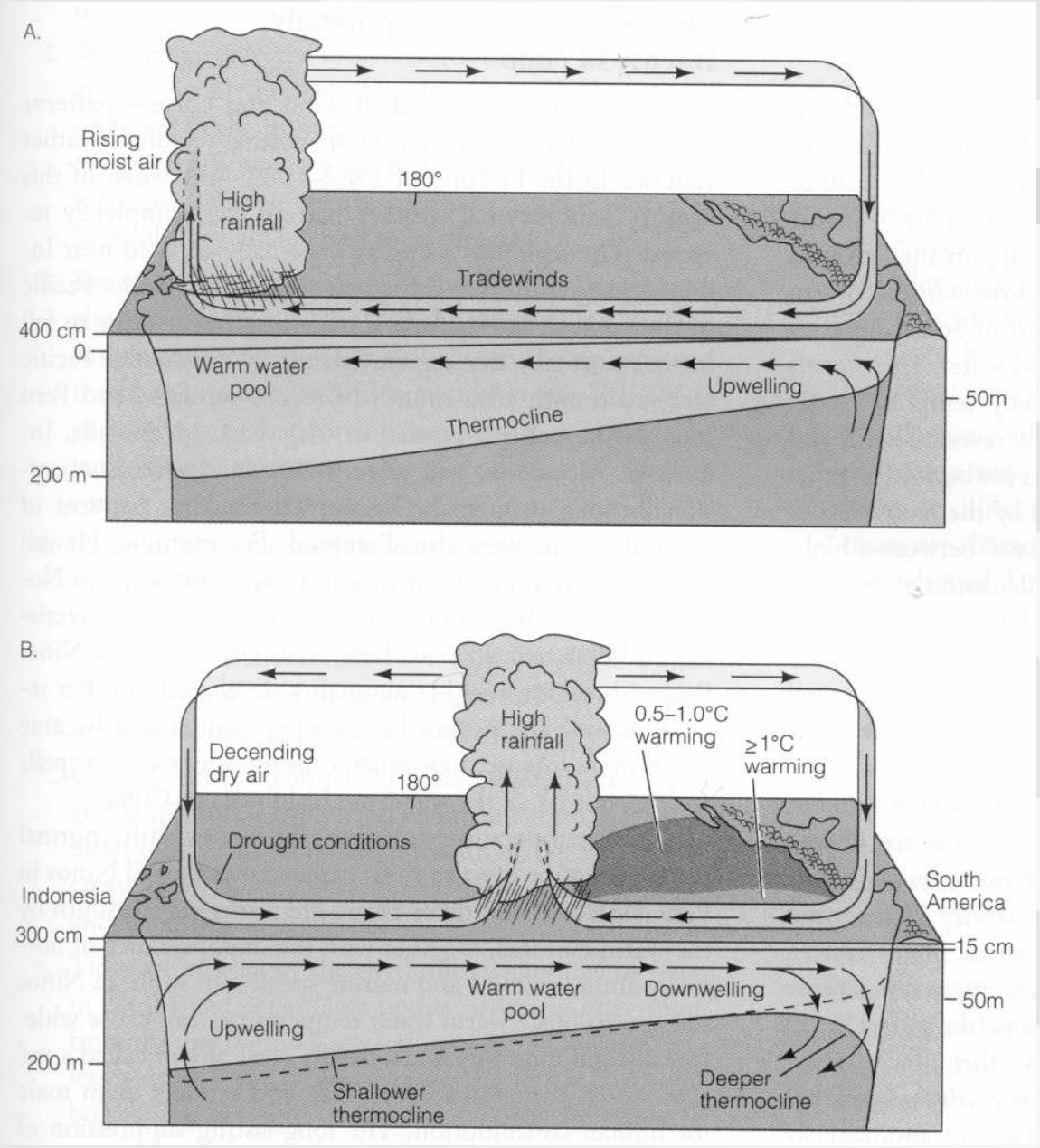
Většina materiálu je při erozi pobřeží podlehne sesuvům po erozi paty, jen malá část je erodována přímo vlnami.

