

Zemětřesení

„... Poslouchej nyní, co působí třesení země!
Na prvním místě si představ, že zrovna jak vrchem,
i pospodu země je plna větrných slují
všady a mocných jezer i nádrží mnoho
chová v lůně, i rokle a skaliska srázná;
že pod hřbetem země se skrytě nejedna řeka
valnými vlnami valí a balvany vláčí:
vždyť země všude se musí podobat sobě.
To je předpoklad věci i úvahy základ:
Země se nahoře třese, když velkým pádem
ohromné podsvětní sluje se starobou zhroutí;
to padají celé hory a otřesem náhlým
a mocným chvění se odtud široko šíří...“

(Titus Lucretius Carus – O přírodě, v překladu J. Novákové, 1971, nakl. Svoboda)



Trosky kostela v San Francisku (USA) po zemětřesení 18. 4. 1906. Zdroj: US Geological Survey

Co je to zemětřesení?

Dá se říci, že zemětřesení bylo jedním z prvních impozantních přírodních jevů, které evropská civilizace poznala a zaznamenala. Kolébky evropské civilizace – antické Řecko a Řím – byly vzhledem ke své poloze často postižovány zemětřesením, a jak plyne z výše uvedené ukázky, už antičtí filozofové se snažili zjistit mimoběžskou příčinu zemětřesení.

Zemětřesením se rozumí krátkodobé pohyby zemského povrchu, které jsou důsledkem změn napětíového stavu hornin uvnitř Země, převážně v zemské kůře a svrchním pláští. Napětí v horninách vzniká v důsledku (z lidského hlediska) pomalých, zato však stálých pohybů hmot uvnitř zemského tělesa. Stejně pohyby mají také za důsledek horizontální posun litosférických desek a jejich částí, případně jejich pokles či zdvih.

Ve sdělovacích prostředcích často dochází v souvislosti se zprávami o zemětřeseních k záměně ohniska zemětřesení s hypocentrem. Každý tento termín znamená ve skutečnosti něco jiného. Ohniskem zemětřesení se rozumí prostor, ve kterém zemětřesení vzniká; jeho tvar může být značně nepravidelný a složitý a jeho rozměry mohou dosa-

hovat až několika set kilometrů. Proto je ohnisko nahrazováno jedním bodem, který odpovídá těžišti ohniska a nazývá se hypocentrum (obr. 1). Kolmým průmětem hypocentra na zemský povrch je určeno epicentrum a vzdálenost hypocentra a epicentra se nazývá hloubka ohniska.

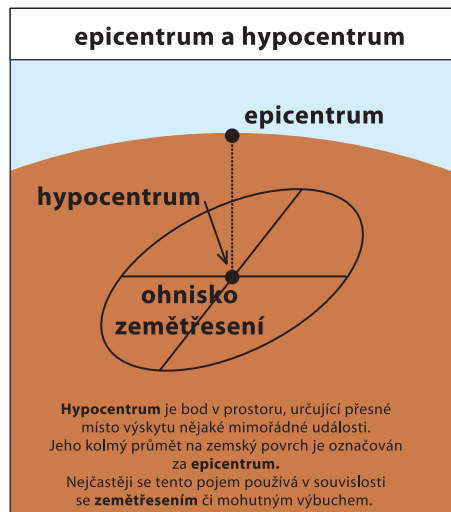
Druhy zemětřesení a jejich rozmištění

Podle předchozích vět by se mohlo zdát, že příčiny a průběh jednotlivých zemětřesení jsou si blízké, avšak škála jejich příčin je širší, než by se na první pohled mohlo zdát. Zemětřesení může být vyvoláno přírodními faktory, ale i činností člověka. Do první skupiny patří zemětřesení tektonická, která jsou většinou vázaná na zlomy v zemské kůře. Tato zemětřesení jsou nejčastější a patří rovněž k nejničivějším. Dále do této skupiny náleží zemětřesení sopečná, která doprovázejí vulkanickou činnost sopek. Nejméně častá jsou z této skupiny zemětřesení řitíva, která jsou vyvolána řícením stropů přirozených podzemních dutin. S tímto typem se lze nejčastěji setkat v krasových oblastech.

Druhou skupinu představují zemětřesení, na jejichž vzniku má svůj podíl člověk a jeho

činnost. Potom mluvíme buď o indukované seizmicitě, nebo o zemětřeseních vyvolaných umělým zdrojem. K těm prvním patří například otřesy vyvolané změnami v zatížení zemského povrchu (například výstavbou velkých vodních nádrží) či nadměrným čerpáním podzemních kapalin, např. ropy nebo vody. Nejznámějším příkladem zemětřesení, které bylo indukováno vybudováním přehrady, je zemětřesení o magnitudu 6,3, ke kterému došlo 11. prosince 1967 u vesnice Koynanagar ve státě Mháráštra v Indii. Při tomto zemětřesení tehdy zahynulo 180 lidí.

