

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI

KATEDRA EXPERIMENTÁLNÍ FYZIKY

FYZIKA A GEOGRAFIE

Physics and Geography

VYPRACOVALA

Bc. Jitka Hrbatová

Studující 5. ročník

Obor Matematika – Fyzika

Studijní rok 2009/2010

VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

RNDr. Renata Holubová, CSc.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Renaty Holubové, CSc. za použití literatury uvedené v závěru práce.

V Olomouci

Podpis

Děkuji vedoucí diplomové práce RNDr. Renatě Holubové, CSc. za cenné rady a připomínky, které mi při plnění zadaného úkolu poskytla.

Dále děkuji Ing. Tomáši Hrazdilovi za jazykovou a grafickou pomoc při tvorbě této práce.

Můj dík náleží i Mgr. Petru Mikuláškoví z Gymnázia v Jevíčku za realizaci svých projektů.

ABSTRAKT

Diplomová práce navazuje na problematiku řešenou v práci bakalářské – Země jako dynamický systém. Práce je zaměřena na problematiku přírodních rizik, která jsou studována jak geografii tak i fyzikou, především na zemětřesení a sopečnou činnost. Hlavním pilířem je tvorba a realizace projektů pro žáky střední školy a jejich vyhodnocení.

Klíčová slova:

Zemětřesení, sopečná činnost, projekt, Země, seismická vlna, geotermální energie.

ABSTRACT

This Master Thesis connects together on problems buckthorn in terms of bachelor thesis Our Dynamic Planet - Earth System. Work is specialized on problems of native hazards, which are studied in geography and physics, first of all on earthquake and volcanic activity. Main pillar is production and realization of projects for high schools and their evaluation.

Keywords:

Earthquake, volcanic activity, project, Earth, seismic wave, geothermal energy.

OBSAH

ÚVOD	7
1 ZEMĚTŘESENÍ.....	8
1.1 TEORIE ELASTICKÝCH VLN.....	8
1.2 ŠÍŘENÍ SEISMICKÝCH VLN V HOMOGENNÍM PROSTŘEDÍ.....	14
1.3 ŠÍŘENÍ SEISMICKÝCH VLN V REÁLNÝCH PROSTŘEDÍCH.....	18
1.4 ENERGIE SEISMICKÝCH VLN A JEJICH ABSORPCE	22
1.5 HLAVNÍ ČÁSTI SEISMICKÝCH APARATUR A PRINCIPY JEJICH FUNKCE.....	23
2 SOPEČNÁ ČINNOST	28
2.1 GEOTERMÁLNÍ ENERGIE.....	34
3 PROJEKTOVÉ VYUČOVÁNÍ.....	35
3.1 PROJEKT Č. 1.....	35
3.2 PROJEKT Č. 2.....	37
3.3 VYHODNOCENÍ PROJEKTŮ	39
3.3.1 Zemětřesení	39
3.3.2 Vulkanismus	40
ZÁVĚR.....	43
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	45
SEZNAM OBRÁZKŮ	47
SEZNAM TABULEK	48
PŘÍLOHA P I: PRACOVNÍ LIST Č.1 - STUDENT	49
PŘÍLOHA P II: PRACOVNÍ LIST Č.1 - UČITEL	53
PŘÍLOHA P III: PRACOVNÍ LIST Č.2 - STUDENT.....	59
PŘÍLOHA P IV: PRACOVNÍ LIST Č.2 - UČITEL.....	62
PŘÍLOHA P V: PRACOVNÍ LIST - VERONIKA ŘEHOŘKOVÁ.....	65
PŘÍLOHA P VI: POSTER - ZEMĚTŘESENÍ	70
PŘÍLOHA P VII: POSTERY – VULKANISMUS.....	71
PŘÍLOHA P VIII: PRACOVNÍ LIST – KATEŘINA AMBROZOVÁ.....	75
PŘÍLOHA P IX: PRACOVNÍ LIST – FILIP JENIŠ	78
PŘÍLOHA P X: POKUSY	81

ÚVOD

Tato práce navazuje na problematiku řešenou v rámci práce bakalářské – Země jako dynamický systém. Cílem diplomové práce je zachytit přírodní rizika, která jsou studována jak fyzikou tak i geografii.

Hlavní téma řešené v této práci je zemětřesení a sopečná činnost. Na začátku je uveden popis a vznik zemětřesení, pokračuje přes teorii elastických vln, difrakci vln, energii a absorpci vln.

Další část práce se věnuje základním informacím o vulkanismu. V práci je uveden pojem vulkanismus, typy erupcí a z hlediska fyzikálního se práce zabývá využitím geotermální energie.

Stěžejní částí diplomové práce je tvorba a realizace projektů pro žáky střední školy. V závěru práce je realizace jednotlivých projektů, které se opírají o výše uvedené geologické jevy.

1 ZEMĚTŘESENÍ

Zemětřesení představují jedny z největších katastrof na Zemi, které měly znatelný vliv na lidstvo v celé jeho historii. Zemětřesení mohly a stále mohou způsobit obrovské materiální nebo lidské ztráty.[9]

Zemětřesení je jakýkoliv pohyb země, bez ohledu na příčinu. Otřesy půdy bývají nepostřehnutelné, ale mohou být tak silné, že srovnávají se zemí celá města. K zemětřesení dochází následkem uvolnění energie při pohybu litosférických desek, posunu hornin či jejich pukání. Někdy k zemětřesení dojde i po dopadu meteoritu nebo umělém výbuchu.[10]

Studium zemětřesení, tak jak jsme schopni ho dnes chápat, je založené na sledování seismicity Země pomocí celosvětové sítě seismických stanic. Toto studium s sebou přináší důležité informace v zásadě ve dvou oblastech. Jednak jde o poznání stavby zemského tělesa a dějů, které v ní probíhají, a dále se jedná o postižení vlivu zemětřesení na lidstvo.

Rozvoj seismologie určoval vývoj poznatků o Zemi. První popisy zemětřesení se omezovaly pouze na popis přímých viditelných následků zemětřesení a to obvykle v blízkém okolí místa vzniku zemětřesení.[1]

Existuje několik způsobů klasifikace zemětřesení. Mírou velikosti zemětřesení je seismický moment M_0 . Je definován jako

$$M_0 = \mu Au, \quad (1)$$

kde μ je modul torze na zlomu, A plocha zlomu a u průměrná velikost nespojitosti posunutí na zlomu. U největších zemětřesení je $M_0 > 10^{21}$ N·m. Velikost zemětřesení se klasicky měří také pomocí **magnituda**. Více viz [23]

1.1 Teorie elastických vln

Těleso, které se působením vnějších sil deformuje, tzn. mění svůj tvar a objem, a opět nabývá původního tvaru, když vnější síla přestane působit, nazýváme tělesem elastickým.

Poměr síly a plochy, na kterou síla působí, nazýváme **napětí**. Mezi napětím a deformací existuje vztah, který lze vyjádřit Hookovým zákonem, který říká, že velikost deformace je přímo úměrná velikosti napětí. Pro Hookův zákon platí vztah:

$$\sigma_n = \varepsilon \cdot E, \quad (2)$$

kde E je modul pružnosti, $[E] = \text{Pa}$ a ε je relativní prodloužení.

Elastické vlastnosti izotropního prostředí se obecně určují pomocí dvou elastických parametrů, např. pomocí dvou Laméových parametrů λ - vyjadřuje změnu objemu a μ - modul smyku. Místo těchto parametrů můžeme použít i Poissonovo číslo σ a Youngův modul pružnosti E . Mezi těmito dvojicemi elastických parametrů platí následující vztahy

$$E = \frac{3\lambda + 2\mu}{\lambda + \mu}, \quad \sigma = \frac{\lambda}{2(\lambda + \mu)}, \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{\sigma \cdot E}{(1 + \sigma)(1 - 2\sigma)}, \quad \mu = \frac{E}{2(1 + \sigma)}. \quad (4)$$

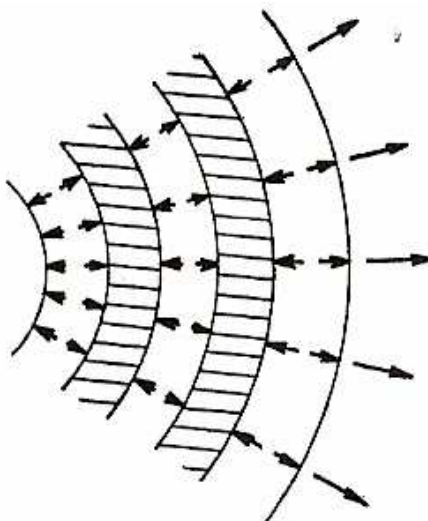
Deformace, které vznikají v elastickém prostředí jsou dvojího druhu – **objemové** a **tvarové** (střížné). Každou deformaci v elastickém prostředí můžeme považovat za výsledek současně probíhajících objemových a střížných deformací. Změnami napětí vznikají časově proměnné deformace. Částice prostředí se pohybují, vyvolávají napětí v okolí a od místa vzniku rozruchu se šíří postupně na všechny strany deformace a napětí ve tvaru impulsu. Kmitání se šíří od zdroje do velké vzdálenosti tak, že částice prostředí si postupně předávají pohyb, a tak vzniká elastická vlna, která se šíří prostředím. Podle toho, jak částice kmitají vzhledem ke směru šíření vlny, můžeme elastické vlnění rozdělit na vlnění příčné a podélné. [4]

Vlnění příčné je vlnění, kdy hmotné body kmitají kolmo na směr šíření. U vlnění podélného kmitají částice ve směru šíření vlnění. [5]

Podélná vlna se váže pouze k deformacím objemovým. Když se tato vlna šíří prostředím, vznikají ve směru jejího šíření postupně tzv. zóny nahuštění a zředění prostředí. Tyto zóny jsou způsobeny především kmitáním hmotných částic kolem své rovnovážné polohy. Pomocí elastických parametrů můžeme vyjádřit rychlost této vlny vztahem

$$v_p = \sqrt{\frac{\lambda + 2\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{E(1-\sigma)}{\rho(1+\sigma)(1-2\sigma)}}, \quad (5)$$

kde λ, μ jsou Laméovy parametry, E je Youngův modul pružnosti, $[E] = \text{Pa}$, σ Poissonovo číslo a ρ je hustota prostředí, $[\rho] = \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$.

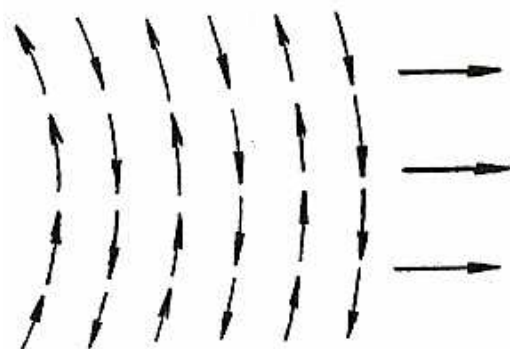


Obrázek 1: Šíření podélné vlny
elastickým prostředím;
zóny zhuštění jsou vyznačeny
šrafovaně[4]

Příčná vlna je naopak vázána pouze na deformace střížné. Jestliže se tato vlna šíří prostředím, dochází k vzájemnému posouvání jednotlivých vrstev prostředí, které stojí kolmo na směr šíření vlny. Hmotné částice kmitají kolem své klidové polohy kolmo na směr šíření vlny. Rozlišujeme vlnu vertikálně polarizovanou a horizontálně polarizovanou. Vertikálně polarizovaná vlna je taková vlna, která se šíří v horizontální rovině a částice kmitají vertikálně, jestliže částice kmitají kolmo na směr šíření v horizontální rovině, jedná se o vlnu horizontálně polarizovanou. Rychlost těchto příčných vln je stejná daná vztahem

$$v_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1+\sigma)}}, \quad (6)$$

kde μ je Laméův parametr, E je Youngův modul pružnosti, $[E] = \text{Pa}$, σ Poissonovo číslo a ρ je hustota prostředí, $[\rho] = \text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$.



Obrázek 2: Šíření příčné vlny elastickým prostředím[4]

Pokud nás bude zajímat poměr rychlostí $\frac{v_p}{v_s}$, využijeme výše uvedených vztahů (5), (6)

a dostaneme

$$\frac{v_p}{v_s} = \sqrt{\frac{2(1-\sigma)}{1-2\sigma}} \geq \sqrt{2} \quad (7)$$

Tedy platí, že $v_p = 1,4v_s$. [4]

Nechť máme dán seismický impuls funkcí $F(x, y, z, t)$. Tento impuls můžeme pomocí věty o Fourierově transformaci rozložit na součet harmonických vln

$$f(x, y, z, t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S_F(x, y, z, \omega) e^{i\omega t} d\omega, \quad (8)$$

kde výraz

$$S_F(x, y, z, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} F(x, y, z, t) e^{-i\omega t} dt, \quad (9)$$

se nazývá komplexní spektrum impulsu $F(x, y, z, t)$.

Obecně lze seismický impuls $F(t)$ vyjádřit jako

$$F(t) = 0 \text{ pro } t < 0$$

$$F(t) \text{ pro } t \geq 0.$$

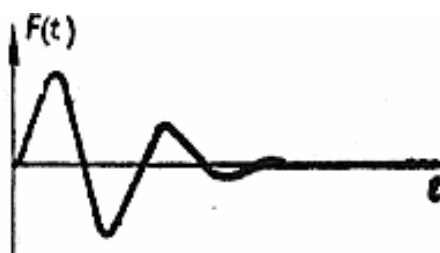
Existuje řada způsobů, jak můžeme vyjádřit pozorované seismické impulsy. Využijeme například rovnice

$$F(t) = a_0 t^n \exp(-\beta t) \sin \omega_0 t, \quad (10)$$

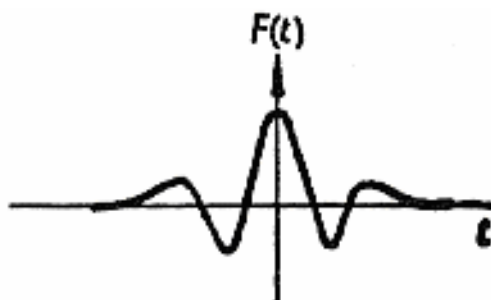
$$F(t) = a_0 \exp(-\beta^2 t^2) \sin(\omega_0 t + \varphi_0), \quad (11)$$

$$F(t) = a_0 \exp(-\beta t) \sin \omega_0 t, \quad (12)$$

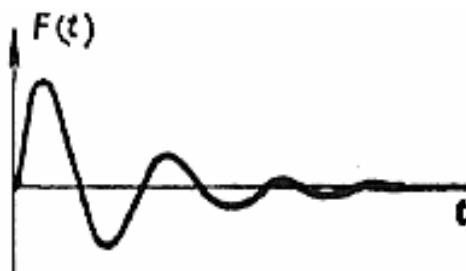
kde a_0 je maximální amplituda impulsu, β je koeficient útlumu impulsu, ω_0 je kruhová frekvence a φ_0 fázový posun v počátku.



Obrázek 3: Seismický impuls I
podle rovnice (10)[4]

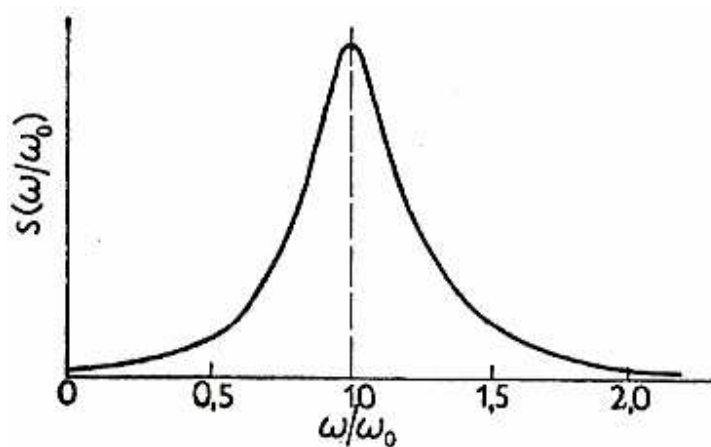


Obrázek 4: Seismický impuls II
podle rovnice (11)[4]

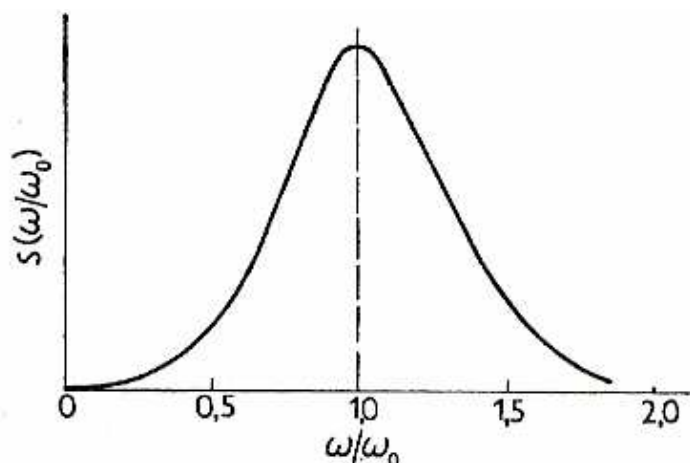


Obrázek 5: Seismický impuls III
podlerovnice (12)[4]

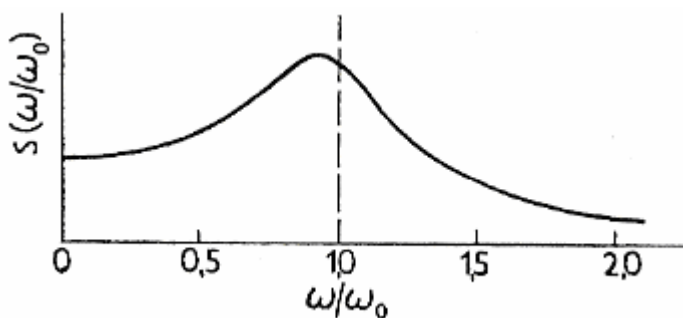
Co se týče amplitudových spekter seismických impulsů, jsou tato spektra spojitá převážně s maximální hodnotou $\omega_{\max}$. Tato hodnota odpovídá převládající hodnotě frekvence seismického vlnění. Obecně platí, že čím je delší trvání impulsu $F(t)$, tím užší je spektrum a naopak. Na následujících obrázcích jsou uvedeny spektra výše uvedených seismických impulsů podle daných rovnic. [4],[11]



Obrázek 6: Spektrum odpovídající seismickému impulsu I [4]



Obrázek 7: Spektrum odpovídající seismickému impulsu II [4]



Obrázek 8: Spektrum odpovídající seismickému impulsu III [4]

1.2 Šíření seismických vln v homogenním prostředí

Částice tohoto prostředí jsou před příchodem seismické vlny v klidu. Uvnitř určité oblasti, která je ohraničená dvěma uzavřenými plochami, dochází ke krátkodobému kmitání částic. Vnější plocha odděluje v daném časovém okamžiku část prostředí, ve kterém už vlna vyvolala kmitání částic, od části prostředí, kde jsou částice ještě v klidu. Tato plocha se označuje jako **čelo vlny**. Vnitřní plocha, která odděluje část prostředí, kde vlnění již probíhá, od části, kde vlnění už skončilo se označuje jako **týl vlny**. V okamžiku, kdy přijde čelo vlny se částice začnou pohybovat a kmitají tak dlouho, dokud přes ně nepřejde týl vlny, v tomto okamžiku se přestanou pohybovat a vrátí se do klidové polohy. Časový průběh pohybu hmotné částice nazýváme **zápisem seismické vlny**. Nasaze-

ní vlny je jev, kdy se v určitém čase t_0 poprvé objeví výchylka na zápisu. Maxima a minima (extrémy), které se projevují na zápisech v jednotlivých časech t_1, t_2, t_3 označujeme jako **fáze**.