Poškození domů na Fite Island, NY po erozi pobřeží při vichřici v prosinci 1992.

Nebezpečí spojená s oceány a počasím

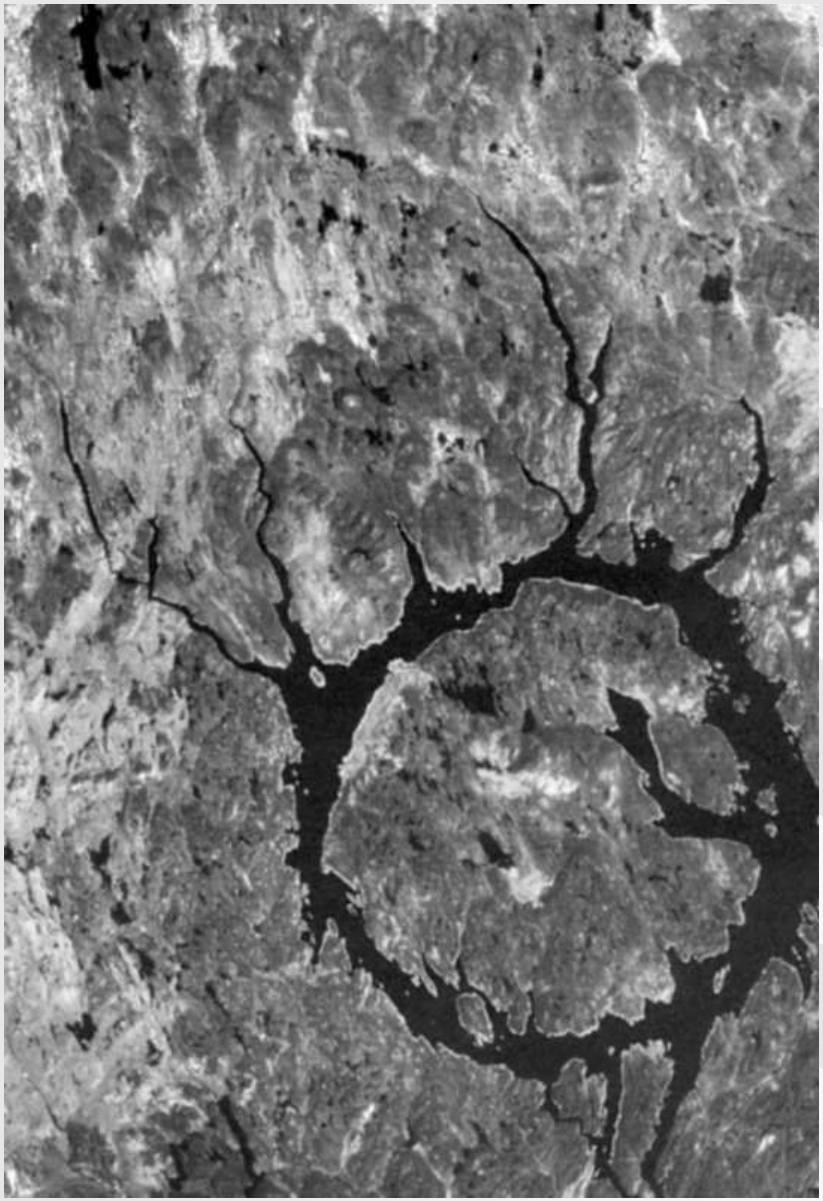
El Niňo

- **Anomální ohřátí povrchových vod ve východním rovníkovém Pacifiku. Spletité propojení oceánských a atmosférických procesů. Normální a anomální proudění.**



