

# Geologické katastrofy

**Sledujeme-li neživou přírodu v našem okolí, na první pohled se nám zdá, že se příliš nemění. Ze zkušenosti však víme, že jde o klid pouze zdánlivý. Čas od času o sobě dají vědět geologické síly uvnitř Země, které způsobí rozsáhlé změny i na zemském povrchu. Rychlost pochodů, často i za spoluúčasti sil vnějších, způsobuje na zemském povrchu změny, které mají charakter geologických katastrof.**

Geologické katastrofy chápeme jako náhlé, poměrně krátkodobé děje, které podstatným způsobem transformují vrchní část zemské kůry. Projevují se na zemském povrchu změnami většinou lokálního nebo regionálního dosahu, některé události mívají ve svých důsledcích i dopad globální. Sám pojem katastrofa chápeme většinou antropocentristicky. Pokud se náhlé změny odehrávají v neobydlené krajině, příp. na mořském dně a nepůsobí škody na lidských životech, zdraví a majetku, obecně se takové události za katastrofy nepovažují. Spíše se chápou jako projev přirozeného vývoje přírody. Díváme-li se do geologické minulosti, najdeme v horninách zemské kůry dostatek údajů a záznamů o geologických pochodech, které měly podle lidských měřítek charakter katastrof. Byly vyvolávány nestabilitou systému geosféry a spontánním uvolňováním nahromaděné potenciální energie a její přeměnou v energii pohybovou. Geologické procesy s katastrofickými důsledky mají tedy v geologickém vývoji Země své zákonité postavení.

Náhlé geologické události globálních rozměrů nepochybně ovlivňovaly i vývoj života na Zemi. Jedním z nejznámějších badatelů, který vysvětloval proměnlivost živočišných druhů v sedimentech Parížské pánve byl G. Cuvier (1769-1832). Předpokládal, že změny společenstev organismů v jednotlivých geologických obdobích byly vyvolávány pravidelně se opakujícími katastrofickými událostmi, které označoval jako kataklyzmaty. V období mezi kataklyzmaty však považoval živočišné druhy za neměnné. Katastrofy a jejich důsledky dnes chápeme mnohem komplexněji. Náš geolog Z. Kukul hovoří, že současná geologie (výklad příčin geologických pochodů) je pod vlivem katastrof. Pohled do současných odborných publikací i učebnic mu dává za pravdu.

Snad nejznámější problém, který se v současnosti mj. vysvětluje katastrofickou událostí, je rozsáhlé vymírání fauny na hranici geologických období křída – paleogén. Alvarez a kol. (1980) publikovali představu, že krizi života vyvolal střet Země s mimozemským tělesem větších rozměrů. Podobným způsobem nastaly změny i na hranici jiných geologických období. Ponechme však stranou, nakolik je toto vysvětlení správné a jediné, o tom již bylo popsáno mnoho papíru. Jisté však je, že s podobnými událostmi musíme v geologické minulosti počítat. Dosvědčuje to např. existence dopadového kráteru Ries na území Německa, který dal asi před 15 miliony roky vzniknout i rozsáhlému pádovému poli složenému z hornin zemské kůry, vyvržených a přetavených ve sklo – vltaviny. Hojné nálezy pocházejí zejména z jižních Čech a západní Moravy. Meteorický kráter v Arizoně

vznikl před 22 000 roky a při jeho dopadu bylo vyvrženo téměř půl mild. t hornin. Co takový vesmírný host dokáže, bylo možno pozorovat v případě pádu tunguzského tělesa na Sibiři r. 1908. V současnosti se celosvětově registruje přes 100 kráterových struktur impaktního původu.

Vraťme se však ke katastrofám pozemského původu. Z rozsáhlých výlevů lávy v křídovém období v Indii vznikla gigantická lávová plošina Dekkan. Intenzivní vulkanická činnost v neogénu změnila i u nás krajinu středního a východního Slovenska i západních Čech. „Němými“ svědky jsou sopečná pohorí Štiavnicko-kremnické, Slánské vrchy, Vihorlat i České středohoří. V sedimentárních pánvích karpatského moře v té době vznikaly velké podmořské sesuvy, uvolňované především seismickými otřesy. Intenzivní vulkanická činnost v Nížkém Jeseníku před 1,5 mil. roků vedla ke vzniku dočasně existujícího jezera na řece Moravici pod vulkánem Velký Roudný. Geologická minulost, jak vidíme, je opravdu plná katastrof. Obrovský časový prostor dějin Země však dává za pravdu Agerovi (1973) v tom, že geologická historie je vlastně dlouhé období nudy a krátké chvíle teroru. Teror se projevuje geologickými katastrofami.