Amplituda vlny A je největší výchylka částice z rovnovážné polohy v jednotlivých fázích. Časový interval, který odděluje dva extrémy nazýváme **perioda vlny**. Veličina udávající počet kmitů za sekundu se nazývá **frekvence f** a platí pro ni vztah:

$$f = \frac{1}{T} \quad (13)$$

Zobrazíme – li výchylky jednotlivých hmotných částic v určitém časovém okamžiku podél směru šíření seismické vlny, získáme křivku zvanou **profil vlny**. Místa největšího odklonu částic od klidové polohy nazýváme *maxima* nebo *minima vlny*. Vzdálenost mezi dvěma sousedními maximy nebo minimy, označovaná veličinou λ , nazýváme **vlnová délka**, pro kterou platí vztah:

$$\lambda = v \cdot T, \quad (14)$$

kde v je rychlost šíření seismické vlny. Pokud vezmeme v úvahu vztah pro kruhovou frekvenci:

$$\omega = 2\pi f, \quad (15)$$

můžeme pro vlnovou délku psát:

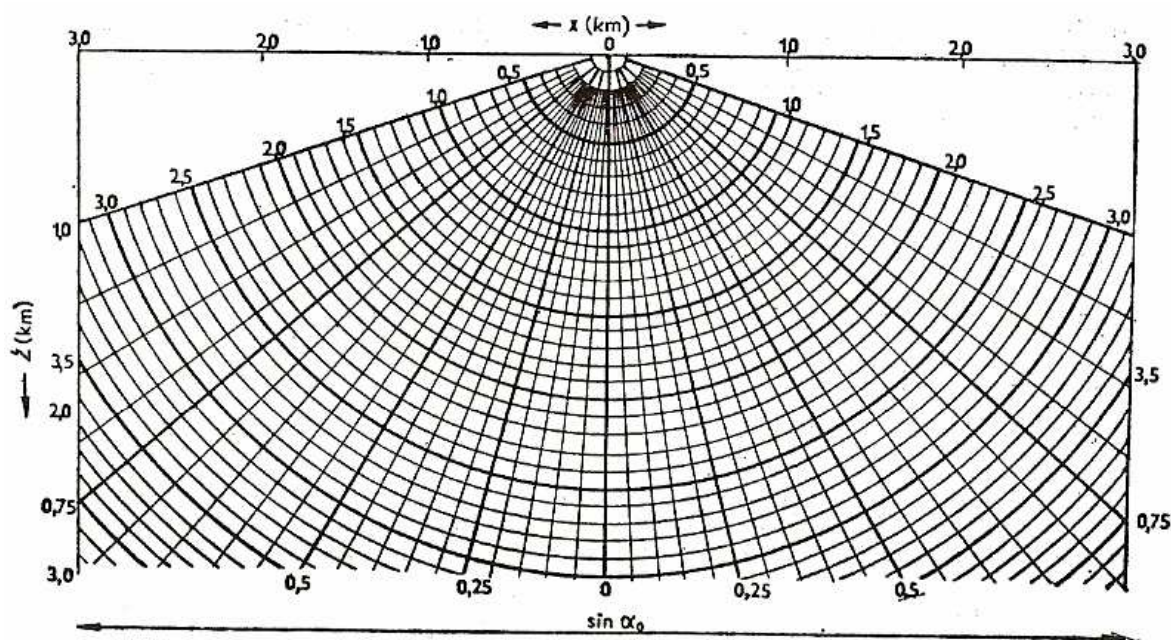
$$\lambda = v \cdot T = \frac{v}{f} = 2\pi \frac{v}{\omega} = \frac{1}{k}, \quad (16)$$

kde k je vlnové číslo.

Čelo seismické vlny, která se šíří prostředím, zaujímá v po sobě následujících časových okamžicích různé polohy. Tedy každému časovému okamžiku jsme schopni přiřadit polohu čela a naopak každé poloze čela můžeme přiřadit určitý časový okamžik. Plochu, která je v daném časovém okamžiku shodná s polohou čela, vlny nazýváme **izochrona**. Oblast, v níž známe čas příchodu vlny v každém bodě, označujeme jako **časové pole**.

Grafickým znázorněním souboru izochron můžeme získat představu o časovém průběhu vlny v různých bodech, to znamená, že budeme schopni určit její časové pole. K vyjád-

ření šíření vlny v prostředí se užívá paprsků.¹ V homogenním prostředí jsou paprsky přímkové, v nehomogenním zakřivené. [4]

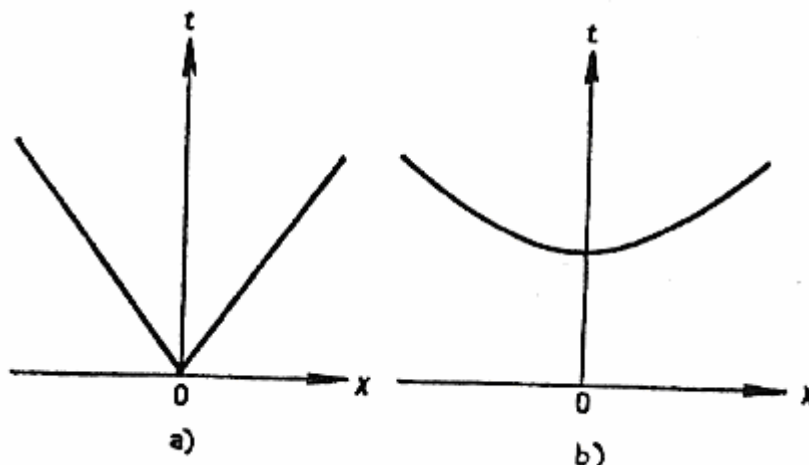


Obrázek 9: Papřkový diagram[4]

Na obrázku 9 je papřkový diagram pro homogenní prostředí, jde o soubor křivek izochron a papřků v rovině (x, z) . $\sin i_0$ značí parametr papřků a t je parametr izochron.

Seismická měření na zemském povrchu se obvykle provádí podél přímkových profilů. V různých bodech těchto přímek zjišťujeme časy příchodu vlny. **Hodochronou** nazýváme graf závislosti času t příchodu vlny na souřadnicích. Rozlišujeme hodochrony povrchové a profilové. Povrchové hodochrony jsou hodochrony sestavené na základě měření v řadě bodů rozložených po určité ploše, hodochrony sestavené podle měření podél určité linie se označují jako hodochrony profilové. Profilová hodochrona může být podélná – zdroj vlnění je umístěn na stejné linii s body pozorování, nebo nepodélná – zdroj vlnění není umístěn na linii pozorování.

¹ Papřsky jsou čáry, které svírají v každém bodě s izochronami pravý úhel.



Obrázek 10: Hodochrony přímé vlny;

a) podélná; b) nepodélná[4]

Zákony šíření čela vlny v elastickém prostředí lze určit z principů geometrické seismiky – Huyghensova-Fresnelova a Fermatova. Podle Huyghensova-Fresnelova principu lze jednotlivé body čela vlny pokládat za elementární zdroje vlnění. Huyghensův princip vyjadřuje rovnice:

$$\left(\frac{\partial t}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial t}{\partial y}\right)^2 + \left(\frac{\partial t}{\partial z}\right)^2 = \frac{1}{v^2(x, y, z)} \quad (17)$$

Funkce $v(x, y, z)$ vyjadřuje rozložení rychlosti šíření seismické vlny prostředím. Řešením této rovnice, avšak za předpokladu, že známe počáteční a hraniční podmínky, je funkce:

$$S(x, y, z, t) = 0, \quad (18)$$

kteřá je pro určitý čas $t = \text{konst.}$ rovnicí čela vlny.

Fermatův princip – princip nejmenšího času, dokazuje, že čas průběhu seismické vlny podél paprsku je menší než čas jejího průběhu po jiné libovolné dráze. Na základě tohoto principu můžeme určit průběh seismického paprsku v prostředí, kde známe rozložení rychlostí. Užití Fermatova principu v obecném případě vede k vyhledání extrémů z integrálu

$$\int_A \frac{ds}{v(x, y, z)}, \quad (19)$$

kde ds je element paprsku a A je délka paprsku. Důsledkem Fermatova principu je přímočaré šíření paprsků homogenním prostředím. Jako další užívaný základní seismický princip se užívá princip superpozice. „Jsou – li v prostředí vlnění vyvolaná různými příčinami, každé z nich existuje a šíří se nezávisle na druhých. Posuny částic prostředí, vyvolané těmito vlnami, se sčítají a výsledné vlnění může být vyjádřeno ve formě jejich součtu.“[4]

1.3 Šíření seismických vln v reálných prostředích

Přírodní prostředí jsou daleko složitější, než homogenní ideálně pružné prostředí. Přírodní prostředí nejsou homogenní ani dokonale elastická. Seismické paprsky se tímto prostředím nešíří přímočaře, ale zakřivují se, dochází k odrazu, lomu apod.

Typy seismických prostředí

Rozlišujeme tři typy seismických prostředí:

Prostředí homogenní – nejjednodušší seismické prostředí. Izochrony v tomto prostředí jsou kulové plochy a paprsky nám vytvářejí svazek přímek, které vycházejí z místa zdroje vlnění.

Prostředí vrstevnaté – nejčastěji se vyskytující prostředí. Jednotlivé vrstvy tohoto prostředí jsou charakterizovány rychlostmi a hustotami. Jednotlivé vrstvy jsou od sebe odděleny seismickými rozhraními. Tato rozhraní mohou být zakřivená i rovinná. Příčina odrazu a lomu seismických vln spočívá v rozdílných hodnotách rychlostí a hustot v jednotlivých vrstvách.

Prostředí s gradientem rychlosti – rychlost se mění v daném prostředí spojitě. Změnu rychlosti s hloubkou vyjadřujeme ve formě $v = v(z)$. Toto prostředí je charakteristické pro sedimentární pánve, kde rychlost roste pod vlivem stoupajícího hydrostatického tlaku s hloubkou. Tento typ prostředí se dále vyskytuje u navětralých podpovrchových hornin.[4]

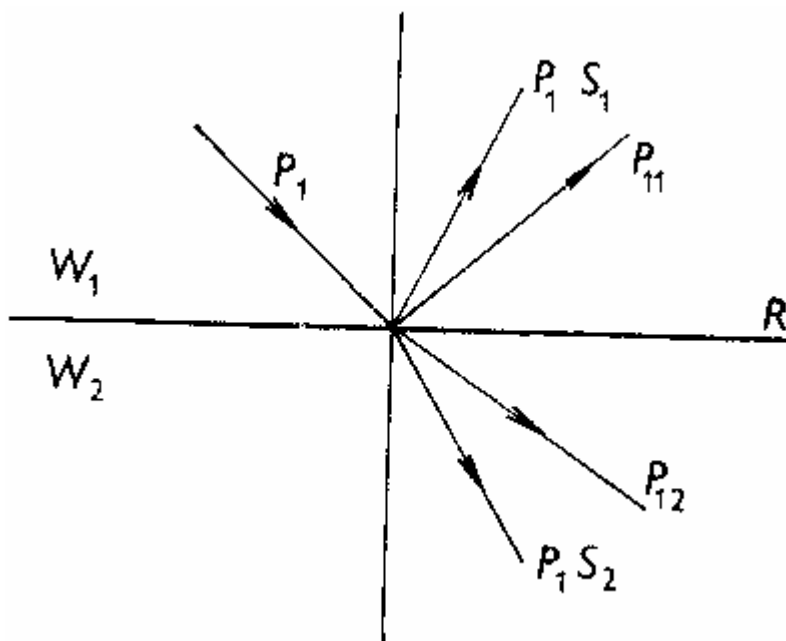
Ani reálná prostředí nemůžeme považovat za prostředí ideálně pružná. Díky tomu dochází v těchto prostředích k přeměně části seismické energie na energii tepelnou. Inten-

zita seismických vln je tudíž zeslabena a následně dochází ke změně tvaru seismického impulsu a jeho spektra. Tento jev je označován jako absorpce.

Odraz a lom seismických vln

Seismické vlny se při dopadu na rozhraní dvou prostředí o různých rychlostech a hustotách odrážejí a lomí. Mějme dvě homogenní prostředí W_1 a W_2 o různých rychlostech P a S vln, která jsou oddělena rovinným rozhraním R . Vlna, která se šíří prostředím W_1 se nazývá **dopadající vlna**. Dále budeme předpokládat, že se jedná o rovinnou podélnou vlnu, to znamená, že její čelo si můžeme představit jako přímku.

Jakmile tato vlna dopadne na rovinné rozhraní R , začnou vlivem její energie vznikat vlny druhotné. V prostředí W_1 vznikají vlny odražené a v prostředí W_2 vznikají vlny lomené. Každá vlna, která dopadá na rozhraní prostředí vyvolává čtyři druhotné vlny, dvě z nich, jsou stejného typu jako vlna dopadající, označujeme je jako vlny monotónní, a další dvě jsou odlišného typu, tyto vlny se označují jako transformované. [4]



Obrázek 11: Vznik druhotných vln na seismiském rozhraní [4]

Při odrazu a lomu vlny se směr čela vlny mění a paprsky se začnou lámat. Směry šíření druhotných vln se určují pomocí Snellova zákona, který je definován pro odraz vlny vztahem:

$$\frac{\sin \alpha_1}{v_1} = \frac{\sin \alpha_2}{v_2}, \quad (20)$$

kde α_1 je úhel dopadu (ke kolmici), α_2 úhel odrazu a v_1, v_2 jsou rychlosti dopadající a odražené vlny. Při odrazu monotónní vlny, kdy $v_1 = v_2$ platí podle Snellova zákona

$$\alpha_1 = \alpha_2, \quad (21)$$

tj., že úhel odrazu se rovná úhlu dopadu.

Z energie dopadající vlny vznikají druhotné vlny. Jelikož energie vlny se projevuje především ve velikosti amplitudy, můžeme hodnotit proces odrazu poměrem amplitudy a_{PP} odražené podélné vlny P_{11} a amplitudy a_{PS} odražené příčné vlny P_1S_1 k amplitudě vlny dopadající a_P . Poměry

$$A_{PP} = \frac{a_{PP}}{a_P}, \quad (22)$$

$$A_{PS} = \frac{a_{PS}}{a_P}, \quad (23)$$

nazýváme **koeficienty odrazu**. Tyto koeficienty závisí na úhlu dopadu, rychlostech a hustotách prostředí, která se přimykají k rozhraní. Při tzv. normálovém dopadu vlny, kdy $\alpha = 0^\circ$, můžeme koeficienty odrazu psát ve tvaru

$$A_{PP} = \frac{\rho_1 v_{P1} - \rho_2 v_{P2}}{\rho_1 v_{P1} + \rho_2 v_{P2}}, \quad A_{PS} = 0 \quad (24)$$

Součin

$$\rho \cdot v = \gamma \quad (25)$$

se nazývá **vlnový odpor**. Z podmínek (24) vyplývá, že odražené vlny vznikají právě tehdy, je – li splněna podmínka

$$\rho_1 v_{P1} \neq \rho_2 v_{P2}. \quad (26)$$

Zákon lomu je dán vztahem odvozeným ze Snellova zákona odrazu

$$\frac{\sin \alpha}{v_1} = \frac{\sin \beta}{v_2}, \quad (27)$$

kde β je úhel lomu. Z tohoto zákona plyne, že procházející paprsek se lomí směrem k normále, jestliže v_2 je menší než v_1 a směrem od normály, jestliže v_2 je větší než v_1 . Seismickým rozhraním nazýváme takové rozhraní, na němž se seismické paprsky lomí.

Stejně jako u zákona odrazu jsme vyjádřili koeficienty odrazu, můžeme podobně stanovit koeficienty lomu ve tvaru

$$B_{PP} = \frac{b_{PP}}{a_P}, \quad (28)$$

$$B_{PS} = \frac{b_{PS}}{a_P}, \quad (29)$$

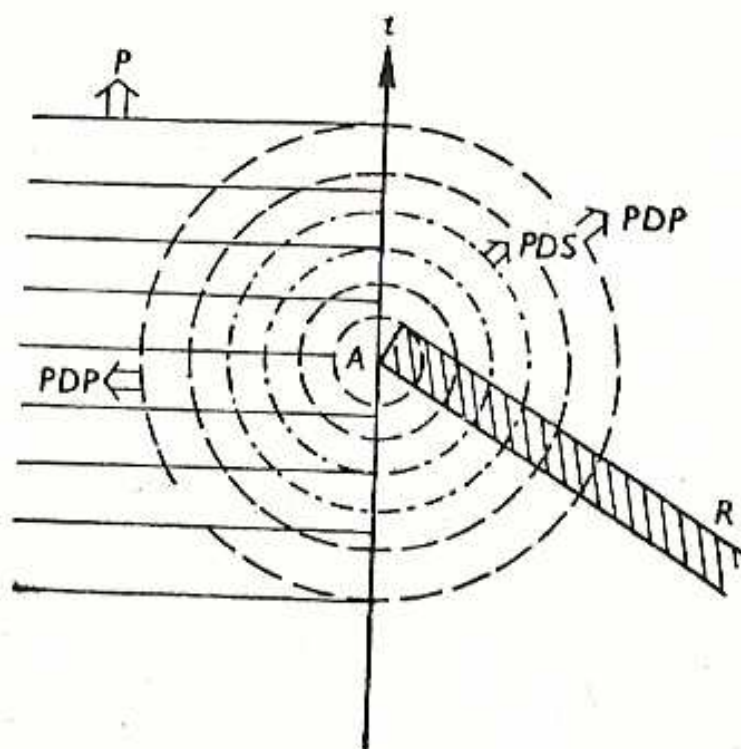
kde b_{PP} je amplituda lomené podélné vlny P_{12} a b_{PS} amplituda lomené příčné vlny P_1S_2 . Koeficienty lomu jsou tedy závislé na úhlu dopadu α a na vlastnostech obou prostředí. Při normálovém dopadu nabývají rovnice (28), (29) tvar

$$B_{PP} = \frac{2\rho_1 v_{P1}}{\rho_1 v_{P1} + \rho_2 v_{P2}} \quad B_{PS} = 0 \quad (30)$$

Difrakce vln

Jestliže se setká seismická vlna na své dráze s oblastí prostředí, ozn. W , jež je podstatně menší ve srovnání s délkou vlny a má výrazně odlišné vlastnosti, pak zde vzniká *difragovaná vlna*, která se od dané oblasti W šíří všemi směry jako od zdroje vlnění.