Meteority

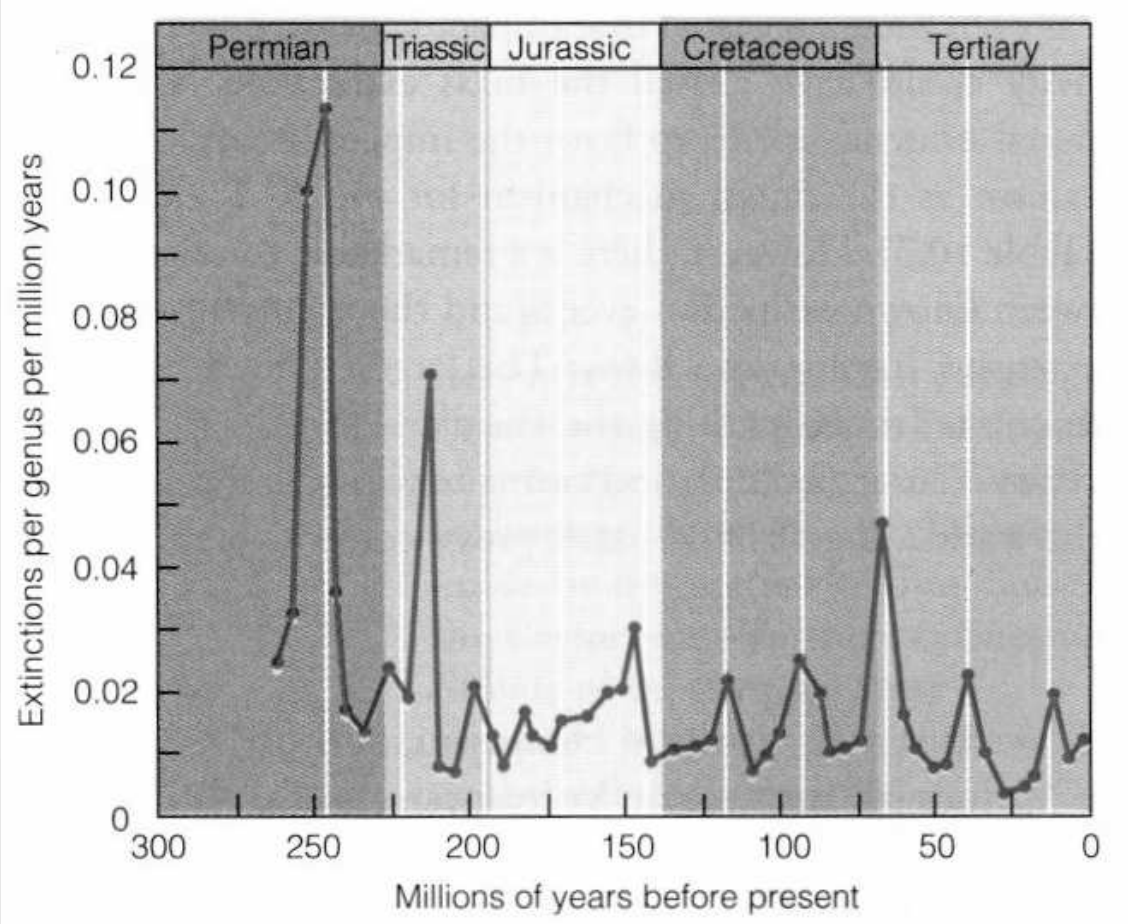
- Pochází z pásu asteroidů. 10^7–10^9 kg/rok. Meteority od 100 m do km 1x za milion let. Rychlosti 4–40 km/s
- 30 m meteorit s rychlostí 30 km/h: 4 milionů tun TNT = Barringer Crater (Meteor Crater) v Arizoně, 1 200 m v průměru a 200 m hluboký.
- Vymírání?



Manicouagan Crater, Quebéc, 210 mil. Let. 75 –100 km

Meteority

Meteor Crater, Arizona: jednoduchý kráter 1 200 m

Upheaval Dome, Canyonlands NP, Utah: komplexní kráter

Vymírání druhů vykazuje periodicitu 26 mil. let