Podívejme se nyní na geologickou současnost. Z předcházejících řádků je tedy zřejmé, že to, co jsme si zvykli označovat jako geologické katastrofy, jsou jen v přírodě obvyklé děje. Které z těchto pochodů se dnes projevují nejčastěji? Nepochybně vulkanismus a zeměřesení.

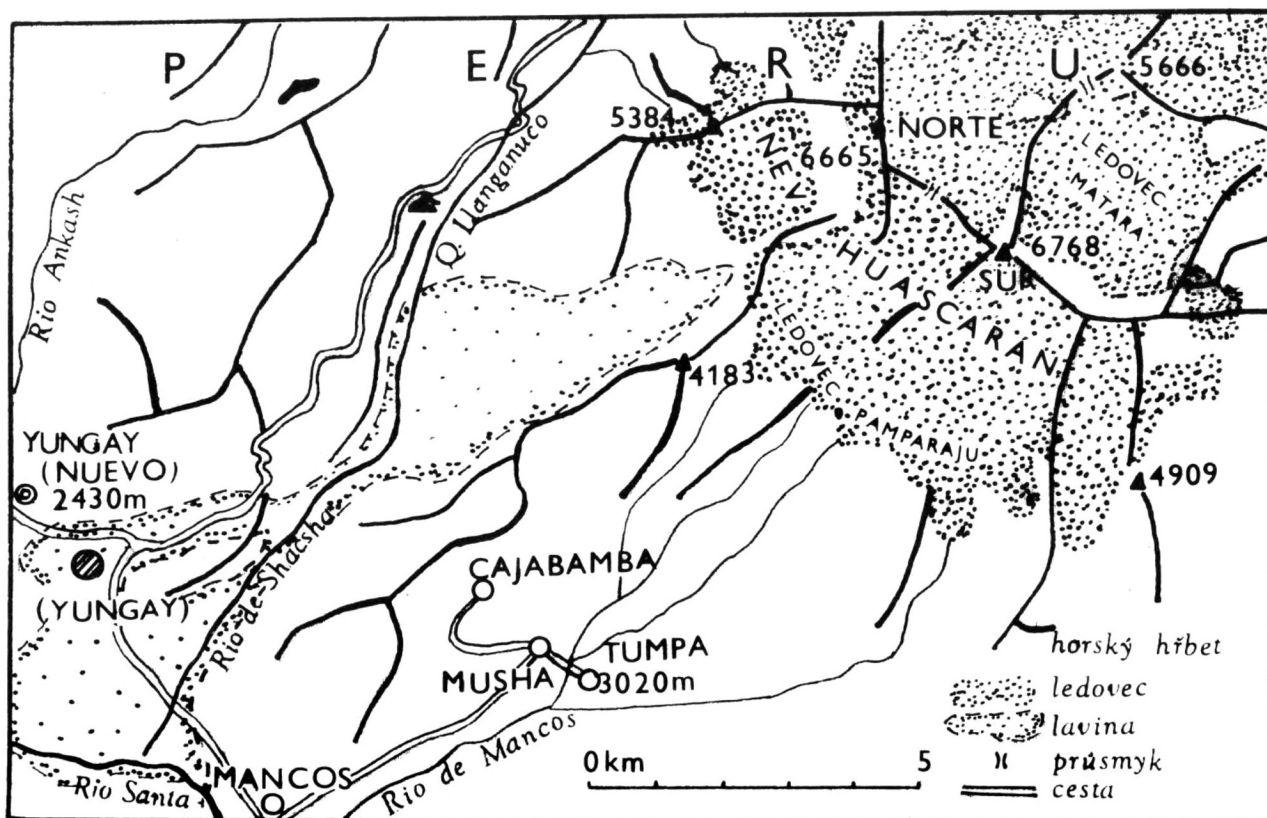
**Vulkanismus** je geologický děj, při kterém proniká z nitra Země na povrch žhavotekuté magma, které se mění na lávu. V podstatě to může být dvojnásobným způsobem: buď poměrně klidným výlevem lávy, která vytváří lineární lávové proudy či plošně rozsáhlé lávové příkrovy, nebo sopečnými explozemi, při kterých je láva vyvrhována do atmosféry a mění se na sopečný tuf. Legendárním se stal prudký výbuch Vesuvu r. 79 n.l. s tragickými následky. Chování vulkánu až do té doby nenasvědčovalo blízkosti katastrofě. Sopka nejevila až do léta r. 63 žádnou aktivitu a mělo se za to, že je vyhaslá. Oživení její činnosti předznamenávala drobná zeměřesení, která se však tehdy nedávala do souvislosti s vulkanickou činností. Katastrofická aktivita sopky trvala celkem tři dny, během nichž byla zcela zničena kvetoucí římská města Pompeje a Herculaneum. Největší problémy způsobil mohutný spad žhavého popela, který obě města zasypal a v nezměněné podobě je zachoval do dnešních dnů.