V seismice mají nejdůležitější význam difragované vlny, které vznikají při dopadu různých vln na poruchu geologických vrstev. Můžeme tedy okrajový bod A, viz. obrázek 12, na čele vlny považovat za elementární zdroj vlnění. [4]



Obrázek 12: Vznik difragované vlny v bodě nehomogenity;

PDP difragovaná podélná vlna; PDS difragovaná příčná vlna; A bod difrakce[4]

1.4 Energie seismických vln a jejich absorpce

Energii seismických vln můžeme vyjádřit pomocí rovnice

$$E = \rho \omega^2 a^2, \quad (31)$$

kde a je amplituda seismické vlny, ρ hustota prostředí a ω kruhová frekvence vlny. Hodnota energie a amplitudy seismické vlny klesají se vzdáleností od bodu výbuchu. Děje se to v důsledku několika faktorů. Hustota energie seismické vlny, která připadá na jednotku plochy jejího čela, klesá úměrně s $\frac{1}{r^2}$, kde r je délka dráhy seismického paprsku. Amplituda vlny také úměrně klesá s $\frac{1}{r}$. Mezi příčiny poklesu amplitudy vlny řadíme geometrický faktor, pohlcování (absorpce) seismické energie. Geometrický faktor je příčina poklesu amplitudy, který je způsobený rostoucí vzdáleností od zdroje. Ab-

sorpce je způsobená nedokonalostí hornin. Amplituda vlny klesá se vzdáleností exponenciálně

$$a_x = a_0 \exp(-\alpha x), \quad (32)$$

kde jsme zvolili a_x jako amplitudu v bodě o vzdálenosti x od bodu S , a_0 jako amplitudu vlny v bodě S v blízkosti zdroje a α se nazývá koeficient absorpce, který je závislý na frekvenci seismické vlny. Tj. čím vyšší je frekvence vlny, tím vyšší je absorpce seismické energie. Tento koeficient závisí také na litologickém charakteru horniny, tj. je – li hornina více zpevněna, tím více se podobá ideálně pružnému prostředí a koeficient absorpce je menší. Nejčastěji se používají koeficienty absorpce zjišťované z hodochron čelných vln, tzv. hraniční koeficienty, které jsou platné pro prostředí, po jehož povrchu se vlna šíří.[4],[14]

Při absorpci dochází k tomu, že jsou pohlcovány hlavně vyšší frekvenční složky spektra. Zároveň se mění i tvar a amplituda vlnění. Koeficient absorpce je někdy nahrazován tzv. dekrementem absorpce, ozn. θ charakterizující absorpci na vzdálenost jedné vlnové délky, tj. platí

$$\theta = \alpha \lambda, \quad (33)$$

1.5 Hlavní části seismických aparatur a principy jejich funkce

Jako seismickou aparaturu označujeme zařízení, které slouží k úpravě a registraci seismického signálu. Tyto aparatury prodělaly za poslední dobu velmi bouřlivý rozvoj, který byl především spojen s přechodem na digitální registraci seismických dat. Stále se však používají i starší způsoby registrace.[4]

Seismické vlny při svém příchodu k zemskému povrchu způsobují pohyb půdních částic. Jejich mechanická energie je následně přeměňována na elektrický signál pomocí tzv. **geofonů**. Tento elektrický signál je následně veden do zesilovačů, kde je zesilován a filtrován (frekvenčně upravován), dále postupuje do registračního zařízení, kde je zaznamenáván ve formě reprodukovatelného nebo nereprodukovatelného zápisu. Definitivní (nereprodukovatelný) zápis se využívá k hodnocení seismických měření přímo,

kdežto prozatímní (reprodukovatelný) záznam může být dále ještě zpracováván buď v seismické stanici, nebo ve vyhodnocovacím středisku.

Geofony

Jedná se o vstupní části seismického kanálu. Geofony plní funkci převádění mechanického kmitání částic příchodem seismické vlny na elektrický signál. Principů, které tuto přeměnu umožňují je celá řada. V dnešní době se využívá pro pozemní měření indukční geofony a pro měření na moři hydrogeofony (piezoelektrické geofony). [4]

Indukční geofony se skládají ze dvou hlavních částí – pevné a pohyblivé. Pevná část je tvořena pláštěm, naspodu bývá zpravidla hrot, který plní funkci zlepšení kontaktu s půdou. S pláštěm jsou pevně spojeny permanentní magnety, které uvnitř pláště vytváří magnetické pole. Druhá část geofonu, část pohyblivá, je tvořena cívkou, která je zavěšená na pružině uvnitř geofonu, současně plní funkci setrvačné hmoty. Jakmile se seismická vlna přiblíží ke geofonu, rozkmitá se plášť geofonu s magnetem, který kmitá souhlasně jako částice okolí, zatímco setrvačná hmota se snaží zůstat v klidu. Tím vzniká relativní pohyb cívky v magnetickém poli, podmiňující vznik elektromotorického napětí. Geofon můžeme považovat za lineární systém, kde na vstupu je rychlost pohybu pláště geofonu ozn. $\eta(t)$ a na výstupu je střídavé napětí $U(t)$. [4]

Pohybovou rovnici, která vyjadřuje kmitavý pohyb geofonu můžeme vyjádřit ve tvaru

$$\frac{d^2U}{dt^2} + 2h\frac{dU}{dt} + \omega_0^2U = a\frac{d^2\eta}{dt^2}, \quad (34)$$

kde h je koeficient útlumu, ω_0 je kruhová frekvence vlastních kmitů geofonu, a je veličina závislá na koeficientu elektromechanické vazby a na odporu geofonu. Koeficient útlumu můžeme psát ve tvaru

$$h = \frac{G}{2M}, \quad (35)$$

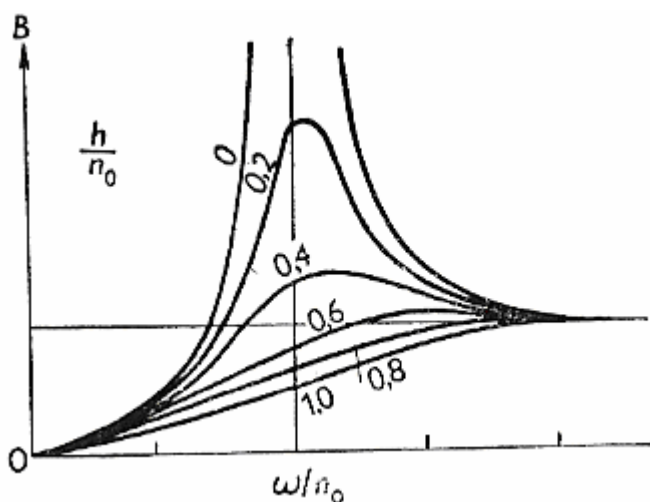
kde G je koeficient tlumení v důsledku tepelných ztrát v elektrické části přístroje, M je velikost setrvačné hmoty.

Kruhovou frekvenci ω_0 můžeme zapsat jako

$$\omega_0 = 2\pi f_0 = \sqrt{\frac{N}{M}}, \quad (36)$$

kde M je velikost setrvačné hmoty a veličina N se nazývá koeficient pružnosti pružiny.

Na obrázku 13 jsou znázorněny frekvenční charakteristiky geofonu. Jak si můžeme všimnout, geofony potlačují složky signálu frekvenčně nižší, než je vlastní frekvence geofonu.



Obrázek 13: Frekvenční charakteristiky geofonu

[4]

Při samotné konstrukci geofonů se vlastní frekvence f_0 volí nižší, než frekvence, které nechceme, aby byly geofonem zkreslovány. Koeficient útlumu h se obvykle volí tak, aby charakteristika geofonu měla ve své střední části co nejdále přímkový průběh.[4]

Zesilovače

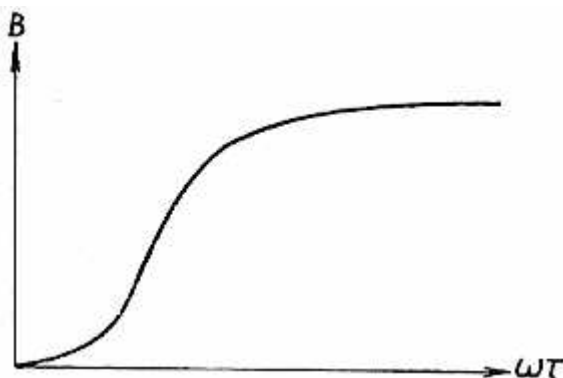
Další částí seismických aparatur jsou zesilovače. Zesilovače v seismickém kanálu plní 3 základní úkoly

- Regulace amplitud seismického signálu
- Provádění frekvenční filtrace seismického signálu

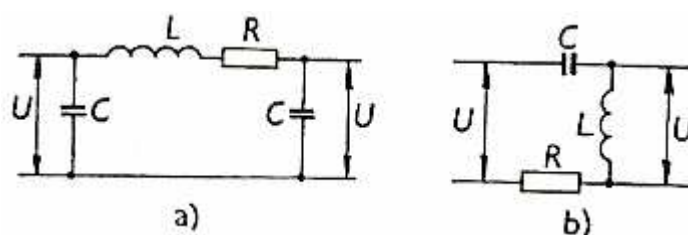
- Zesílení procházejícího signálu na takovou úroveň, aby mohl být čitelně registrován

Zesilovač buď plní všechny tyto tři základní funkce, nebo plní jen některé z nich. Záleží na tom, je – li umístěn v registračním nebo reprodukčním obvodu. Zesílení seismického signálu musí být takové, aby tento signál mohl být zapsán s dostatečnou intenzitou a mohl být použit pro další interpretaci. Zesilování probíhá pomocí tranzistorů.

V seismických zesilovačích se užívají elektrické filtry, které se skládají z odporů a kondenzátorů, tzv. RC filtry nebo indukčností a kondenzátorů, tzv. LC filtry. Oba tyto typy filtrů mohou potlačovat vysoké i nízké frekvence. Velmi často se používá kombinace dvou filtrů, které propouští pouze úzké pásmo frekvenčního spektra. [4]



Obrázek 14: Frekvenční charakteristika zesilovače [4]



Obrázek 15: Seismické filtry;

- a) základní schéma nízkofrekvenčního filtru;
b) základní schéma vysokofrekvenčního filtru [4]

Standardní seismické aparatury mají většinou frekvenční rozsah 5 – 200 Hz. Některé aparatury obsahují tzv. zářezové filtry, které mají velmi strmou charakteristiku a potlačují frekvence 50 a 60 Hz. Důvodem potlačení je zabránění indukci z vedení vysokého napětí. [4]

Registrační a pomocná zařízení

Jak již bylo výše zmíněno, seismický signál po zesílení a filtraci putuje do registračního zařízení, kde je zaznamenáván buď prozatímně, nebo definitivně, hovoříme tedy o reprodikovatelném, nebo nereprodikovatelném zápisu. Reprodikovatelný zápis je vždy vytvořen v terénu, kdežto nereprodikovatelný zápis, může být také získán v terénu, ale většinou se pořizuje až později. [4]

Seismický signál se dá registrovat různými způsoby. Nejpoužívanější byl přímý oscilografický zápis. V dnešní době se používá spíše magnetický zápis klasický nebo v digitální formě. Způsob registrace na magnetickou pásku se děje na základě na principu jako u magnetofonu pomocí magnetických hlavic. Klasický magnetický zápis a oscilografický zápis bývají často označovány jako analogové zápisy na rozdíl od digitálního zápisu. Rozdíl je v tom, že u analogových zápisů je seismický signál registrovaný jako spojitá funkce času, zatímco u digitálních jde diskrétní (oddělené) časové intervaly. Jako další speciální způsoby registrace můžeme uvést např. přímý číselný zápis pro malé hloubky a různé druhy zápisů, např. na světlocitlivý nebo elektrocitlivý papír, které se užívají hlavně v terénu pro kontrolu kvality seismického materiálu. [4]

2 SOPEČNÁ ČINNOST

Sopečnou činností, nebo-li vulkanismem označujeme všechny projevy magmatické aktivity, například vlastní pronikání magmatu² na zemský povrch, nebo různé exploze plynů a par. S vulkanickou činností také souvisí výrony horkých par a plynů, prameny termálních vod. Vulkanickou činnost také někdy doprovází slabší zemětřesení, které je způsobené pohybem magmatu. [6]

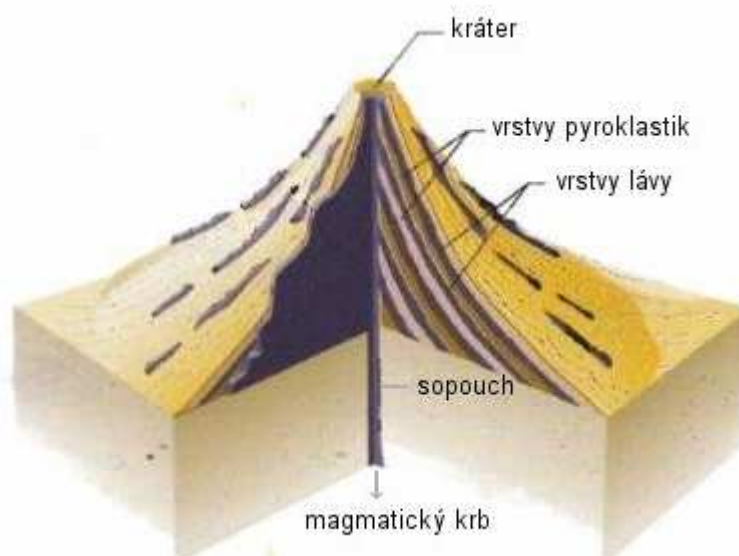
Magma vzniká tavením hornin spodní části zemského povrchu, nebo tavením spodního pláště za velmi vysokých teplot – 650°C -1200°C. Díky nižší teplotě stoupá toto magma vzhůru. Pokud se dostane až k zemskému povrchu, dochází k erupci, může však nastat i situace, že magma ztuhne v zemské kůře, vznikají pak podpovrchová magmatická tělesa jako např. plutony nebo batolity. [7]

Existuje několik příčin proč dochází ke zvýšení teploty a tavení hornin. První příčinou může být například větší koncentrace radioaktivních izotopů – energie je uvolňována jejich rozpadem, další příčinou mohou být například tektonické tlaky (např. subdukce desek).[8]

Rozmístění sopek ve světě je však velmi nerovnoměrné, protože teplo, které je potřebné k natavení hornin a vzniku magmatu, je k dispozici jen lokálně. Územně je výskyt sopek, stejně jako výskyt zemětřesení, především vázán na styky litosférických desek a na tektonické zlomy.[7]

Většina z nás si pod sopkou představí sopečný kužel, ovšem existují různé typy a tvary sopek. Většina sopek vytváří mírný pahorek nebo kopec, který je tvořený utuhlou lávou a pyroklastiky – sopečnými vyvrženinami. Ideální sopka se skládá z **magmatického krbu**, ze kterého směrem vzhůru pokračuje **sopouch**, který plní funkci jakéhosi kanálu, který přivádí magma ke **kráteru** nebo-li sopečnému jícnu.[6],[7]

² Horninová tavenina, která obsahuje plyny a páry, na povrchu země se označuje jako láva

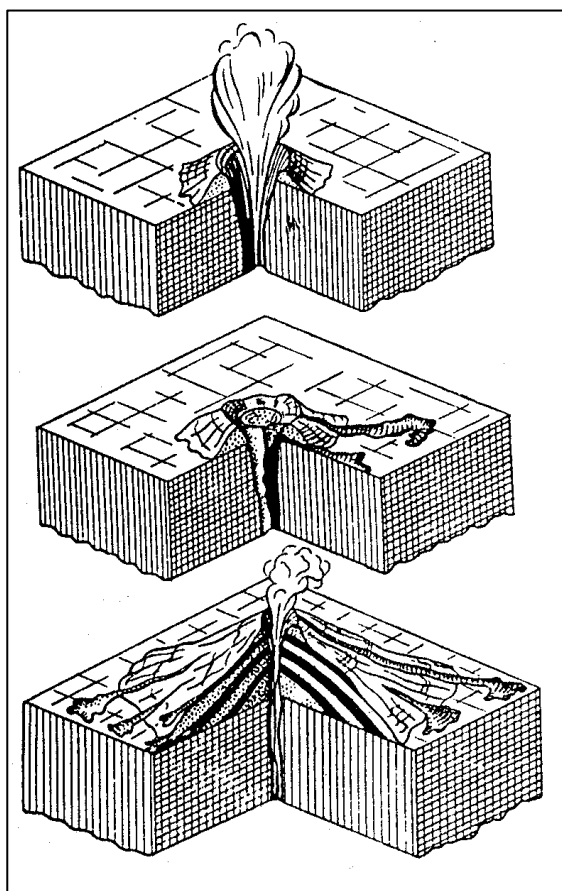


Obrázek 16: Řez sopkou[3]

Sopečná činnost je vyvolána tlakem plynů uvolněných z magmatu. Tato erupce nastává tehdy, když tlak plynů vyvolá tak silné napětí, že dojde k proražení poslední překážky, která dělí magma od zemského povrchu. Na začátku erupce nejdříve unikají plynné látky a následně dochází k samotným výlevům láv. Kromě magmatu a plyných látek sopky také chrlí i pevné látky - pyroklastika, což jsou nesoudržné sopečné vyvrženiny, které sopka chrlí ještě před samotným vyléváním lávy na povrch země. Jde například o sopečné balvany, které dolétávají několik kilometrů od kráteru, nebo sopečný písek, sopečné bomby ale také sopečný popel, který dolétne až stovky kilometrů od kráteru. [6]

Vulkány můžeme rozdělit do několika skupin. Dle charakteru erupce dělíme sopky na **explozivní** (výbušné) a **efuzivní** (výlevné). Explozivní sopky jsou způsobeny erupcí plynů. Tyto sopky mají jen nízké valy z pyroklastik kolem nálevkovitě rozšířeného výbuchového hrdla. Efuzivní vulkány jsou charakteristické především výlevem lávy. Dále můžeme sopky rozdělit podle materiálu, z kterého jsou složeny na sopky tvořené nesouvislými sopečnými vyvrženinami – sopky **tufové**, **stratovulkány** a sopky **lávové**. Stratovulkány jsou tvořené střídáním nahromaděného pyroklastického materiálu a lávových výlevů. Lávové sopky jsou především tvořené lávovými výlevy. Další dělení sopek může být podle toho, kdy naposledy vykazovaly svoji aktivitu a to sopky **vyhaslé** u kterých nebyla v historické době zaznamenána žádná erupce, **činné** sopky, které vykazují v průběhu historie erupční činnost a sopky **dřímající**, které neměly žádnou erupci, ale u

kterých doprovodné ukazatele značí jisté riziko. Podle počtu erupcí můžeme také sopky rozdělit na monogenetické a polygenetické.