Podobnou zkušenost udělala i Evropa. Když se v roce 1960 začala napouštět přehrada Vaiont v italských Alpách, která v té době měla být čtvrtou nejvyšší přehradou na světě, objevily se, na do té doby klidném území, série zemětřesení. Po částečném odpuštění nádrže zemětřesení ustala, avšak po intenzivních letních srážkách v roce 1963, kdy úroveň hladiny vody opět stoupla, došlo k znovuobnovení zemětřesení, jež bylo jednou z příčin pohybu zvětralin a hornin. Následoval pád 350 milionů m³ hornin do nádrže, který dal vzniknout vlně vysoké jako 28poschoďový dům. Následky byly fatální, ve městě Lon-garone položeném pod nádrží přišla většina



Obr. 1: Schematický obrázek ohniska, hypocentra a epicentra zemětřesení.

Zdroj: Kartografie PRAHA, a.s.

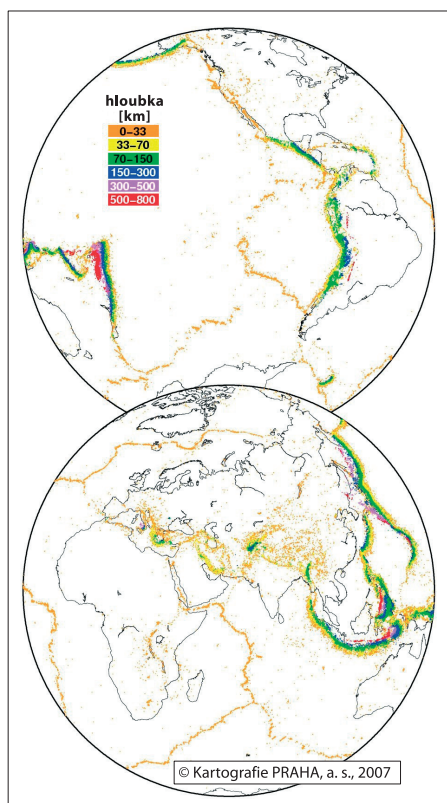
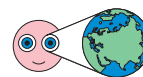
Geografické rozhledy 2/07–08

Tabulka č. 1: Stupnice MCS (Mercalli – Cancani – Sieberg)

Stupeň	Nejdůležitější projevy:
I.	Zaznamenávají pouze přístroje
II.	Pocití vnímavé osoby, pokud jsou v klidu
III.	Slabé kývání zavěšených předmětů
IV.	Okna se chvějí, dveře a nádobí drnčí
V.	Pocituje většina lidí, nestabilní předměty se kácí, nábytek se kýve, praskají okenní tabulky
VI.	Posunují se i větší předměty, poškození omítek, komínů, trhliny ve zdech
VII.	Těžká poškození chatrných budov, padání komínů, na svazích trhliny v zemi
VIII.	Poškození i dobrých budov, sesuvy půdy, trhliny v půdě
IX.	Domy jsou vážně poškozeny a částečně se hroučí
X.	Poškození i speciálně konstruovaných budov, mostů, železnic. Vznikají pukliny na vozovkách (obr. 3)
XI.	Neodolá žádná běžná stavba, dochází ke zdvihům a poklesům, řeky mění svá koryta
XII.	Mění se tvářnost krajiny

Zdroj: U.S. Geological Survey

V ZORNÉM POLI GEOGRAFŮ



Obr. 2: Geografické rozmístění zemětřesení podle hloubek

Zdroj: <http://earthquake.usgs.gov/regional/neic/>

obyvatel o život. Celkový počet lidských obětí byl odhadnut na 2 600.

Do druhé podskupiny antropogenně podminěných zemětřesení pak náleží seizmické otřesy způsobené dopravou, trhacími pracemi nebo výbuchy náloží.

Zemětřesení se rovněž odlišují podle hloubky, v nichž vznikají. Mezi mělká patří ta, jejichž ohniska mají hloubku do 60 km. Sem se řadí všechna zemětřesení řiti-vá, sopečná a část tektonických. K tomuto typu náleží i zemětřesení vyvolaná skalními říceními, pády meteoritů, ale i činností člověka. Středně hluboká zemětřesení vznikají ve svrchním plášti Země a nacházejí se v hloubkách mezi 60–300 km. Hluboká zemětřesení mají svá ohniska hlouběji než 300 km, přičemž většina z nich má hloubku do 800 km. Podobně jako středně hluboká zemětřesení jsou hluboká zemětřesení převážně vázána na zóny subdukce, tedy do míst, kde se jedna litosférická deska podsouvá pod druhou.

Podíváme-li se na mapu geografického rozmístění zemětřesení (obr. 2), je z ní na první pohled patrné, že nejsou po povrchu Země rovnoměrně rozložena. Vidíme, že zemětřesení se soustřeďují do relativně úzkých pásů. Tyto pásy odpovídají okrajům

litosférických desek, kde se koncentrují všechna středně hluboká a hluboká a většina mělkých zemětřesení. K silným světovým zemětřesením dochází především v pásu obepínajícím Tichý oceán (Japonsko, Indonésie, Chile, Mexiko, Kalifornie), v Evropě pak ve Středomoří (Řecko, Turecko, Itálie, Makedonie, Černá Hora, Chorvatsko). Střední Evropou neprochází rozhraní litosférických desek a skutečně silná zemětřesení se zde vyskytují jen výjimečně ve spojení s pohyby zemských ker podél zlomů.