U jiných vulkánů představuje hlavní nebezpečí výron žhavých plynů. Při výbuchu sopky Mt. Pele na ostrově Martinik

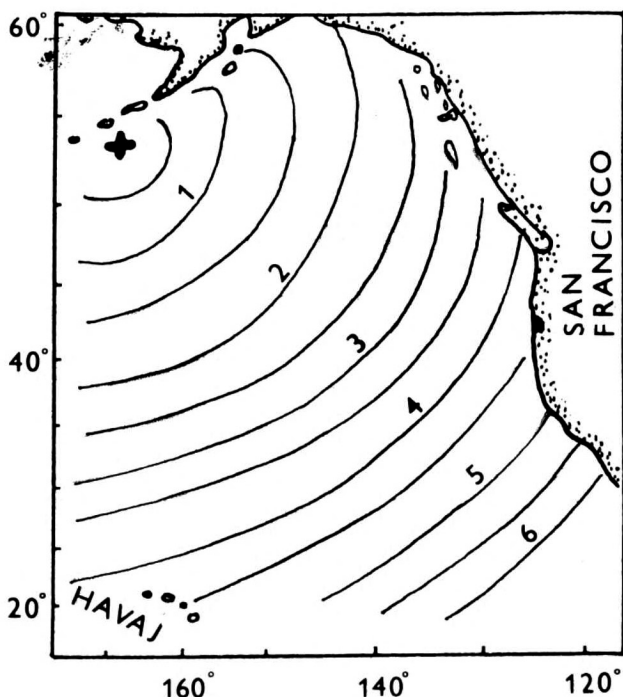
se pohyboval mrak plynů 700-800 °C rychlostí kolem 160 km/hod. a způsobil smrt 30 000 lidí. Velké nebezpečí představují i lavové proudy, které vzhledem k vysokým teplotám (1000-1100 °C) a často i množství hmoty, likvidují lidské přebytky, komunikace a způsobují rozsáhlé požáry. Jejich rychlost je různá, závisí na složení lávy a její mocnosti, maximálně zjištěné hodnoty jsou 60 až 65 km/hod. Velmi záluďné jsou vulkány, jejichž vrcholová část se nachází nad sněžnou čarou. Při erupcích sopky Nevado del Ruiz (5300 m n.m.) r. 1985 v kolumbijských Andách vznikl roztavením části trvalé ledové pokrývky mohutný bahnotok - lahar, složený z vody a tufového materiálu, který způsobil smrt 20 000 lidí ve vesnicích v údolí. Riziko představují i „vyhaslé“ sopky. Z kráterového jezera Nios v Kamerunu uniklo r. 1986 do atmosféry větší množství plynů, především CO, CO<sub>2</sub> a vodních par, které se nahromadily ve špatně větrané vulkanické kotlině. Výsledek byl tragický. Vedle rozsáhlého poškození vegetace zahynulo i 1600 lidí a velké množství hospodářských zvířat. Nezanedbatelné bývají i vedlejší účinky vulkanické činnosti, zejména rozsáhlejší únik různých oxidů a jemných popelových částic do atmosféry. Po výbuchu sopky Krakatau r. 1883 se jemné popelové částice udržely ve vyšších vrstvách atmosféry několik roků. Důsledkem bývá snížení kvanta tepelné energie dopadající na zemský povrch a přechodné ochlazení klimatu. Dnes se tvrdí, že vulkanické plyny se podílejí i na vzniku skleníkového efektu a jsou spoluodpovědné i za rozšiřování tzv. ozonových děr v atmosféře.