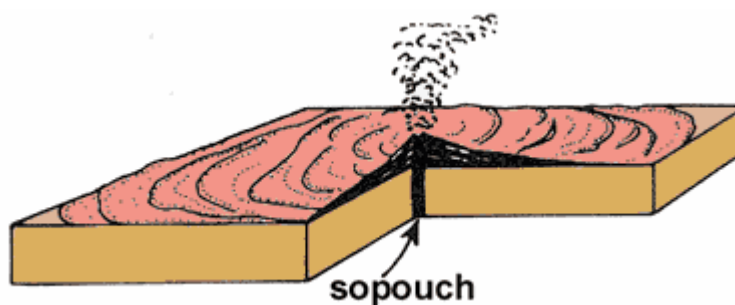


Obrázek 17: Vývoj stratovulkánu[16]

Hlavním a nejdůležitějším projevem aktivní sopky je sopečná erupce. Rozeznáváme sopečnou erupci **centrální**, **lineární** a **areální**. Centrální (středová) erupce je charakteristická u sopek, u nichž je magma přiváděno k povrchu země sopouchem. Tyto erupce jsou nejvíce zastoupeny. Lineární (čárové) erupce vznikají tehdy, kdy se magma dostává k povrchu země po tektonických strukturách a po hlubokých puklinách, kde se pak láva vylévá na povrch a vytváří zde lávové příkrovy. Areální (plošné) erupce vznikají tehdy, když se nějaké magmatické těleso dostane k povrchu země a následně dojde k protavení nadložních hornin, tudíž se magma dostane na zemský povrch. Jestliže tato tělesa utuhnou, mají na povrchu charakter výlevných hornin.[7]

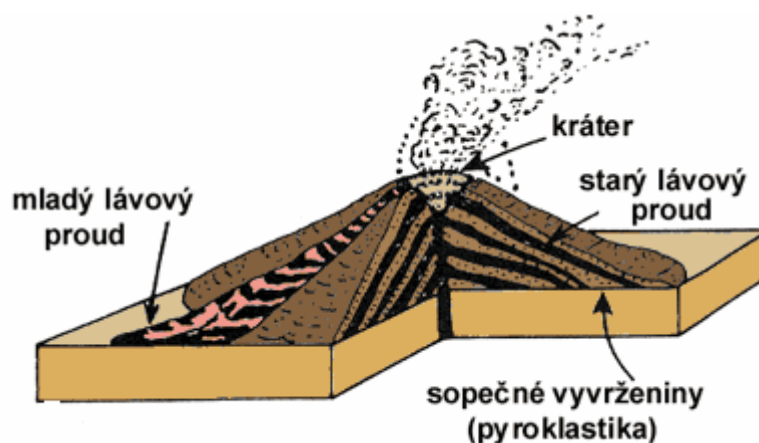
Druhy erupcí závisí na mnoha faktorech, například kolik magmatu je uvnitř sopky, jaká je jeho teplota a složení, zda je či není přítomna voda. Rozlišujeme tyto typy erupce:

- Pliniiovský typ – pojmenován po starověkém Římanovi Pliniovi mladším, který popsal erupci Vesuvu v roce 79 n.l. Tento typ erupce může vyvrhovat hmotu asi 45 kilometrů vysoko. [21]
- Havajský typ - pojmenovaný po Havajských ostrovech. Při těchto erupcích dochází k tomu, že z horkého tekoucího magmatu se tvoří toky lávy a někdy i lávová jezera. Počáteční stádia jsou bohatá na plyn a mohou vytvářet ohnivé fontány, které dosahují do výšky asi jednoho kilometru. [21]



Obrázek 18: Havajský typ [22]

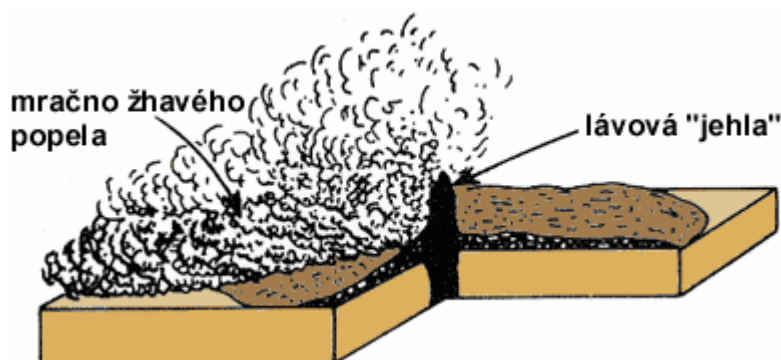
- Strombolský typ - pojmenován po italské sopce Stromboli. Tento typ erupce vyvrhuje žhavé horniny až do výšky 200 metrů. [21]



Obrázek 19: Strombolský typ [22]

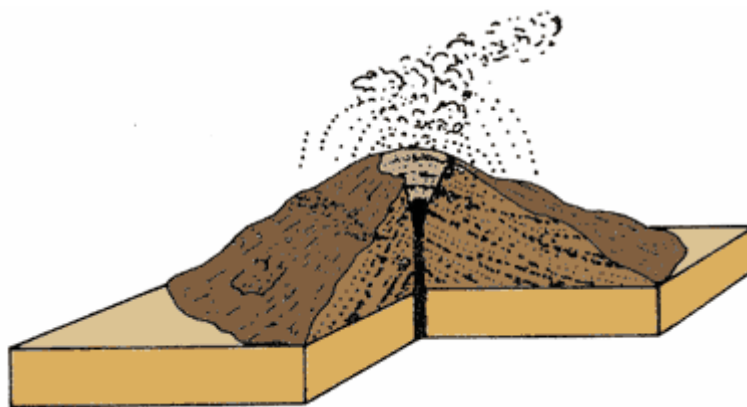
- Peléský typ – pojmenované po Mount Pelée na ostrově Martinik. Tyto erupce jsou podobné vulkánskému a pliniánskému typu, ale v okamžiku, kdy dojde k

náhlému kolapsu dómu s lávou, vytvářejí tyto erupce velké, rychle se pohubující toky horkého plynu, hornin a popela, které jsou poháněné gravitací. [21]



Obrázek 20: Peléský typ [22]

- Vulkánský typ – pojmenován po italské sopce Volcano na Liparských ostrovech. Erupce mohou chrlit popel do výšky 20 kilometrů a mohou rozptýlit materiál na větší plochu než v případě erupcí strombolského typu. Tyto erupce jsou co se týče objemu malé. [21]



Obrázek 21: Vulkánský typ [22]

- Surtseyánský typ – pojmenován po ostrově Surtsey, který vznikl v roce 1963 u pobřeží Islandu. Při této erupci na sebe navzájem působí horké magma a velké

množství mořské vody na mělčině. Dochází ke vzniku kužele z úlomků hornin. [21]

Pro kategorizaci velikosti a síly erupce se používá tzv. index sopečné aktivity VEI (z angl. Volcanic Explosivity Index). Index je v logaritmické škále, to znamená, že nárůst o jedničku na této škále představuje desetinásobný nárůst velikosti a síly erupce.[21]

Tabulka 1: Index sopečné aktivity [15]

	Charakteristika	Výška sopečného oblaku	Objem vyvržené hmoty	Periodicita
0	Neaktivní	Méně než 100 m	Tisíce m ³	denně
1	Mírná aktivita	100 – 1000 m	Desetitisíce m ³	denně
2	Střední aktivita	1000 – 5000 m	Miliony m ³	1x za týden
3	Silná aktivita	3000 – 15000 m	Desítky milionů m ³	1x za rok
4	Extrémní aktivita	10 000 – 25 000 m	Stovky milionů m ³	1x za desítky let
5	Náhlá sopečná exploze	Více než 25 000 m	1 km ³	1x za stovky let
6	Kolosální exploze	Více než 25 000 m	Desítky km ³	1x za stovky let
7	Superkolosální exploze	Více než 25 000 m	Stovky km ³	1x za tisíce let
8	Megakolosální exploze	Více než 25 000 m	Tisíce km ³	1x za desítky tisíc let

2.1 Geotermální energie

Jedná se o nejstarší energii na planetě Zemi. Geotermální energie vzniká rozpadem radioaktivních látek a působením slapových sil. Jako projevy geotermální energie se označují erupce sopek a gejzírů, parní výrony nebo horké prameny. Geotermální energie se řadí do obnovitelných zdrojů energie – nemusí to tak být vždy, jelikož některá ložiska, z nichž se geotermální energie čerpá, mají zásobu jen na několik desítek let. Tuto energii lze jí využít jako zdroj tepelné i elektrické energie.[18],[19]

Tento druh energie lze využít k vytápění budov i pro výrobu elektřiny. Ovšem výstavba geotermální elektrárny je velice drahá a její provoz může vyvolávat i otřesy půdy.[19]

Pokud tímto druhem energie chceme vytápět budovy, využívají se k tomu tepelná čerpadla. Bohužel tato možnost vytápění není vhodná pro každou budovu, jelikož dům nemusí vyhovovat geologickým parametrům, nebo nepřístupnosti vrtné techniky. Toto čerpadlo je závislé na přírodním zdroji, kterým může být vzduch či voda, díky němuž dokáže čerpadlo vyrobit energii potřebnou pro vytápění domů. Pravdou je, že toto čerpadlo nám sice ušetří až 80% nákladů, ale jeho cena je velmi vysoká. Uvádí se, že návratnost investice je 3-8 let. [19], [20]

Geotermální energii můžeme rozdělit do tří skupin, z nichž každá má jiný způsob využití. Jedná se o nízkoteplotní zdroj, středně teplý zdroj a vysokoteplotní zdroj. Nízkoteplotní zdroje jsou k dispozici již pár metrů pod povrchem, teploty nedosahují více než 150°C a využívají se především pro vytápění budov a jsou vhodné i pro využití tepelných čerpadel. Středně teplý zdroj dosahuje teploty 150°C – 200°C a využívá se pro vytápění budov i k výrobě elektřiny. Třetí skupinou je vysokoteplotní zdroj, který se nachází několik kilometrů pod povrchem Země a dosahuje teploty nad 200°C a slouží především k přímé výrobě elektrické energie.[19]

Tato energie se v dnešní době využívá například na Islandu, hlavně k vytápění domů, skleníků, bazénů apod. Mezi další země, které ve větší míře využívají geotermální energii patří USA, Velká Británie, Francie, Švýcarsko, Německo a Nový Zéland. [18],[20]

V České republice se tento druh energie využívá především v Ústí nad Labem pro vytápění zoologické zahrady a k vytápění plaveckých bazénů.

3 PROJEKTOVÉ VYUČOVÁNÍ

V dnešní době se usiluje o aktivizaci žáka při výuce na školách. Využívají se tedy různé metody jak motivovat žáka k aktivní činnosti. Jednou z metod, která je v současnosti velkým trendem je projektové vyučování. Projektové vyučování je součástí RVP a tak se s touto metodou jistě na každé škole setkáme.

Projektové vyučování je metoda výuky, která zahrnuje sérii úkolů, které žáci plní individuálně nebo ve skupinách. Tato série úkolů se může zabývat různými situacemi, s kterými se můžeme setkat ve všedním životě. Projektové vyučování probíhá ve třech fázích: **příprava, realizace, ukončení a vyhodnocení.**

Projektové vyučování klade důraz na:

1. Zájmy žáků. Tyto zájmy jsou často produktem zkušeností žáků.
2. Zodpovědnost a spolurozhodování žáků při sestavování projektu
3. Kooperaci, komunikaci, interakci a týmovou práci účastníků
4. Interdisciplinaritu

Samotná realizace projektového vyučování není omezena třídou, učitelem a předmětem, ale může se uskutečňovat v rámci několika ročníků, či celé školy, i v rámci propojení několika předmětů.

3.1 Projekt č. 1

Název:	Zemětřesení
Autor:	Jitka Hrbatová 2.ročník magisterského studia M – F PřF UP Olomouc
Realizace:	Gymnázium Jevíčko, 4.S
Vzdělávací oblast:	Člověk a příroda, Člověk a společnost
Klíčové kompetence:	Kompetence k učení, kompetence k řešení problému, komunikativní kompetence, sociální a personální kompetence, pracovní kompetence, občanské kompetence
Mezipředmětové vztahy:	Fyzika, Zeměpis, Výpočetní technika, Matematika

Úkol:	1. Zjistit propojení fyziky a geologie 2. Vytvořit ke zvolenému tématu obrázky, postery, které by vystihovaly základní údaje k tématu a mohly by být použity ve vyučovacích hodinách.
Návrh řešení:	ad.1 Zeměpis – litosférické desky, vznik zemětřesení, druhy zemětřesení, důležité pojmy související se zemětřesením (epicentrum, hypocentrum, ohnisko zemětřesení, apod.), zemětřesení v ČR, popř. mapa zemětřesných oblastí... Fyzika – měření síly zemětřesení, magnitudo, MCS stupnice, Richterova stupnice, seismologie, seismometrie, seismografy, seismometry - typy, elastické vlny – P vlna, S vlna, apod. Seismické inženýrství – opatření na zmírnění dopadů zemětřesení- technická, výchovná apod., dopady na lidstvo – aktuální zemětřesení na Haiti.
Typ projektu:	krátkodobý, 3- 4 VH
Cíl projektu:	Naučit se pracovat v týmu, komunikaci, interakci, zodpovědnosti, vyhledávat informace, pracovat s literaturou. Efektivně využívat moderní informační technologie, aplikovat poznatky z jednotlivých předmětů v běžném životě.
Výstupy:	Výsledkem projektu bude žákův vypracovaný pracovní list, obrázky a poster vhodný k umístění na nástěnku do třídy, demonstrace pokusu Tsunami na talíři.
Rozdělení práce:	Žáci budou pracovat v rámci jedné třídy jako jeden tým, kdy si sami podle svého uvážení rozdělí práci, která souvisí s vyhledáváním pojmů a na tvorbou posterů, fotografií apod.

Hodnocení: Žáci budou hodnoceni především za obsah práce, množství a správnost nalezených informací, jejich zpracování, diskusi získaných výsledků, porovnání se skutečností; zohledňovaná bude také úprava, estetická úroveň a logická struktura projektu.

Doporučená literatura: www.gweb.cz
<http://www.sci.muni.cz>
<http://fyzweb.cz>
<http://www.parautochthon.com>
Procházková Dana. *Seismické inženýrství na prahu třetího tisíciletí*. Praha 2002
Halliday, David. *Fyzika*. Prometheus, Praha 2000
Encyklopedie, učebnice zeměpisu a fyziky

3.2 Projekt č. 2

Název: Vulkanismus

Autor: Jitka Hrbatová
2.ročník magisterského studia M – F PřF UP Olomouc

Realizace: Gymnázium Jevíčko, 5.S

Vzdělávací oblast: Člověk a příroda, Člověk a společnost, Člověk a zdraví

Klíčové kompetence: Kompetence k učení, kompetence k řešení problému, komunikativní kompetence, sociální a personální kompetence, pracovní kompetence, občanské kompetence

Mezipředmětové vztahy: Fyzika, Zeměpis, Biologie, Chemie, Výpočetní technika

Úkol: 1. Vyhledat důležité pojmy související s vulkanismem
2. Realizovat jednoduchý pokus

Návrh řešení:

ad.1

Nastudujte důležité pojmy z hlediska zeměpisu a fyziky, které souvisí se sopečnou aktivitou a na základě získaných informací se zamyslete do jaké míry tato aktivita člověka ohrožuje a zda se dá nějak tato aktivita využít, aby byla pro lidstvo užitečná, pokud ano, tak jak? Jak je to se sopečnou aktivitou na našem území?

ad.2

Realizujte jednoduchý pokus, který bude demonstrovat aktivní sopku chrlící lávu. Pokus berte jako laboratorní cvičení. Výsledkem tohoto pokusu bude stručný popis, jak sopku vyrobit, které pomůcky jste použili, fotografie.

Typ projektu:

krátkodobý, 3- 4 VH

Cíl projektu:

Spolupráce ve skupině, aktivita, tvořivost, samostatné vyhledávání informací, zodpovědnost, uvědomění si mezi-předmětové povahy svého okolí

Výstupy:

Výsledkem projektu bude vytvoření fotografií, posterů vhodných k použití např. ve vyučování a vytvoření křížovek, doplňovaček pro žáky nižšího gymnázia.

Rozdělení práce:

Žáci budou pracovat ve 5-6 členných skupinkách, kdy si sami podle svého uvážení rozdělí práci na projektu.

Hodnocení:

Žáci budou hodnoceni především za množství a správnost nalezených informací, jejich zpracování a estetičnost. Do hodnocení se promítne i vytvoření posterů, popř. fotografií z realizace projektu.

Doporučená literatura: www.gweb.cz,
 www.sci.muni.cz,
 Jakeš P.,Kozák, J. Vlny hrůzy: zemětřesení, sopky a tsunami.
 Encyklopedie, popř. časopisy – např. 21.století apod

3.3 Vyhodnocení projektů

3.3.1 Zemětřesení

Projekt s názvem „Zemětřesení“ byl realizován na Gymnáziu v Jevíčku ve čtvrtém ročníku osmiletého studia. Realizace projektu probíhala v učebně fyziky, kde měli studenti i přístup na internet pro vyhledávání informací. Ve třídě je 20 žáků, na projektu pracovali jako jeden tým, pokus demonstrovali ve dvojicích. Průběh projektu je nastíněn v následující tabulce

Tabulka 2: Průběh projektu

1. vyučovací hodina	• Seznámení s projektem • Vyhledávání informací souvisejících se zemětřesením
2.vyučovací hodina	• Vypracování pracovního listu
3. vyučovací hodina	• Tvorba posteru
4.vyučovací hodina	• Demonstrace pokusu Tsunami na talíři • Hodnocení

Průběh projektu

V úvodu byli žáci seznámeni s návrhem projektu, zvolili si vedoucího týmu a následně začali vyhledávat informace potřebné i k vypracování pracovního listu.

V následující hodině byl rozdán pracovní list (viz. příloha č. I pro žáky a příloha č.II pro učitele), kde v úvodu bylo několik slov o zemětřesení. Následovala krátká doplňo-

vačka. Další částí byl popis seismografu. I když žáci byli upozorněni na to, že z textu, který měli v pracovním listu vyčtou potřebné informace, zjistila jsem, že neumí s textem vůbec pracovat, tudíž popis seismografu činil velký problém.