Při podmořských zemětřeseních může dojít ke vzniku zvláštního typu vln – tsunami. Tyto vlny mají délku několik set km a jejich výška na volném moři nepřesahuje 1 m, avšak při jejím přechodu do šelfu může vlna dosáhnout výšky až několik desítek metrů (více viz GR 3/2004–2005).

Jak se měří zemětřesení?

Otřesy Země se šíří z ohniska zemětřesení ve formě tzv. seizmických vln. Tyto vlny mají charakter podélných vln P a příčných vln S, které mají rychlost 1,7 až 1,8krát menší než vlny P. Tvar, rychlost a změny rychlosti seizmických vln závisí na vlastnostech horninového prostředí, hustotě hornin, geologické stavbě, zvodnění, ale i tvaru reliéfu. Obecně lze říci, že se seizmické vlny šíří rychleji v hlubších částech zemského tělesa než na povrchu.

Zemětřesné vlny jsou zaznamenávány přístroji zvanými seizmografy. Z těchto záznamů se zjišťují vzdálenosti epicentra, hloubka ohniska, velikost a intenzita zemětřesení, mechanismus pohybu při zemětřesení a ještě další vlastnosti. Seizmografy jsou umístěny na seizmických stanicích. Protože je pro vyhodnocování údajů o určitém zemětřesení nutné vycházet ze záznamů z více stanic, je nutná mezinárodní spolupráce. Proto byla vytvořena mezinárodní síť seizmických stanic (tzv. základní síť), které jsou vybaveny podobnými seizmografy, aby bylo možno údaje srovnávat. Kromě mezinárodních stanic také existují stanice regionální a účelové.

Při každém zemětřesení se uvolňuje energie. Množství uvolněné energie při zemětřesení se vypočte na základě záznamů získaných seizmografy na seizmických stanicích. Toto množství uvolněné energie vyjadřuje Richterova stupnice magnitudem M, což je dekadický logaritmus maximální amplitudy vln zaznamenaných seizmografem ve vzdálenosti 100 km od epicentra. To, že má stupnice logaritmický charakter, znamená, že zvýší-li se magnitu-



Obr. 3: Typický obrázek San Francisca v Kalifornii (USA) po zemětřesení 18. 4. 1906.

Zdroj: US Geological Survey

do zemětřesení o jednotku, je jeho energie cca 32krát větší! Tato stupnice není shora ohraničena, ale nejsilnější přístrojově zaznamenané zemětřesení mělo magnitudu 8,9. Experimentálně se zjistilo, že zemětřesení s $M = 0$ uvolňuje energii asi 10^5 J a při $M = 8,9$ se uvolní energie přes $5 \cdot 10^{17}$ J. Člověk svými smysly pocítí zemětřesení od $M = 2$. Při hodnotě $M = 5$ už dochází k ohrožení statiky staveb.

Kromě množství uvolněné energie při zemětřesení se uvádí jeho intenzita. Ta se určuje podle účinků zemětřesení na povrchu Země. Pro klasifikaci intenzity se užívá dvanactistupňová zemětřesná stupnice MSK-64 nebo MCS (tab. 1). Tyto stupnice se od sebe v zásadě liší jen uváděnými hodnotami zrychlení, jinak jsou totožné. Každý stupeň zemětřesení je popsán účinky, které jsou pro něj charakteristické.

Marek Křížek, PrF UK v Praze,
krizekma@natur.cuni.cz

Slovníček pojmů:

Litosférická deska – základní stavební jednotka litosféry, oddělená od okolních litosférických desek hlubinnými zlomy, rifty (ve středooceánských hřbetech), nebo mladými vrásovými pohorími (např. Himálaj), či pásy hlubokomořských příkopů (např. Filipínský příkop).

Podélné vlny – vznikají, když částice kmitají ve směru šíření vlny. P vlny přenášejí objemové změny v prostředí (stlačování a roztahování).

Příčné vlny – jsou takové, kdy částice kmitají kolmo na směr šíření vlny. S vlny nevyvolávají objemové změny v prostředí.

Subdukce – proces, při kterém se jedna litosférická deska podsouvá pod druhou.

LITERATURA A ZDROJE DAT:

BRÁZDIL, R. a kol. (1988): Úvod do studia planety Země. SPN, Praha, 365 s.
Titus Lucretius Carus /v překladu Julie Novákové/ (1971): O přírodě, Svoboda, Praha, 270 s.
<http://www.irn.org/basics/ard/>

APLIKACE DO VÝUKY:

1. V atlasu nebo na internetu najděte mapu geografického rozmístění sopek. Porovnejte s mapou rozmístění zemětřesení.
2. Které země jsou nejvíce vystaveny riziku zemětřesení? Víte, jaká opatření tyto země provádějí, aby zabránily škodám?