Podobně rizikové a asi častější pochody s katastrofickými následky představují **zemětřesení**. Jsou dokladem vnitřní aktivity Země, o níž máme záznamy nejen v horninách zemské kůry, ale i dochovaná svědectví starých civilizací. Historické záznamy ze staré Číny pocházejí z doby dynastie Šang (asi 1700–1100 př.n.l.). Jen z našeho století je možno uvést celou řadu příkladů a mnohé z nich, zejména jejich tragické následky, máme ještě v živé paměti. Neúprosná statistika ukazuje, že v důsledku zemětřesení jen v letech 1970-81 přišlo o život asi 442 000 lidí, hmotné škody se odhadují na 18,6 mld. USD. Ničivá zemětřesení intenzity vyššího stupně (zpravidla vyšší než 7. stupeň dvanáctistupňové stupnice Medvedev-Sponheuer-Kárník, 1964) způsobují částečné či úplné řícení budov, zařízení, padání věží a komínů, přerušování energetických, plynových i narušení přehradních hrází, vznik sesuvů, poklesů půdy aj. Z tohoto pohledu představuje značné riziko i výstavba jaderných zařízení v seismicky aktivních oblastech. Při velkých zemětřeseních v tomto století zahynulo např. r. 1908 v Mesině 200 000 lidí, r. 1923 v Tokiu 140 000 lidí. V našich zemích nepřevýšila intenzita zemětřesení v Českém masívu 7,5 MSK-64, v Západních Karpatech 9,5 MSK-64. K seismicky aktivnějším u nás patří oblast Aše a Kraslic, Náchoda a Hronova, úsek Ostrava, Žilina, Banská Bystrica, Zvolen, Prievidza, dále Senica, Bratislava, Prešov, Humenné a Nové Zámky, Komárno. Z posledně zmiňované oblasti máme doloženo zničení města Komárna r. 1784, při kterém zahynulo 120 lidí.

1. Situační mapa laviniště v oblasti Huascaránu v Peru (podle Brabce, 1981)

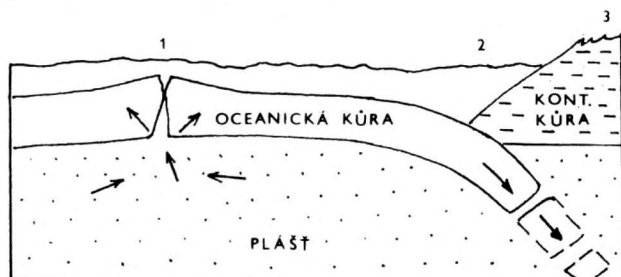


Se zemětřesením bývají spojeny některé doprovodné jevy katastrofických rozměrů. V r. 1970 se v oblasti Huascaranu (6768 m n.m.) v Peru uvolnila obrovská lavina asi 50 milionů  $m^3$  sněhu, bloků, úlomků hornin a hlíny, která se řtila rychlostí až 320 km/hod. Rozsáhlé laviniště zcela pohřbilo města Ranrahirca a Yungay. Celkově zahynulo 50 000 lidí včetně členů čs. horolezecké výpravy (obr. 1). Lavina zarovnalala terénní nerovnosti vysoké až 140 m.



2. Šíření vln tsunami z epicentra zemětřesení v Aleutickém příkopu (+). Číselné údaje značí čas v hodinách, za který vlna dosáhla určitého místa v Tichém oceánu. (Podle F.P. Sheparda in Kukul, 1977.)