Další dvě vyučovací hodiny se žáci věnovali vyhledáváním informací pro tvorbu posteru a pro demonstraci pokusu Tsunami na talíři.

V poslední vyučovací hodině proběhla demonstrace pokusu Tsunami na talíři.

Hodnocení projektu

Do hodnocení projektu zahrnuji vypracování pracovního listu. Co se týká doplnění slov a názvů nesetkala jsem se s problémy a tuto část pracovního listu hodnotím velmi dobře. Vzhledem k nízkým znalostem žáků v celé třídě a malému zájmu o spolupráci na tomto projektu se mi jeví jako jeden z nejlépe vypracovaných pracovních listů – pracovní list žákyně 4.S Veroniky Řehořkové, který uvádím v příloze č.V.

Co se týče samotného posteru, který měli žáci v rámci projektu zhotovit, musím zhodnotit celkový výsledek posteru jako neuspokojivý. I přes moje rady a náměty si žáci ne nechali poradit a do posteru neumístili žádný obrázek, ani další informace, zajímavosti, které se dozvěděli z možných zdrojů. Obrázek tohoto posteru je součástí přílohy č.VI.

Dalším úkolem byla demonstrace pokusu Tsunami na talíři. Své pozorování zpracovali do protokolu. Pracovní list obsahoval motivační cvičení k dané problematice a měl posloužit jako inspirace k řešení projektu.

Co se týče výsledků ve výuce fyziky obecně, patří žáci této třídy k slabším, což se projevilo i při práci na projektu. Žáci byli pasivní a bez zájmu o danou problematiku. Žáci nebyli hodnoceni kvantitativní známkou. V závěrečném hodnocení však učitel vyslovil zklamání nad jejich přístupem a neaktivitou.

3.3.2 Vulkanismus

Projekt s názvem „Vulkanismus“ byl realizován na Gymnáziu v Jevíčku v pátém ročníku osmiletého studia. Realizace celého projektu probíhala v učebně fyziky, kde měli žáci pomůcky k realizaci pokusu, i přístup na internet pro vyhledávání informací. Ve

třídě je 21 žáků, kteří byli rozděleni do 4 skupin, 3 skupiny byli po 5 žácích, jedna skupinka po 6.

Průběh projektu je znázorněn v následující tabulce

Tabulka 3: Průběh projektu

1.vyučovací hodina	• Seznámení s projektem • Vyhledávání informací
2.vyučovací hodina	• Vypracování pracovního listu
3.vyučovací hodina	• Zpracování informací do posterové podoby • Příprava na realizaci pokusu
4.vyučovací hodina	• Demonstrace pokusu • Představení prací • Hodnocení

Průběh projektu

V úvodu samotného projektu byli žáci seznámeni s jeho návrhem a následně se rozdělili do skupin, ve kterých vyhledávali informace k danému tématu. Dostali jen téma a sami si postupně tvořili pojmovou mapu z dostupných materiálů.

V následující hodině byl rozdán pracovní list, jehož stěžejní částí byl popis stratovulkánu, doplnění pojmů souvisejících se sopečnou činností a z hlediska fyziky využití geotermální energie. (viz. příloha č.III pro žáky a č.IV pro učitele)

V dalších dvou hodinách žáci sbírali informace na tvorbu posterů a připravovali si pomůcky a potřebný materiál k pokusu, který měl demonstrovat aktivní sopku chrlící lávu. Na tento pokus se připravovaly pouze 2 skupinky, zbylé dvě měly za úkol místo pokusu vymyslet křížovku, osmisměrku, nebo doplňovačku pro žáky z nižších ročníků, kteří se přišli dozvědět něco o sopečné činnosti.

Hodnocení projektu

Závěrečná fáze projektu probíhala v představení jednotlivých posterů před třídou. Tyto postery měli žáci zpracované tak, aby na sebe nějakým způsobem navazovali. První skupinka vytvořila poster, který obsahoval základní informace o sopkách. Druhá skupinka se věnovala druhům erupcí třetí si zvolila jako téma svého posteru zajímavosti sopečné činnosti a poslední skupina měla geotermální energii. Všechny tyto postery jsou obsaženy v příloze č. VII.

Co se týče vypracování pracovního listu žáky, musím říct, že se tato třída velmi dobře připravila na tvorbu projektu a s pracovním listem nebyly žádné problémy. Jako jeden z nejlepších pracovních listů považuji list Kateřiny Ambrozové, který je součástí přílohy č.VIII. Jako jeden z méně vydařených pracovních listů jsem vybrala pracovní list Filipa Jeníše, viz příloha č. IX.

V poslední fázi projektu byli pozvaní na prezentaci žáci z nižšího gymnázia, kdy jim jednotlivé skupiny představili svoje postery, které okomentovali a případně doplnili informacemi, které v rámci projektu získali. Dále žáci demonstrovali aktivní sopku chrlící lávu. Jedna skupina demonstrovala pokus s dichromanem amonným a druhá skupina zvolila jedlou sodu a ocet. Fotodokumentaci, postup a video příkládám v příloze č.X. Oba tyto pokusy shlédli i mladší žáci, kterým se demonstrace velmi líbila. Na závěr dostali žáci z nižšího gymnázia křížovky a osmisměrky, které pro ně vytvořili žáci 5.S, aby sami zjistili, jestli si jejich mladší kolegové něco z jejich výkladu odnesli.

Celý tento projekt byl velmi zdařilý, žáci pracovali poctivě ať už se jejich práce týkala vyhledávání informací, popřípadě tvorby posterů. Žáci dokázali velice efektivně a přesně využít získané informace, k vypracování pracovních listů a také si dokázali velmi dobře poradit s tvorbou posterů. Nejobtížnější částí pro žáky bylo sebehodnocení v rámci skupiny. Žáci sami vyhodnotili jako mírou se na práci podíleli, jak se jim ve skupince pracovalo i jak se jim líbil samotný projekt.

Ani v tomto projektu nebyli žáci hodnoceni kvantitativní známkou. Žákům učitel poděkoval a pochválil je za výbornou práci. Celkový dojem byl i ve třídě kladný. Všechny postery byly vystaveny ve třídě a žáci na ně byli náležitě hrdí.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zachytit geologické jevy z fyzikálního hlediska. Jelikož diplomová práce navazuje na problematiku řešenou v rámci práce bakalářské – Země jako dynamický systém, zvolila jsem jako přírodní geologické jevy zemětřesení a sopečnou činnost. Tento výběr nebyl zcela náhodný, oba tyto jevy se řadí mezi velice aktuální řešená témata ve světě.

Teoretická část práce se zabývá vymezením pojmů souvisejících se zemětřesením a sopečnou činností, důležité však bylo, vyhledat fyzikální podstatu těchto jevů. Z hlediska zemětřesení jsem se zabývala nejvíce seismickými vlnami, ať už se jednalo o absorpci vln, energii vln, popřípadě difrakci vln a s tím související seismické aparatury a jejich principy funkce. Sopečná činnost, je také v dnešní době velice mediálně probíraný geologický jev, proto jsem se z teoretického hlediska snažila z níže uvedené literatury zpracovat rešerši o tomto jevu. Z fyzikálního hlediska jsem se zaměřila na geotermální energii jako obnovitelný zdroj energie, o kterém se v dnešní době také velmi často hovoří.

Teoretická část diplomové práce je zpracována především pro čtenáře, jejichž fyzikální znalosti nedosahují vysokoškolské úrovně. Pro zájemce o hlubší poznatky k těmto jevům doporučuji literaturu např. viz [14],[24],[12]

Stěžejní částí mé diplomové práce je praktická část, kdy mým úkolem bylo využít mezipředmětových vztahů fyziky a geografie. Jelikož se v dnešní době usiluje o aktivizaci žáka, je trendem na školách využívat nové metody, mezi které se řadí i projektové vyučování. Sama jsem zastáncem využívat nové metody ve vyučování, které by přispěly k lepší aktivizaci a motivaci žáka a s projektovým vyučováním mám dobré zkušenosti.

Jelikož se má práce zabývá geologickými jevy jako je sopečná činnost a zemětřesení, navrhla jsem dva projekty, kdy jeden jsem zvolila pro nižší gymnázium – Zemětřesení a druhý – Sopečná činnost jsem zvolila pro vyšší stupeň gymnázia. Oba projekty jsem realizovala na Gymnáziu v Jevíčku.

Vypracování projektů žáky ve mně vyvolalo smíšené pocity. I když žáci tvrdili, že projektové vyučování je baví a dozví se řadu zajímavých věcí, které mohou využít i v praxi, po realizaci a zhodnocení projektu Zemětřesení jsem měla opačný pocit. Snažila jsem se

vyhledat chyby, kterých jsem mohla dopustit při tvorbě projektu, zda se jednalo o špatnou motivaci, nebo o špatně zvolené téma. Dospěla jsem k závěru, že téma je asi opravdu málo motivovalo k činnosti a aktivitě, ale na druhou stranu tato třída byla hodně pasivní a setkala jsem se s velkým nezájmem o fyziku a přírodní vědy vůbec, tudíž neúspěch tohoto projektu připisuji i těmto negativům. Druhý projekt, který jsem realizovala byl navržen pro žáky vyššího gymnázia. Co se týče zhodnocení tohoto průběhu realizace projektu, hodnotím velmi kladně. I když byl mezi jednotlivými třídami rozdíl pouhého jednoho roku, zájem o to, učit se novým věcem byl daleko lepší. Aktivita žáků byla naprosto nesrovnatelná s třídou předchozí.

Sama za sebe mohu říct, že tvorba projektu učitelem je velice časově náročná na přípravu a pokud se jedná o dlouhodobý projekt, tak je náročná i na realizaci. Ze své vlastní zkušenosti mohu říci, že nejdůležitější na tvorbě projektu je motivace žáka i neustálá kontrola žáků a myslím si, že projektové vyučování je dobrým způsobem, jak motivovat žáky pro fyziku a přírodní vědy vůbec.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] JAKEŠ, Petr. *Vlny hrůzy*. Nakladatelství Lidové noviny, 2005, ISBN 80-7106-772-5
- [2] Reader's Digest Výběr. *Víš co umíš?* Praha 2004, ISBN 80-86196-93-3
- [3] <http://sci.muni.cz/~herber/volcano.htm>, 7.4.2010
- [4] Mareš, Stanislav a kol. *Úvod do užité geofyziky*. Nakladatelství technické literatury, 1979
- [5] <http://radek.jandora.sweb.cz/f11.htm#rovnice>, 7.4.2010
- [6] <http://www.gweb.cz/clanky/clanek-60>, 7.4.2010
- [7] *DNEŠNÍ SVĚT: Sopky na Zemi*. Č.4 (ročník 2007/2008). Praha: Terra – Klub. o.p.s. Vychází 6x ve školním roce. ISSN 1801-4119
- [8] <http://www.enviweb.cz/clanek/archiv/75127/kratce-o-vulkanismu-a-rizicich-spjatych-s-nim>, 7.4.2010
- [9] Vilhelm, Jan. *Seismologie a vnitřní stavba Země*. Geofyzikální ústav AVČR, 2005
- [10] Reader's Digest Výběr. *Víš co umíš?* Praha 2004, ISBN 80-86196-93-3
- [11] <http://geo.mff.cuni.cz/vyuka/seismologie/seis2/seis2.pdf>, 15.4.2010
- [12] <http://geo.mff.cuni.cz/historie/Laska-Uvod-do-geofysiky.pdf>, 15.4.2010
- [13] http://fyzweb.cz/materialy/fyzika_Zeme/zemetreseni/zemetreseni.php, 15.4.2010
- [14] <http://geo.mff.cuni.cz/vyuka/Novotny-SeismicSurfaceWaves.pdf>, 17.4.2010
- [15] <http://www.21stoleti.cz/view.php?cislocclanku=2005031808>, 17.4.2010
- [16] http://geoportal.alej.cz/_uploads/files/Zemetreseni_a_vulkanicke_erupce.ppt, 17.4.2010
- [17] www.vidensky.com/zemepis/soutez/Sopky%20Libich.ppt, 19.4.2010
- [18] http://cs.wikipedia.org/wiki/Geotermální_energie, 19.4.2010
- [19] <http://www.nazeleno.cz/energie/geotermalni-energie-kolik-elektriny-ziskavame.aspx>, 22.4.2010

- [20] <http://www.gerotop.cz/cz/geothermalni-energie/> 22.4.2010
- [21] Rubin, Ken. *Sopky a zemětřesení na vlastní oči*. Nakladatelství Slovart, Praha 2008
- [22] <http://www.jindrichpolak.wz.cz/download/sopka.ppt>, 25.4.2010
- [23] HRBATOVÁ, Jitka. *Země jako dynamický systém: bakalářská práce*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, Fakulta přírodovědecká, 2008. 36 l. Vedoucí bakalářské práce RNDr. Renata Holubová, CSc.
- [24] <http://geo.mff.cuni.cz/vyuka/Janackova-Geomagneticke-pole.pdf>, 28.4.2010

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Šíření podélné vlny elastickým prostředím;	10
Obrázek 2: Šíření příčné vlny elastickým prostředím[4]	11
Obrázek 3: Seismický impuls I podle rovnice (10)[4]	12
Obrázek 4: Seismický impuls II podle rovnice (11)[4]	12
Obrázek 5: Seismický impuls III podle rovnice (12)[4]	13
Obrázek 6: Spektrum odpovídající seismickému impulsu I [4]	13
Obrázek 7: Spektrum odpovídající seismickému impulsu II [4]	14
Obrázek 8: Spektrum odpovídající seismickému impulsu III [4]	14
Obrázek 9: Paprskový diagram[4]	16
Obrázek 10: Hodochrony přímé vlny;	17
Obrázek 11: Vznik druhotných vln na seismickém rozhraní [4]	19
Obrázek 12: Vznik difragované vlny v bodě nehomogenity;	22
Obrázek 13: Frekvenční charakteristiky geofonu [4]	25
Obrázek 14: Frekvenční charakteristika zesilovače [4]	26
Obrázek 15: Seismické filtry;	27
Obrázek 16: Řez sopkou[3]	29
Obrázek 17: Vývoj stratovulkánu[16]	30
Obrázek 18: Havajský typ [22]	31
Obrázek 19: Strombolský typ [22]	31
Obrázek 20: Peléský typ [22]	32
Obrázek 21: Vulkánský typ [22]	32

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Index sopečné aktivity [15].....	33
Tabulka 2: Průběh projektu.....	39
Tabulka 3: Průběh projektu.....	41

PŘÍLOHA P I: PRACOVNÍ LIST Č.1 - STUDENT

Jméno:	Třída:	Datum:
Zemětřesení		

Zemětřesení představují jedny z největších katastrof na Zemi, které měly znatelný vliv na lidstvo v celé jeho historii. Zemětřesení mohly a stále mohou způsobit obrovské materiální nebo lidské ztráty. Zemětřesení je jakýkoliv pohyb země, bez ohledu na příčinu. Otřesy půdy bývají nepostřehnutelné, ale mohou být tak silné, že srovnávají se zemí celá města.

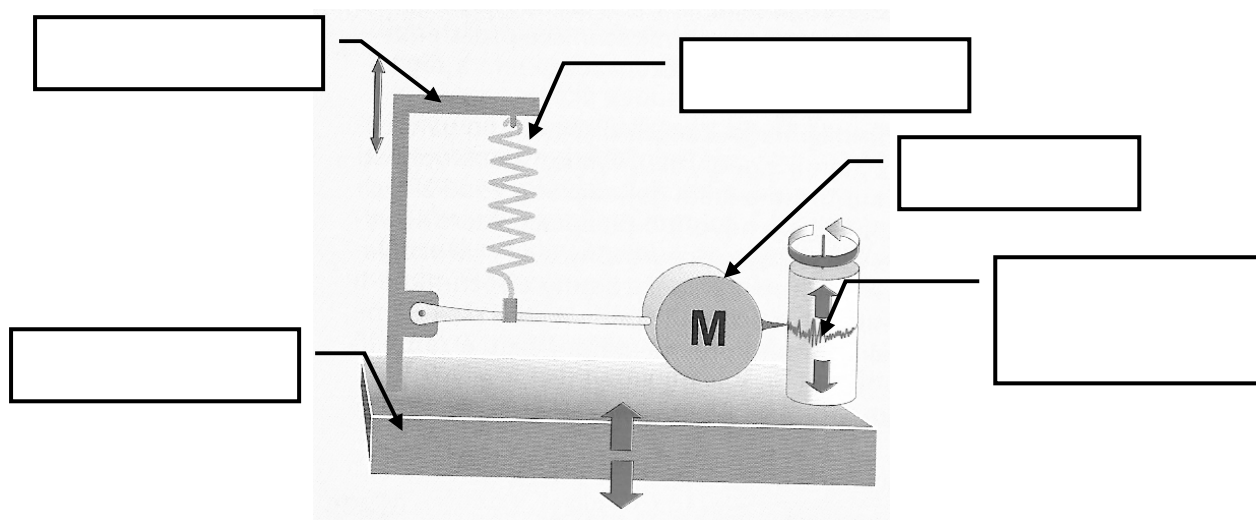
K zemětřesení dochází následkem uvolnění energie při pohybu litosférických desek, posunu hornin či jejich pukání. Někdy k zemětřesení dojde i po dopadu meteoritu, umělém výbuchu, nebo následkem obrovské váhy vody.

Doplňte

Magnitudo je číslo, které charakterizuje Je to číslo, které se uvádí u RichtEROVY stupnice. Magnitudo vymyslel japonský seismolog....., ale v roce 1935 americký seismolog Charles Francis Richter (1900-1985) navrhl kvantitativní stupnici a magnitudo jako objektivně spočitatelnou hodnotu. RichtEROVA stupnice se používá především pro hodnocení podle hodnoty magnituda. RichtEROVA stupnice je logaritmická a nemá horní hranici. Za horní hranici můžeme považovat až mez soudržnosti Kromě RichtEROVY stupnice se používá i Mercalliho stupnice, která však byla sestavena na základě pozorování zemětřesení, ne pomocí přístrojů. Tato stupnice tedy slouží k měření intenzity.

Seismografy jsou přístroje, které zaznamenávají seismické signály vyvolané přirozenými a umělými seismickými zdroji jako například tektonickými zemětřeseními, sopečnou činností, podzemními jadernými výbuchy, odstřely v kamenolomech. Vývojem seismografů a zdokonalením seismických měřících metod se zabývá seismometrie

Pojmenujte jednotlivé části seismografu:



Princip seismografu je v podstatě velmi jednoduchý. Máme hmotné těleso, které je zavěšené na pružině. Toto těleso je upevněno v jednom bodě, tak, aby se mohlo volně pohybovat. Pokud nastanou otřesy, začne se pohybovat rám, ale naše hmotné těleso má tendenci setrvávat v klidu. Tímto se přenesou vertikální pohyby na otáčející se válec a získáme záznam seismografu – **seismogram**.

Se zemětřesením souvisí i **tsunami**. Je to dlouhá a rychlá vlna, která vzniká při pohybu oceánského dna, kdy dochází ke zvlnění vodního sloupce. Na otevřeném moři se vlna pohybuje obrovskou rychlostí, někdy až stovky km/h; tato rychlost se úměrně zvyšuje s hloubkou oceánu. Vzorec pro výpočet závislosti výšky vodního sloupce a rychlosti dlouhé vlny je $v = \sqrt{g \cdot h}$, kde v je rychlost vlny, g je tíhové zrychlení a h je výška vodního sloupce. Jakmile se vlna přiblíží k pobřeží, jako první dosáhne břehu tzv. důl vlny. Tento jev registrujeme tak, že i voda z pobřeží steče do tohoto dolu vlny a moře ustoupí od pobřeží. Až po určité době – záleží na vlnové délce vlny, podle toho je časový odstup až několik minut, se v mělké vodě mění rychlost vlny, velikost amplitudy a vlivem tření dojde k proudění. Zákon vlnění Zákon vlnění, kterými se řídí vznik a šíření vln tsunami se dá velice jednoduše modelovat. Stačí si vzít pouze mapu světa, talíř s vodou a může se začít s experimentem.

1) Křížovka:

- 1. Náhlý pohyb zemské kůry**
- 2. Přístroj zaznamenávající seismický signál**
- 3. Superkontinent**
- 4. Vlna vznikající při zemětřesení pod hladinou moře**
- 5. Zkameněliny organismů**
- 6. Pevný obal země tvořený zemskou kůrou a svrchní vrstvou pláště**
- 7. Těžiště ohniska zemětřesení**
- 8. Pohyb zemských desek**
- 9. Obor geofyziky zabývající se studiem zemětřesení**

V tajence se skrývá název veličiny charakterizující intenzitu zemětřesení.

Úkoly:

- 1) Vyhledejte Richterovu stupnici a na základě těchto informací diskutujte, jak silné byly otřesy na Haiti a jestli něco podobného hrozí i v ČR, popřípadě, jaké následky může mít zemětřesení u nás.
- 2) Jaké rozlišujeme druhy zemětřesení? Na základě získaných informací rozhodněte, které zemětřesení se může vyskytnout v ČR.
- 3) 12.1.2010 bylo jedno z nejničivějších zemětřesení na Haiti. Jaké následky si zemětřesení vyžádalo na obyvatele této země?
- 4) Realizujte pokus Tsunami na talíři a z tohoto pokusu zpracujte protokol – demonstřujete ničivé zemětřesení z 26.12.2004, které se do světových dějin zapalo jako jedna z nejničivějších živelných pohrom. V tento katastrofický den se v blízkosti Sumatry mořské dno zvedlo v délce asi 1000 km (vlivem posunu Indické desky pod desku Barmskou) až o 20 m. Vlnová délka vzniklé vlny byla asi 125 – 250 km a vlna se šířila rychlostí $800 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Model vytvoříme tak, že postavíme talíř na stůl a nalijeme do něj vodu. Hladina vody by měla mít výšku 5 mm. Voda v talíři představuje část Indického oceánu mezi Sumatrou a Srí Lankou. Fixem můžeme na okraj talíře označit polohu Sumatry a Srí Lanky. V prvním kroku je důležité stanovit měřítko daného modelu. Po stanovení měřítko modelu je stěžejní částí demonstrace vlny tsunami např. pomocí kapátka. V rámci svého experimentování a vašich znalostí z předmětu fyzika zodpovězte a zdůvodněte otázky:
 - Kolik vody je vytlačeno, jak vysoká je vlna?
 - Na čem závisí velikost a výška vlny?
 - Jak rychle se pohybuje voda v modelu?

PŘÍLOHA P II: PRACOVNÍ LIST Č.1 - UČITEL

Jméno:	Třída:	Datum:
Zemětřesení		

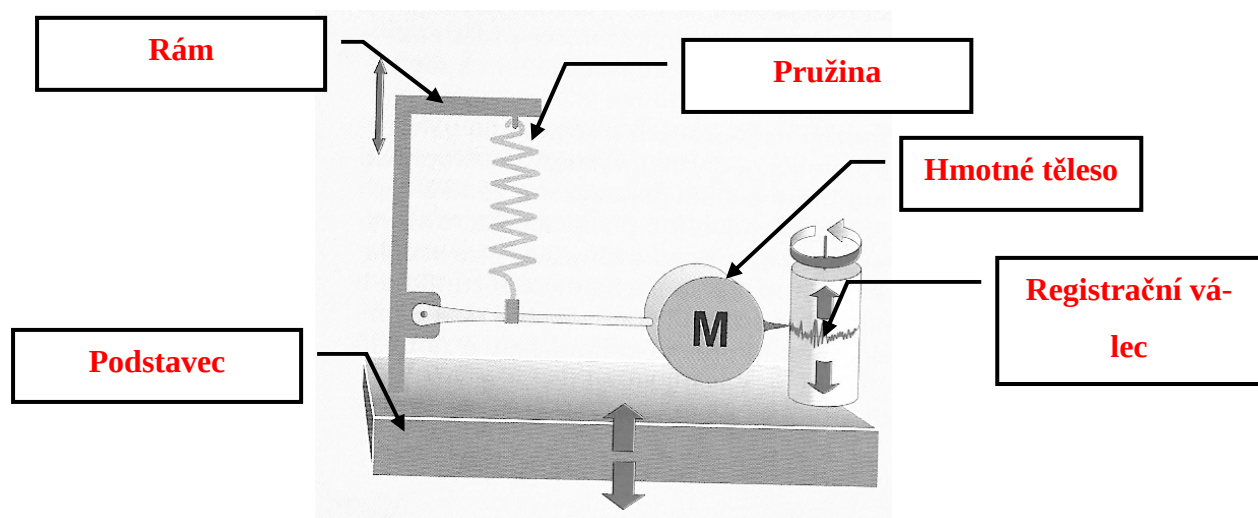
Zemětřesení představují jedny z největších katastrof na Zemi, které měly znatelný vliv na lidstvo v celé jeho historii. Zemětřesení mohly a stále mohou způsobit obrovské materiální nebo lidské ztráty. Zemětřesení je jakýkoliv pohyb země, bez ohledu na příčinu. Otřesy půdy bývají nepostřehnutelné, ale mohou být tak silné, že srovnávají se zemí celá města.

K zemětřesení dochází následkem uvolnění energie při pohybu litosférických desek, posunu hornin či jejich pukání. Někdy k zemětřesení dojde i po dopadu meteoritu, umělem výbuchu, nebo následkem obrovské váhy vody.

Magnitudo je číslo, které charakterizuje **intenzitu zemětřesení**. Je to číslo, které se uvádí u Richterovy stupnice. Magnitudo vymyslel japonský seismolog **Kiyoo Wadati**, ale v roce 1935 americký seismolog Charles Francis Richter (1900-1985) navrhl kvantitativní stupnici a magnitudo jako objektivně spočitatelnou hodnotu. Richterova stupnice se používá především pro hodnocení **velikosti intenzity** podle hodnoty magnituda. Richterova stupnice je logaritmická a nemá horní hranici. Za horní hranici můžeme považovat až mez soudržnosti **hornin**. Kromě Richterovy stupnice se používá i Mercalliho stupnice, která však byla sestavena na základě pozorování **následků** zemětřesení, ne pomocí přístrojů. Tato stupnice tedy slouží k měření **makroseismické** intenzity.

Seismografy jsou přístroje, které zaznamenávají seismické signály vyvolané přirozenými a umělými seismickými zdroji jako například tektonickými zemětřeseními, sopečnou činností, podzemními jadernými výbuchy, odstřely v kamenolomech. Vývojem seismografů a zdokonalením seismických měřících metod se zabývá seismometrie

Pojmenujte jednotlivé části seismografu:



Princip seismografu je v podstatě velmi jednoduchý. Máme hmotné těleso, které je zavěšené na pružině. Toto těleso je upevněno v jednom bodě, tak, aby se mohlo volně pohybovat. Pokud nastanou otřesy, začne se pohybovat rám, ale naše hmotné těleso má tendenci setrvávat v klidu. Tímto se přenesou vertikální pohyby na otáčející se válec a získáme záznam seismografu – **seismogram**.

Se zemětřesením souvisí i tsunami. Je to dlouhá a rychlá vlna, která vzniká při pohybu oceánského dna, kdy dochází ke zvlnění vodního sloupce. Na otevřeném moři se vlna pohybuje obrovskou rychlostí, někdy až stovky km/h; tato rychlost se úměrně zvyšuje s hloubkou oceánu. Vzorec pro výpočet závislosti výšky vodního sloupce a rychlosti dlouhé vlny je $v = \sqrt{g \cdot h}$, kde v je rychlost vlny, g je tíhové zrychlení a h je výška vodního sloupce. Jakmile se vlna přiblíží k pobřeží, jako první dosáhne břehu tzv. důl vlny. Tento jev registrujeme tak, že i voda z pobřeží steče do tohoto dolu vlny a moře ustoupí od pobřeží. Až po určité době – záleží na vlnové délce vlny, podle toho je časový odstup až několik minut, se v mělké vodě mění rychlost vlny, velikost amplitudy a vlivem tření dojde k proudění. Zákony vlnění Zákony vlnění, kterými se řídí vznik a šíření vln tsunami se dá velice jednoduše modelovat. Stačí si vzít pouze mapu světa, talíř s vodou a může se začít s experimentem.

1) Křížovka:

1. Náhlý pohyb zemské kůry
2. Přístroj zaznamenávající seismický signál
3. Superkontinent
4. Vlna vznikající při zemětřesení pod hladinou moře
5. Zkameněliny organismů
6. Pevný obal země tvořený zemskou kůrou a svrchní vrstvou pláště
7. Těžiště ohniska zemětřesení
8. Pohyb zemských desek
9. Obor geofyziky zabývající se studiem zemětřesení

1.								Z	E	M	Ě	T	Ř	E	S	E	N	Í
2.	S	E	I	S	M	O	G	R	A	F								
3.							P	A	N	G	E	A						
4.							T	S	U	N	A	M	I					
5.							F	O	S	I	L	I	E					
6.								L	I	T	O	S	F	É	R	A		
7.	H	Y	P	O	C	E	N	T	R	U	M							
8.										D	R	I	F	T				
9.				S	E	I	S	M	O	L	O	G	I	E				

V tajence se skrývá název veličiny charakterizující intenzitu zemětřesení.

Úkoly:

1) Richterova stupnice

Magnitudo	Následky
1, 2	Není cítit, lze pouze měřit přístroji
3	Nejmenší hodnota, kterou člověk rozpozná, bez poškození
4	Slabá zemětřesení
5	Slabé poškození budov v blízkosti epicentra
6	Vážné poškození špatně postavených budov
7	Velké poškození budov
8	Téměř úplné zničení

2)

■ **Řítivá (3%)**

Vznikají zřícením stropů podzemních dutin v krasových nebo poddolovaných oblastech. Mají mělká hypocentra a bývají lokálního charakteru, způsobují však velké škody

■ **Sopečná (vulkanická) (7%)**

Průvodní jev sopečné činnosti. Hypocentra v hloubkách do 10 km. Mívají lokální význam a malou intenzitu.

■ **Tektonická (dislokační) (90%)**

Nejničivější rozsahem i intenzitou.

4) Pomůcky:

1 talíř s plochým dnem bez dekoru, 1 kapátko, 1 slánka, 1 kancelářská sponka, voda, pravítko, fix, mapa Asie.

Postup:

Na talíři se budeme snažit vymodelovat průběh ničivého tsunami ze dne 26.12.2004, které se do světových dějin zapsalo jako jedna z nejničivějších živelných pohrom. V tento katastrofický den se v blízkosti Sumatry mořské dno zvedlo v délce asi 1000 km (vlivem posunu Indické desky pod desku Barmskou) až o 20 m. Vlnová délka vzniklé vlny byla asi 125 – 250 km a vlna se šířila rychlostí $800 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$.

- Model vytvoříme tak, že postavíme talíř na stůl a nalijeme do něj vodu. Hladina vody by měla mít výšku 5 mm. Výšku hladiny odměříme pomocí pravítka. Voda v talíři představuje část Indického oceánu mezi Sumatrou a Srí Lankou. Fixem můžeme na okraj talíře označit polohu Sumatry a Srí Lanky.
- V prvním kroku je důležité stanovit měřítko našeho modelu. Z mapy odečteme vzdálenost mezi Sumatrou a Srí Lankou. Potom změříme rozměry našeho modelového moře. Vypočítáme měřítko našeho modelu.

Jako příklad uvádím měřítko modelu $M = 1:10000000$. To znamená, vzdálenost 1 mm v našem modelu odpovídá ve skutečném moři vzdálenosti 10 km. Hloubka „moře“ v našem modelu je 5 mm. Odpovídá tato hloubka skutečnosti? Podle mapy lze odhadnout, že hloubka oceánu leží v rozmezí 4000 – 5000 m. Budeme uvažovat hloubku 5000

m, označíme ji h . Pomocí stanoveného měřítka vypočteme hloubku vody, která by měla být v talíři.

Výpočet hloubky modelu: $\frac{5000}{10 \cdot 10^6} = 0,5 \cdot 10^{-3} = 0,5 \text{ mm}$. Z toho vyplývá, že voda v našem modelu by měla mít hloubku 0,5mm. Takové množství vody ale nemůžeme vlivem povrchového napětí na talíř nalít. Náš model je tedy 10ti-násobně větší.

- Vlnu v našem talíři vytvoříme pomocí kapátka – na vodní hladinu necháme kápnout kapku vody. Tím vytvoříme tsunami pomocí hory vody klouzající na hladinu. Kapku necháme padat z výšky 15 až 20 cm. Výška padající kapky ovlivní tvar vlny.
- Tsunami na talíři lze vytvořit i tak, že budeme foukat přes slánku pod hladinu (jako sopka). Aby proud vyfouknutého vzduchu nebyl příliš silný, stlačíme konec slánky a sepneme jej kancelářskou sponkou. Zahnutý stlačený konec slánky musí být pod hladinou, zbytek slánky trčí vzhůru. Snažíme se vyfouknout 1 bublinu, která stoupá vzhůru, aby vytvořila vlnu.

Vlnová délka skutečné vlny na moři je asi $\lambda = 100 \text{ km}$. Jak velká je vlnová délka vln v našem modelu? Výpočet vlnové délky vln v modelu: $\lambda M = \frac{100 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^6} = 1 \text{ cm}$.

Kolik vody je vytlačeno, jak vysoká je vlna?

V naší modelové situaci mají padající kapky objem asi $VM = 10 \text{ mm}^3$, tzn. že kapka má průměr asi $d = 2,7 \text{ mm}$.

Náš model neodpovídá skutečnosti. Je mnohem silnější – místo $VM = 10 \text{ mm}^3$, by podle měřítka modelu mělo být vytlačeno $V = 0,1 \text{ mm}^3$ vody. Toto množství by ale bylo nepozorovatelné.

Jak vysoká je vlna na okraji talíře, kde je zakreslena Srí Lanka, tj. asi 10 cm od vystupující bubliny? V našem modelu $HM = 0,00003 \text{ mm}$.

Naše zvětšení $HM = \frac{7}{100 \cdot \pi \cdot 10} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ mm}$.

Abychom vlnu pozorovali, musíme vytvářet super vlny, proto se budeme snažit kapat z větší výšky, což nám způsobí to, že potenciální energie kapky je větší a tím vytvoříme větší vlnu (kapeme-li blízko povrchu vodní hladiny, vlna je slabá, nedosáhne okraje

talíře). Energie vln tsunami odpovídá potenciální energii, kterou voda získá nad epicentrem, když je dno náhle vyzdviženo. Tato energie se přemění v energii vlny. Potenciální energie se mění na kinetickou – zvýšení vlny proti tíhové síle a boční pohyb vody. Přeměny energie se šíří jako vlna. Voda zůstává tam, kde je.

Jak rychle se pohybuje voda v modelu?

Pro výpočet rychlosti vlny platí vztah $v = \sqrt{g \cdot h}$, dosadíme hodnoty pro náš model a zjistíme rychlost naší vlny v talíři:

$$v_M = \sqrt{gh_M} = \sqrt{9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2} \times 0,005 \text{ m}} = \sqrt{0,004905 \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-2}} = 0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

Naše vlna tsunami se tedy pohybuje rychlostí $0,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

PŘÍLOHA P III: PRACOVNÍ LIST Č.2 - STUDENT

Jméno:	Třída:	Datum:
Vulkanismus		

Sopečnou činností, nebo – li vulkanismem označujeme všechny projevy magmatické aktivity, například vlastní pronikání magmatu na zemský povrch, nebo různé exploze plynů a par. S vulkanickou činností jsou také spjaty výrony horkých par a plynů, prameny termálních vod. Vulkanickou činnost také někdy doprovází slabší zemětřesení, které je způsobené pohybem magmatu.

Magma vzniká tavením hornin spodní části zemského povrchu, nebo tavením spodního pláště za velmi vysokých teplot – 650°C -1200°C. Díky nižší teplotě stoupá toto magma vzhůru. Pokud se dostane až k zemskému povrchu, dochází k erupci, může však nastat i situace, že magma utuhne v zemské kůře, vznikají pak podpovrchová magmatická tělesa jako např. plutony nebo batolity.

Existuje několik příčin proč dochází ke zvýšení teploty a tavení hornin. První příčinou může být například větší koncentrace radioaktivních izotopů – energie je uvolňována jejich rozpadem, další příčinou mohou být například tektonické tlaky (např. subdukce desek). Rozmístění sopek ve světě je však velmi nerovnoměrné, protože teplo, které je potřebné k natavení hornin a vzniku magmatu, je k dispozici jen lokálně. Územně je výsky sopek, stejně jako výskyt zemětřesení, především vázán na styky litosférických desek a na tektonické zlomy.