3. Schematický řez okrajem jihoamerického kontinentu v oblasti peruánského příkopu. Podsouvání (subdukce) desky Nazca s oceanickou kůrou pod desku jihoamerickou s kůrou kontinentální. 1 – východopacifický hřbet, 2 – peruánský příkop, 3 – západní okraj jihoamerické desky s aktivním vulkanizmem a vysokou seismickou aktivitou. (Upraveno podle N.P. Semenka in Demek, 1987.)



Podobně nebezpečné bývají seismické události i v oblastech oceánů. Známe je jako **mořetřesení** a vznikají při nich především vysoké přílivové vlny zvané **tsunami**. Epicentra pohybů se nejčastěji nacházejí v Tichém oceánu nad oblastmi hlubokomořských příkopů. V r. 1946 vzniklo mořetřesení v oblasti Aleutického příkopu s intenzitou 7,5 Richterovy stupnice. Za více jak 4 hodiny dorazila k Havajským ostrovům vysoká přílivová vlna o rychlosti 780 km/hod. a výšce asi 6 m (obr. 2). V jiných případech byly zjištěny výšky až 30 m, vlny ničí v příbřežních oblastech všechna zařízení včetně lidských příbytků a vegetace. Je zajímavé, že nejničivější náraz nebývá spojen s první vlnou, ale až s některou z následujících v intervalu několika desítek minut. Vlny mohou vyvolat i následné procesy. Např. nárazem tsunami na pobřeží Aljašky vznikl sesuv 30 mil.  $m^3$  hornin, což způsobilo dočasné vzednutí mořské hladiny až o 600 m. Přílivové vlny mohou být vyvolány také silnými větry vanoucími k pobřeží. Za podobných okolností vznikl r. 1920 bouřlivý příliv na pobřeží nynějšího Bangladéše, při kterém bylo zaplaveno několik tisíc  $km^2$  pobřeží Bengálského zálivu. Při katastrofě zahynulo asi 1 milion lidí.

Řada katastrofických událostí se vzájemně doprovází. Při výbuchu sopky Krakatau vznikla obrovská tsunami o výšce 40 m, zaznamenaná až ve vzdálenosti 18 000 km. Prostorová podmíněnost obou pochodů, zemětřesení i vulkanizmu, souvisí s geologickým vývojem zemské kůry v posledních 150 až 200 milionech let. Oba jevy se vážou zejména na okraje velkých litosférických desek, které se navzájem pohybují. Vysoká aktivita se projevuje především na okrajích Tichého oceánu, v oblasti Středoatlantického hřbetu, v alpsko-himalajském pásmu, v severní Africe aj. Seismicky i vulkanicky aktivní západní okraj obou amerických kontinentů je důsledkem podsouvání pacifických desek s oceanickou kůrou pod obě americké desky s kůrou kontinentální (obr. 3). Ohniska vulkanické aktivity se však v některých případech objevují i uvnitř litosférických desek v tzv. horkých skvrnách. Mezi jejich projevy patří Havajské i Kanárské ostrovy aj.

Vulkanismus a zemětřesení včetně doprovodných jevů patří dnes mezi nejčastější geologické pochody s katastrofickými projevy. Oba pochody podmiňuje především vnitřní dynamika Země.

Katastrofických rozměrů mohou dosáhnout i události vyvolané zásahem z vnějšího prostředí. Pomineme-li již zmiňované meteority, příp. větší tělesa, nejčastěji se setkáváme s náhlým gravitačním transportem hornin na zemském povrchu, tedy se sesuvy.

V našich klimatických podmínkách se tyto události spojují s mimořádně intenzivními dešťovými srážkami. Sesouvají se nejen zvětraliny na svazích, ale i haldy hlíny, řítí se bloky mrazem uvolněných skal. Velký proudový sesuv vznikl v jílovito-písčitéch horninách paleogénu Slovenských Beskyd r. 1962. Proud zvodnělé masy o délce 950 m a objemu 900 000  $m^3$  se sunul rychlostí asi 25 m/hod. Při sesuvu byla zcela zničena osada Lieskové. Mnohem větších rozměrů dosáhl sesuv u Handlové r. 1960, kdy se přesunulo asi 20 mil.  $m^3$  hornin. Všechny události podmíněné vnějšími podněty mívají až na výjimky lokální dopady. Místně však mohou znamenat událost katastrofálního rozměru spojenou i se ztrátami na lidských životech a majetku.

Geologické katastrofy bez výjimky vyvolávají v člověku pocit bezmocnosti. Logicky se nabízí otázka, zda jsme schopni takovým událostem čelit. Je asi zřejmé, že podobné jevy netze zcela eliminovat, je však možné snižovat rizika a minimalizovat jejich dopad. Především je nutno soustavně sledovat „chování“ zemské kůry v rizikových oblastech, vyhodnocovat průběh pochodů a provádět rajonizaci zemské kůry z pohledu možné vulkanické či seismické aktivity. Proto mají nesmírnou cenu všechny historické údaje. Cesta vede přes vytváření varovného systému před událostmi většího rozsahu. Z oběžné dráhy Země lze úspěšně sledovat tsunami, cyklóny, prachové bouře a další katastrofické děje. Na Novém Zélandu, v Itálii, na Islandu i jinde se osvědčilo usměrňování lávových proudů do uměle vytvořených depresí, stavba ochranných zdí, či zpomalování postupu ochlazením čela proudu vodou. A nejde jenom o reakci na vlastní průběh katastrofického děje. Je tu ještě oblast prevence při výběru stavení pro rizikové a normální stavby i zkušenosti z jejich zakládání v seismicky aktivních oblastech, např. v Japonsku. Nadějně se též rozvíjí metodika prognóz zemětřesení. V neposlední řadě sem patří i další intenzivní studium všech geologických jevů, zvláště pak „rizikových“, protože jejich hlubší znalost zvyšuje naše šance při prevenci a předvídání katastrofických událostí.

Geologické události katastrofického průběhu tedy nejsou ničím mimořádným. Chápeme je jako zákonité projevy vnitřní a vnější dynamiky Země a jako s takovými s nimi musíme v budoucnosti počítat.

#### Literatura

- Ager, D. V., 1973: The nature of stratigraphic record. London.
- Alvarez, L. W., Alvarez, V., Assado, I., Michel, H. V., 1980: Extraterrestrial cause for Cretaceous – Tertiary extinction. *Science*, 208, Washington, p. 1095–1108.
- Brabec, Z., 1981: V sousedství Huascaránu. *Lidé a země*, 81,2, p. 43–53.
- Demek, J., 1987: Obecná geomorfologie. Academia, Praha.
- Hanuš, V., Vaněk, J., 1985: Pohyby litosférických desek a globální tektonika. *Vesmír*, 64, 12, p. 677–678.
- Horti, J., 1988: Přírodní katastrofy. Příroda, Bratislava.
- Cháb, J., Jakeš, P., Tomek, Č., 1983: Desková tektonika. Knih. Ústř. ústavu geol., Praha, sv. 60.
- Jakeš, P., 1982: Planeta Země. Mladá fronta, Praha.
- Kárník, V., 1988: Předpověď účinků zemětřesení a redukce ztrát. *Vesmír*, 67, 9, p.497–503.
- Kukal, Z., 1977: Základy oceánografie. Academia, Praha.
- Kukal, Z., 1978: Atlantis ve světle moderní vědy. Academia, Praha.
- Kukal, Z., 1983: Rychlost geologických procesů. Academia, Praha.
- Kukal, Z., 1990: Katastrofy a jejich záznam v sedimentárním sledu. Zbor. Sed. probl. Záp. Karpát. Geol. ústav D. Štúra, Bratislava, p. 15–27.
- Kumpera, O., Foldyna, J., Zorkovský, V., 1988: Všeobecná geologie. SNTL Praha.
- Procházková, D., 1990: Aplikace studia zemětřesení v Československu v praxi. *Geol. průzkum*, Praha, 32, 12, p. 365–368.
- Záruba, Q., Mencl, V., 1974: Inženýrská geologie. Academia, Praha.
- Ziel, W., 1990: Brinkmans Abriß der Geologie. Bd. 1. Allgemeine Geologie, Stuttgart.

Kráter Vezuvi