Doplňte:

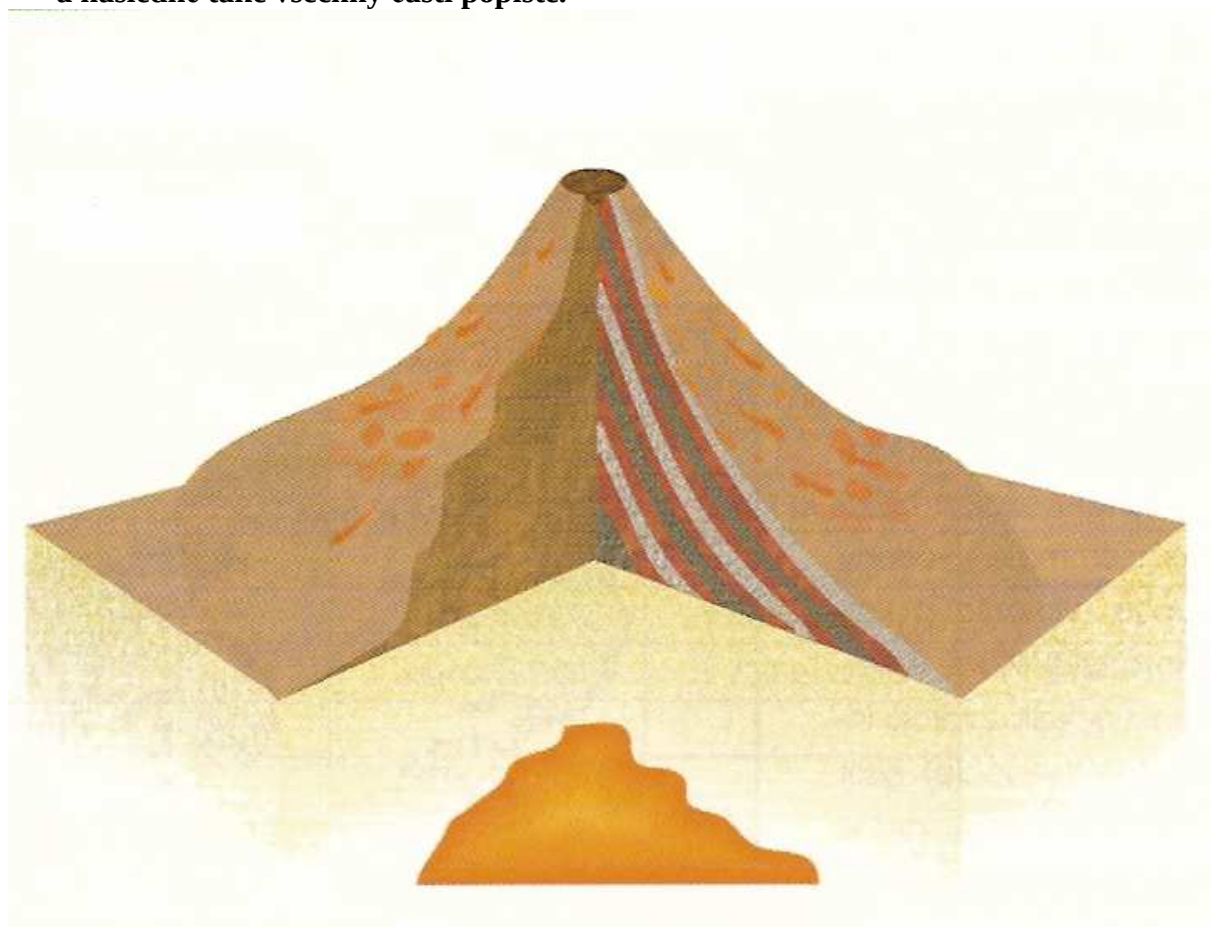
Sopka je trhlina v zemské kůře, kterou na povrch proniká roztavená hornina zvaná Studium sopek se zabývá především Tento obor je však v úzké spolupráci s geofyzikou, geochemií, petrologií nebo i meteorologií. Oblastí nejčastějšího výskytu sopek se nachází v blízkosti tzv. skvrn.

Sopka má několik částí. Jde o vlastní tvořený vulkanickými horninami. Další částí sopky je sopečný jícen nebo – li a, který plní funkci kanálu přivádějící magma ke kráteru. Pod povrchem je sopka propojena s, který představuje zdroj energie a většiny materiálu pro erupci.

Sopky můžeme rozdělit podle charakteru erupce na sopky nebo- li výbušné a sopky nebo – li výlevné. Sopky můžeme také rozdělit podle toho, kdy naposledy vykazovaly svoji aktivitu, tj. sopky, tj. ty, u kterých v historické době nebyla zaznamenána erupční činnost, dále sopky, tj. sopky, které o sobě daly v průběhu lidské historie vědět. Můžeme ještě vyčlenit sopky, tj. takové, které neměly ještě žádnou erupci, ale u kterých doprovodné ukazatele značí možné riziko.

Úkol:

- 1) Na obrázku je rozkresleno schéma stratovulkánu. Dokreslete zbývající části a následně také všechny části popište.



- 2) Mezi základní typy sopek patří stratovulkány a štítové sopky. Vypište hlavní charakteristiky k jednotlivým typům.

Stratovulkán	Štítová sopka

- 3) **Geotermální energie** je projevem tepelné energie zemského jádra, která vzniká rozpadem radioaktivních látek a působením slapových sil. Jejími projevy jsou erupce sopek a gejzírů, horké prameny či parní výrony. **Jaké je v dnešní době využití geotermální energie ve světě a v ČR?**
- 4) **Realizujte pokus demonstrující aktivní sopku chrlicí lávu. Z tohoto pokusu zpracujte protokol.**

PŘÍLOHA P IV: PRACOVNÍ LIST Č.2 - UČITEL

Jméno:	Třída:	Datum:
Vulkanismus		

Sopečnou činností, nebo – li vulkanismem označujeme všechny projevy magmatické aktivity, například vlastní pronikání magmatu na zemský povrch, nebo různé exploze plynů a par. S vulkanickou činností jsou také spjaty výrony horkých par a plynů, prameny termálních vod. Vulkanickou činnost také někdy doprovází slabší zemětřesení, které je způsobené pohybem magmatu.

Magma vzniká tavením hornin spodní části zemského povrchu, nebo tavením spodního pláště za velmi vysokých teplot – 650°C -1200°C. Díky nižší teplotě stoupá toto magma vzhůru. Pokud se dostane až k zemskému povrchu, dochází k erupci, může však nastat i situace, že magma utuhne v zemské kůře, vznikají pak podpovrchová magmatická tělesa jako např. plutony nebo batolity.

Existuje několik příčin proč dochází ke zvýšení teploty a tavení hornin. První příčinou může být například větší koncentrace radioaktivních izotopů – energie je uvolňována jejich rozpadem, další příčinou mohou být například tektonické tlaky (např. subdukce desek).

Rozmístění sopek ve světě je však velmi nerovnoměrné, protože teplo, které je potřebné k natavení hornin a vzniku magmatu, je k dispozici jen lokálně. Územně je výsky sopek, stejně jako výskyt zemětřesení, především vázán na styky litosférických desek a na tektonické zlomy.

Doplňte

Sopka je trhlina v zemské kůře, kterou na povrch proniká roztavená hornina zvaná **magma**. Studium sopek se zabývá především **vulkanologie**. Tento obor je však v úzké

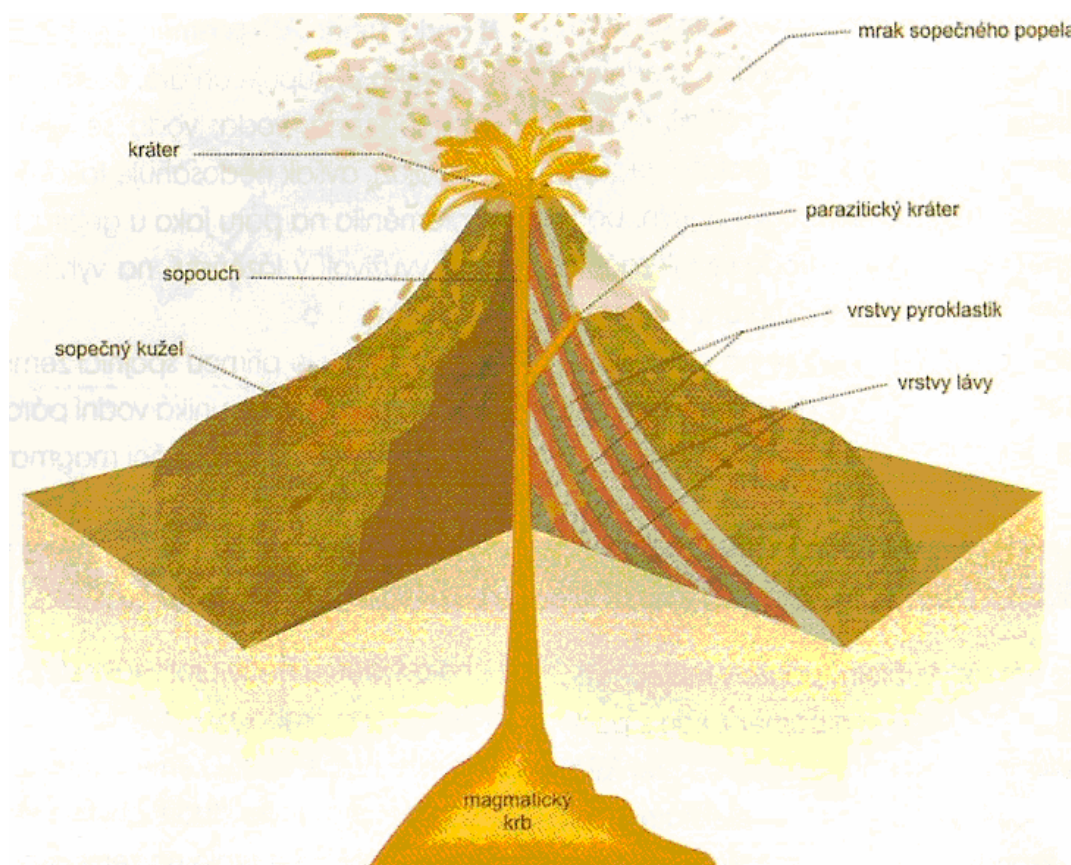
spolupráci s geofyzikou, geochemií, petrologií nebo i meteorologií. Oblastí nejčastějšího výskytu sopek se nachází v blízkosti tzv. **horkých** skvrn.

Sopka má několik částí. Jde o vlastní **sopečný kužel** tvořený vulkanickými horninami. Další částí sopky je sopečný jícen nebo – li **kráter** a **sopouch**, který plní funkci kanálu přivádějící magma ke kráteru. Pod povrchem je sopka propojena s **magmatickým krbem**, který představuje zdroj energie a většiny materiálu pro erupci.

Sopky můžeme rozdělit podle charakteru erupce na sopky **explozivní** nebo- li výbušné a sopky **efuzivní** nebo – li výlevné. Sopky můžeme také rozdělit podle toho, kdy naposledy vykazovaly svoji aktivitu, tj. sopky **vyhaslé**, tj. ty, u kterých v historické době nebyla zaznamenána erupční činnost, dále sopky **činné**, tj. sopky, které o sobě daly v průběhu lidské historie vědět. Můžeme ještě vyčlenit sopky **dřímající**, tj. takové, které neměly ještě žádnou erupci, ale u kterých doprovodné ukazatele značí možné riziko.

Úkol:

- 3) Na obrázku je rozkresleno schéma stratovulkánu. Dokreslete zbývající části a následně také všechny části popište.



- 4) Mezi základní typy sopek patří stratovulkány a štítové sopky. Vypište hlavní charakteristiky k jednotlivým typům.

Stratovulkán	Štítová sopka
Zvýšená viskozita magmatu	Nížší viskozita magmatu
Sopky explozivního charakteru	Sopky neexplozivního charakteru
Charakteristický štíhlý kužel s vrcholovým kráterem	Sopky ploché a rozlehlé
Vysoký obsah oxidu křemičitého	Nízký obsah oxidu křemičitého

- 3) **Geotermální energie** je projevem tepelné energie zemského jádra, která vzniká rozpadem radioaktivních látek a působením slapových sil. Jejími projevy jsou erupce sopek a gejzírů, horké prameny či parní výrony. **Jaké je v dnešní době využití geotermální energie ve světě a v ČR?**
- 4) Realizujte pokus demonstrující aktivní sopku chrlící lávu. Z tohoto pokusu zpracujte protokol.

PŘÍLOHA P V: PRACOVNÍ LIST - VERONIKA ŘEHOŘKOVÁ

Jméno: Veronika Řehořková	Třída: 4.9. - kvartet	Datum: 20.4.2016
Zemětřesení		

Zemětřesení představují jedny z největších katastrof na Zemi, které měly znatelný vliv na lidstvo v celé jeho historii. Zemětřesení mohly a stále mohou způsobit obrovské materiální nebo lidské ztráty. Zemětřesení je jakýkoliv pohyb země, bez ohledu na příčinu. Otřesy půdy bývají nepostřehnutelné, ale mohou být tak silné, že srovnávají se zemí celá města.

K zemětřesení dochází následkem uvolnění energie při pohybu litosférických desek, posunu hornin či jejich pukání. Někdy k zemětřesení dojde i po dopadu meteoritu, umělém výbuchu, nebo následkem obrovské váhy vody.

Doplňte

Magnitudo je číslo, které charakterizuje velikost zemětřesení. Je to číslo, které se uvádí u Richterovy stupnice. Magnitudo vymyslel japonský seismolog... .. Wadati, ale v roce 1935 americký seismolog Charles Francis Richter (1900-1985) navrhl kvantitativní stupnici a magnitudo jako objektivně spočitatelnou hodnotu. Richterova stupnice se používá především pro hodnocení intenzity zemětřesení podle hodnoty magnituda. Richterova stupnice je logaritmická a nemá horní hranici. Za horní hranici můžeme považovat až mez soudržnosti hornin. Kromě Richterovy stupnice se používá i Mercalliho stupnice, která však byla sestavena na základě pozorování následků zemětřesení, ne pomocí přístrojů. Tato stupnice tedy slouží k měření makroseismické intenzity.

Seismografy jsou přístroje, které zaznamenávají seismické signály vyvolané přirozenými a umělými seismickými zdroji jako například tektonickými zemětřeseními, sopečnou činností, podzemními jadernými výbuchy, odstřely v kamenolomech. Vývojem seismografů a zdokonalením seismických měřicích metod se zabývá seismometrie.

mikro	méně než 2,0
velmi malé	2,0 - 2,9
malé	3,0 - 3,9
střední	4,0 - 4,9
střední	5,0 - 5,9
silné	6,0 - 6,9
velké	7,0 - 7,9
velmi velké	8,0 - nebo více

mikrozemětřesení nepoškodí
 většinou nepoškodí, ale zaznamenané
 často poškodí, nezpůsobují škody
 střední třesei veš uvnitř domu, drhnou záhy
 může poškodit velké škody špatně
 Postavením budovám
 může nikit až do vzdálenosti 100m
 vážné škody ve velkých oblastech
 vážné škody na vzdálenosti stovek km.

okolo 800 domů

okolo 1000 domů

okolo 4000 domů

okolo 6000 domů

Laibé

Na Haiti bylo zemětřesení 7,0 richterovy škály. Podle tabulky tedy zemětřesení velké, které způsobuje velké škody, jak se ostatně na Haiti sami přesvědčili.

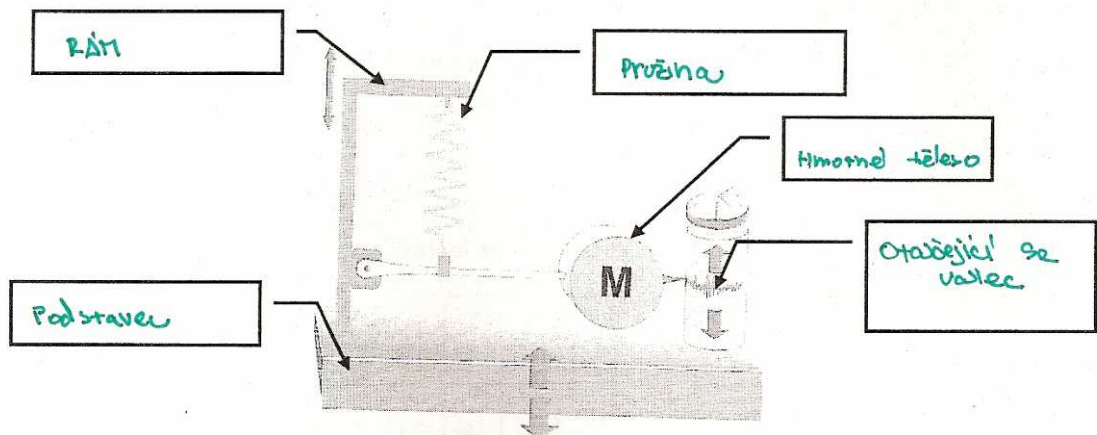
U nás tektonické zemětřesení být nemůže, nebo ano ale ne

1) také může. Největší zemětřesení v ČR bylo 4,0 richterovy škály

2) zemětřesení dělíme na - vřítiva (zřícením... srážky) - nebo se zřítí! norovský kms...
 - sopka (výbuch sopky) - nemůže být u nás
 - tektonická (uvolnění nahromaděné elastické energie)

3) jak jsem popisovala u 1. zemětřesení málo ničivé následky a mnoho lidí zůstalo bez domova a svých blízkých.

Pojmenujte jednotlivé části seismografu:



Princip seismografu je v podstatě velmi jednoduchý. Máme hmotné těleso, které je zavěšené na pružině. Toto těleso je upevněno v jednom bodě, tak, aby se mohlo volně pohybovat. Pokud nastanou otřesy, začne se pohybovat rám, ale naše hmotné těleso má tendenci setrvávat v klidu. Tímto se přenesou vertikální pohyby na otáčející se válec a získáme záznam seismografu – **seismogram**.

Se zemětřesením souvisí i **tsunami**. Je to dlouhá a rychlá vlna, která vzniká při pohybu oceánského dna, kdy dochází ke zvlnění vodního sloupce. Na otevřeném moři se vlna pohybuje obrovskou rychlostí, někdy až stovky km/h; tato rychlost se úměrně zvyšuje s hloubkou oceánu. Vzorec pro výpočet závislosti výšky vodního sloupce a rychlosti dlouhé vlny je $v = \sqrt{g \cdot h}$, kde v je rychlost vlny, g je tíhové zrychlení a h je výška vodního sloupce. Jakmile se vlna přiblíží k pobřeží, jako první dosáhne břehu tzv. důl vlny. Tento jev registrujeme tak, že i voda z pobřeží steče do tohoto dolu vlny a moře ustoupí od pobřeží. Až po určité době – záleží na vlnové délce vlny, podle toho je časový odstup až několik minut, se v mělké vodě mění rychlost vlny, velikost amplitudy a vlivem tření dojde k proudění. Zákony vlnění Zákony vlnění, kterými se řídí vznik a šíření vln tsunami se dá velice jednoduše modelovat. Stačí si vzít pouze mapu světa, talíř s vodou a může se začít s experimentem.

1) Křížovka:

1. Náhlý pohyb zemské kůry
2. Přístroj zaznamenávající seismický signál
3. Superkontinent
4. Vlna vznikající při zemětřesení pod hladinou moře

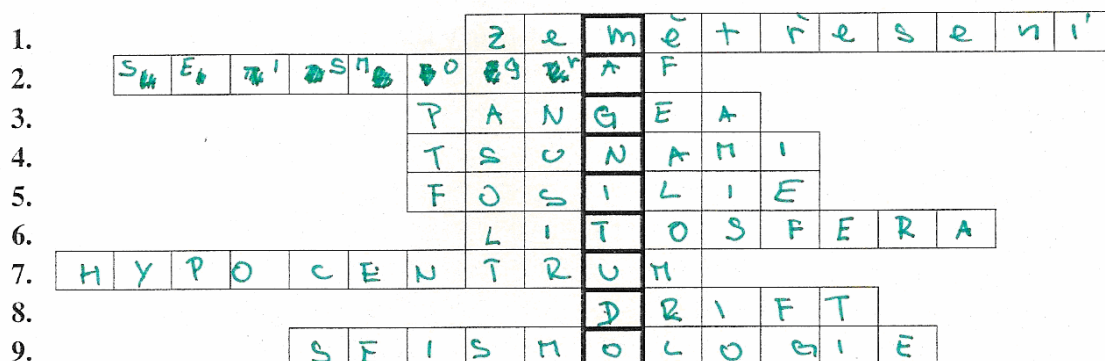
5. Zkameněliny organismů

6. Pevný obal země tvořený zemskou kůrou a svrchní vrstvou pláště

7. Těžiště ohniska zemětřesení

8. Pohyb zemských desek

9. Obor geofyziky zabývající se studiem zemětřesení



V tajence se skrývá název veličiny charakterizující intenzitu zemětřesení.

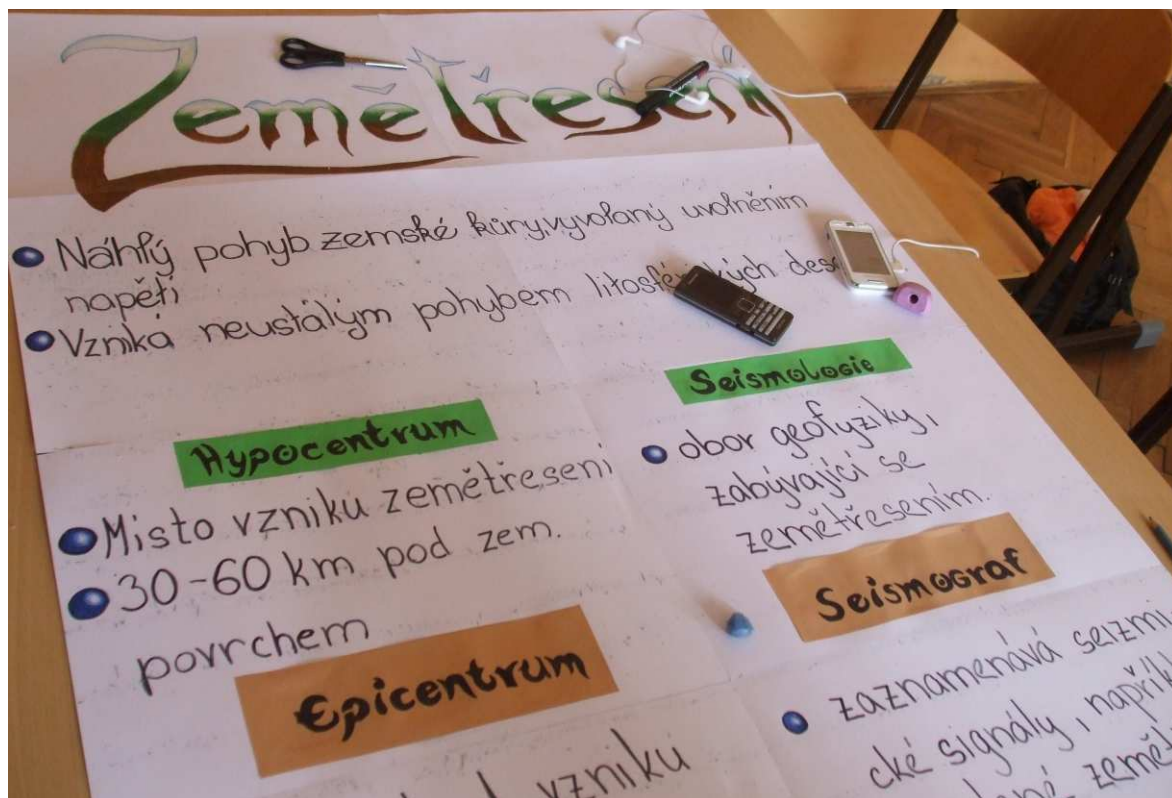
Úkoly:

- 1) Vyhledejte Richterovu stupnici a na základě těchto informací diskutujte, jak silné byly otřesy na Haiti a jestli něco podobného hrozí i v ČR, popřípadě, jaké následky může mít zemětřesení u nás.
- 2) Jaké rozlišujeme druhy zemětřesení? Na základě získaných informací rozhodněte, které zemětřesení se může vyskytnout v ČR.
- 3) 12.1.2010 bylo jedno z nejničivějších zemětřesení na Haiti. Jaké následky si zemětřesení vyžádalo na obyvatele této země?
- 4) Realizujte pokus Tsunami na talíři a z tohoto pokusu zpracujte protokol – demonstруйте ničivé zemětřesení z 26.12.2004, které se do světových dějin zapsalo jako jedna z nejničivějších živelných pohrom. V tento katastrofický den se v blízkosti Sumatry mořské dno zvedlo v délce asi 1000 km (vlivem posunu Indické desky pod desku Barmskou) až o 20 m. Vlnová délka vzniklé vlny byla asi 125 – 250 km a vlna se šířila rychlostí $800 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. Model vytvoříme tak, že postavíme talíř na stůl a nalijeme do něj vodu. Hladina vody by měla mít výšku 5 mm. Voda v talíři představuje část Indického oceánu mezi Sumatrou a Srí Lankou. Fixem můžeme na

okraj talíře označit polohu Sumatry a Srí Lanky. V prvním kroku je důležité stanovit měřítko daného modelu. Po stanovení měřítka modelu je stěžejní částí demonstrace vlny tsunami např. pomocí kapátka. V rámci svého experimentování a vašich znalostí z předmětu fyzika zodpovězte a zdůvodněte otázky:

- Kolik vody je vytlačeno, jak vysoká je vlna?
- Na čem závisí velikost a výška vlny?
- Jak rychle se pohybuje voda v modelu?

PŘÍLOHA P VI: POSTER - ZEMĚTŘESENÍ



PŘÍLOHA P VII: POSTERY – VULKANISMUS



SOPKY



VULKANISMUS magmatické pochody, kdy magma dosáhne na povrch země



SOPKY místa na Zemi, kde magma vystupuje na povrch

- výlevné (efuzivní) - klidné vylévání lávy na povrch Země
- výbušné (explozivní) - vystřikování lávy do ovzduší
- smíšené (stratovulkány)
- kontinentální
- mořské



ZNÁMÉ SOPKY: Vesuv, Etna, Krakatoa, Stromboli



GEOTERMALNÍ ENERGIE

- projev tepelné energie zemského jádra, která vzniká rozpadem radioaktivních látek
- nejstarší energie na Zemi, kterou Země získala při svém vzniku
- obnovitelná energie

Využití:

- výroba elektřiny
- vytápění domů, skleníků a bazénů
- Využití i v ČR



DRUH Y erupcí

Závisí na mnoha faktorech - množství magmatu, teplota, ...

Typy výlevné - láva vyteče pomalu

explozivní - vystřelují obrovská oblaka hmoty

DRUH Y

Pliniánský - velmi vysoká hmota (45 km vysoko)
slovo bylo uloženo pliniánský - zřídka, silnější



Havajský - zlehčeno magmatu se tvoří
doby hořící - horou zava



Peleánský - podobný pliniánskému typu
- vytrhání velké, rychle se pohybující doby hořící
přítom, hromadění a popela



Surtseyánský - písků na zemi dříve magmatu a
všechny povrchové povrchové
na povrchu - kuzel a plamen
hořící
- skupce magmatu a plamen



PŘÍLOHA P VIII: PRACOVNÍ LIST – KATEŘINA AMBROZOVÁ

Jméno: <i>Kateřina Ambrozová</i>	Třída: <i>5.S.</i>	Datum: <i>22.4.2010</i>
Vulkanismus		

Sopečnou činností, nebo – li vulkanismem označujeme všechny projevy magmatické aktivity, například vlastní pronikání magmatu na zemský povrch, nebo různé exploze plynů a par. S vulkanickou činností jsou také spjaty výrony horkých par a plynů, prameny termálních vod. Vulkanickou činností také někdy doprovází slabší zemětřesení, které je způsobené pohybem magmatu.

Magma vzniká tavením hornin spodní části zemského povrchu, nebo tavením spodního pláště za velmi vysokých teplot – 650°C -1200°C. Díky nižší teplotě stoupá toto magma vzhůru. Pokud se dostane až k zemskému povrchu, dochází k erupci, může však nastat i situace, že magma utuhne v zemské kůře, vznikají pak podpovrchová magmatická tělesa jako například plutony nebo batolity.

Existuje několik příčin proč dochází ke zvýšení teploty a tavení hornin. První příčinou může být například větší koncentrace radioaktivních izotopů – energie je uvolňována jejich rozpadem, další příčinou mohou být například tektonické tlaky (např. subdukce desek). Rozmístění sopek ve světě je však velmi nerovnoměrné, protože teplo, které je potřebné k natavení hornin a vzniku magmatu, je k dispozici jen lokálně. Územně je výskyt sopek, stejně jako výskyt zemětřesení, především vázán na styky litosférických desek a na tektonické zlomy.

Doplňte:

Sopka je trhlina v zemské kůře, kterou na povrch proniká roztavená hornina zvaná *magma*. Studium sopek se zabývá především *vulkanologií*. Tento obor je však v úzké spolupráci s geofyzikou, geochemií, petrologií nebo i meteorologií. Oblastí nejčastějšího výskytu sopek se nachází v blízkosti tzv. *hot spot* skvrn.

Sopka má několik částí. Jde o vlastní *sopečný komín* *kužel* tvořený vulkanickými horninami. Další částí sopky je sopečný jícn nebo – li *sopečný* a *sopouch*, který plní funkci kanálu přivádějící magma ke kráteru. Pod povrchem je sopka propojena s *magmatickým krbem*, který představuje zdroj energie a většiny materiálu pro erupci.

Sopky můžeme rozdělit podle charakteru erupce na sopky *explozivní* nebo – li výbušné a sopky *efuzivní*, *lavové* nebo – li výlevné. Sopky můžeme také rozdělit podle toho, kdy naposledy vykazovaly svoji aktivitu, tj. sopky *vulkanické*, tj. ty, u kterých v historické době nebyla zaznamenána erupční

Úkol:

- Na obrázku je rozkresleno schéma stříatovňáku. Dokreslete živější části a následně také všechny části popište.
-
- The diagram shows a volcano with a central red cone. At the top is a yellow and orange cloud-like shape. A red line runs down the center of the cone. A red line branches off from the side of the cone. At the base of the cone is a red, textured area. The labels are: mrak sop. popelů (volcanic ash cloud), kráter (crater), parazitický kráter (parasitic crater), sopouch (vent), and magmatický krb (magmatic furnace).

- | Stratovulkán | Štítová sopka |
|-------------------------------|---------------------------------|
| nejčastější sopky | mnoho ploché kužely, méně sruby |
| tvořené lávou i pyroplastikou | mnoho viskózní bazická láva |
| smíšená (explozivní) sopka | výletná sopka |
| | |

- 3) **Geotermální energie** je projevem tepelné energie zemského jádra, která vzniká rozpadem radioaktivních látek a působením slapových sil. Jejími projevy jsou erupce sopek a gejzírů, horké prameny či parní výrony. **Jaké je v dnešní době využití geotermální energie ve světě a v ČR?** *hospodářství, tepelná energie*
- 4) **Realizujte pokus demonstrující aktivní sopku chrlící lávu. Z tohoto pokusu zpracujte protokol.**

PŘÍLOHA P IX: PRACOVNÍ LIST – FILIP JENIŠ

Jméno: Filip Jeniš	Třída: 5.5	Datum: 22. 4. 20
Vulkanismus		

Sopečnou činností, nebo – li vulkanismem označujeme všechny projevy magmatické aktivity, například vlastní pronikání magmatu na zemský povrch, nebo různé exploze plynů a par. S vulkanickou činností jsou také spjaté výrony horkých par a plynů, prameny termálních vod. Vulkanickou činností také někdy doprovází slabší zemětřesení, které je způsobené pohybem magmatu.

Magma vzniká tavením hornin spodní části zemského povrchu, nebo tavením spodního pláště za velmi vysokých teplot – 650°C -1200°C. Díky nižší teplotě stoupá toto magma vzhůru. Pokud se dostane až k zemskému povrchu, dochází k erupci, může však nastat i situace, že magma utuhne v zemské kůře, vznikají pak podpovrchová magmatická tělesa jako např. plutony nebo batolity.

Existuje několik příčin proč dochází ke zvýšení teploty a tavení hornin. První příčinou může být například větší koncentrace radioaktivních izotopů – energie je uvolňována jejich rozpadem, další příčinou mohou být například tektonické tlaky (např. subdukce desek). Rozmístění sopek ve světě je však velmi nerovnoměrné, protože teplo, které je potřebné k natavení hornin a vzniku magmatu, je k dispozici jen lokálně. Územně je výskyt sopek, stejně jako výskyt zemětřesení, především vázán na styky litosférických desek a na tektonické zlomy.

Doplňte:

Sopka je trhlina v zemské kůře, kterou na povrch proniká roztavená hornina zvaná lava magma. Studium sopek se zabývá především vulkanologií. Tento obor je však v úzké spolupráci s geofyzikou, geochemií, petrologií nebo i meteorologií. Oblastí nejčastějšího výskytu sopek se nachází v blízkosti tzv. horkých skvrn.

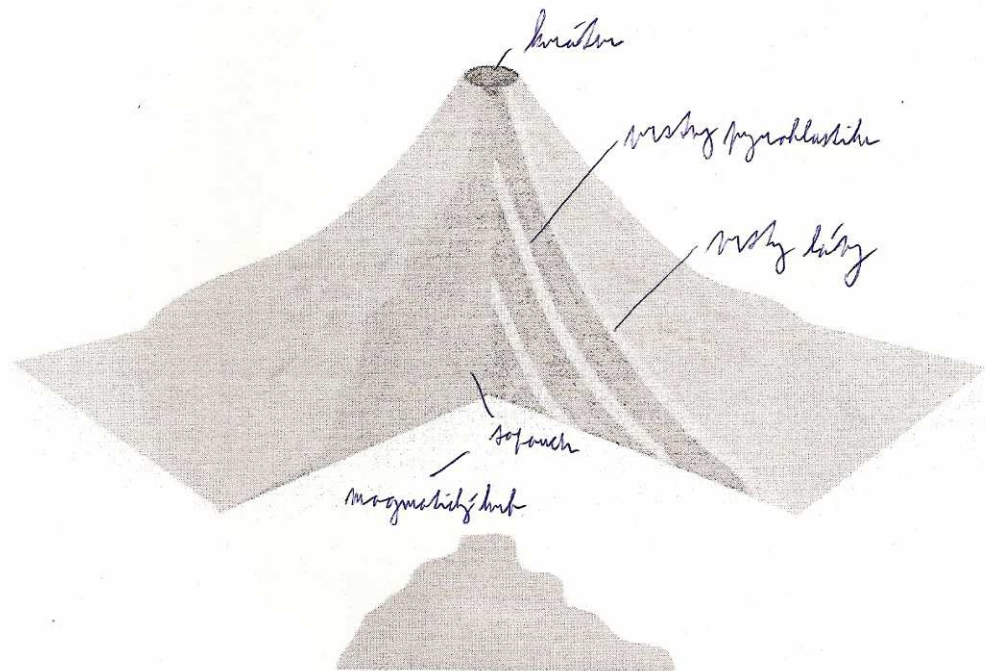
Sopka má několik částí. Jde o vlastní sopečný jícen kráter tvořený vulkanickými horninami. Další částí sopky je sopečný jícen nebo – li průchod a sopkový, který plní funkci kanálu přivádějící magma ke kráteru. Pod povrchem je sopka propojena s magmatickým kanálem který představuje zdroj energie a většiny materiálu pro erupci.

Sopky můžeme rozdělit podle charakteru erupce na sopky efúzní nebo – li výbušné a sopky efúzní nebo – li výlevné. Sopky můžeme také rozdělit podle toho, kdy naposledy vykazovaly svoji aktivitu, tj. sopky aktivní, tj. ty, u kterých v historické době nebyla záznamenána erupční

činnost, dále sopky *činné*, tj. sopky, které o sobě daly v průběhu lidské historie vědět. Můžeme ještě vyčlenit sopky *dřívější*, tj. takové, které neměly ještě žádnou erupci, ale u kterých doprovodné ukazatele značí možné riziko.

Úkol:

- 1) Na obrázku je rozkresleno schéma stratovulkánu. Dokreslete zbývající části a následně také všechny části popište.



- 2) Mezi základní typy sopek patří stratovulkány a štítové sopky. Vypište hlavní charakteristiky k jednotlivým typům.

Stratovulkán	Štítová sopka
<i>špičatý</i>	<i>pladý</i>
<i>málo lávy</i>	<i>větší láva</i>

3) **Geotermální energie** je projevem tepelné energie zemského jádra, která vzniká rozpadem radioaktivních látek a působením slapových sil. Jejimi projevy jsou erupce sopek a gejzírů, horké prameny či parní výrony. **Jaké je v dnešní době využití geotermální energie ve světě a v ČR?**

Ve světě - geotermální elektrárny v ZOO; - využití, výhledy

4) Realizujte pokus demonstrující aktivní sopku chrlicí lávu. Z tohoto pokusu zpracujte protokol.

PŘÍLOHA P X: POKUSY

Pomůcky: sádra, voda, chemikálie: dichroman amonný
kelímek, míchátka, tvrdý papír - podložka, temperové
barvy, sítka, štětec, lžička

Postup: Ze sádky a vody vytvořili kašičku. Nechali jsme
ji trochu ~~stuhnout~~ ztuhnout. Poté jsme ji vykládali
na podložku a začali modelovat tvar sopky.
Do prostřed sopky jsme možná křáter a
nechali ztuhnout. Poté jsme to nahromili temperovými
barvami do odstínu hnědý a červený. Do kráteru
vytvořený sopky nasypeme trochu dichromanu amonného
a zapálíme. Rychlá reakce nám vytvoří dojem, že
sopka soplí. Také nám vznikne „sopčný prach“.

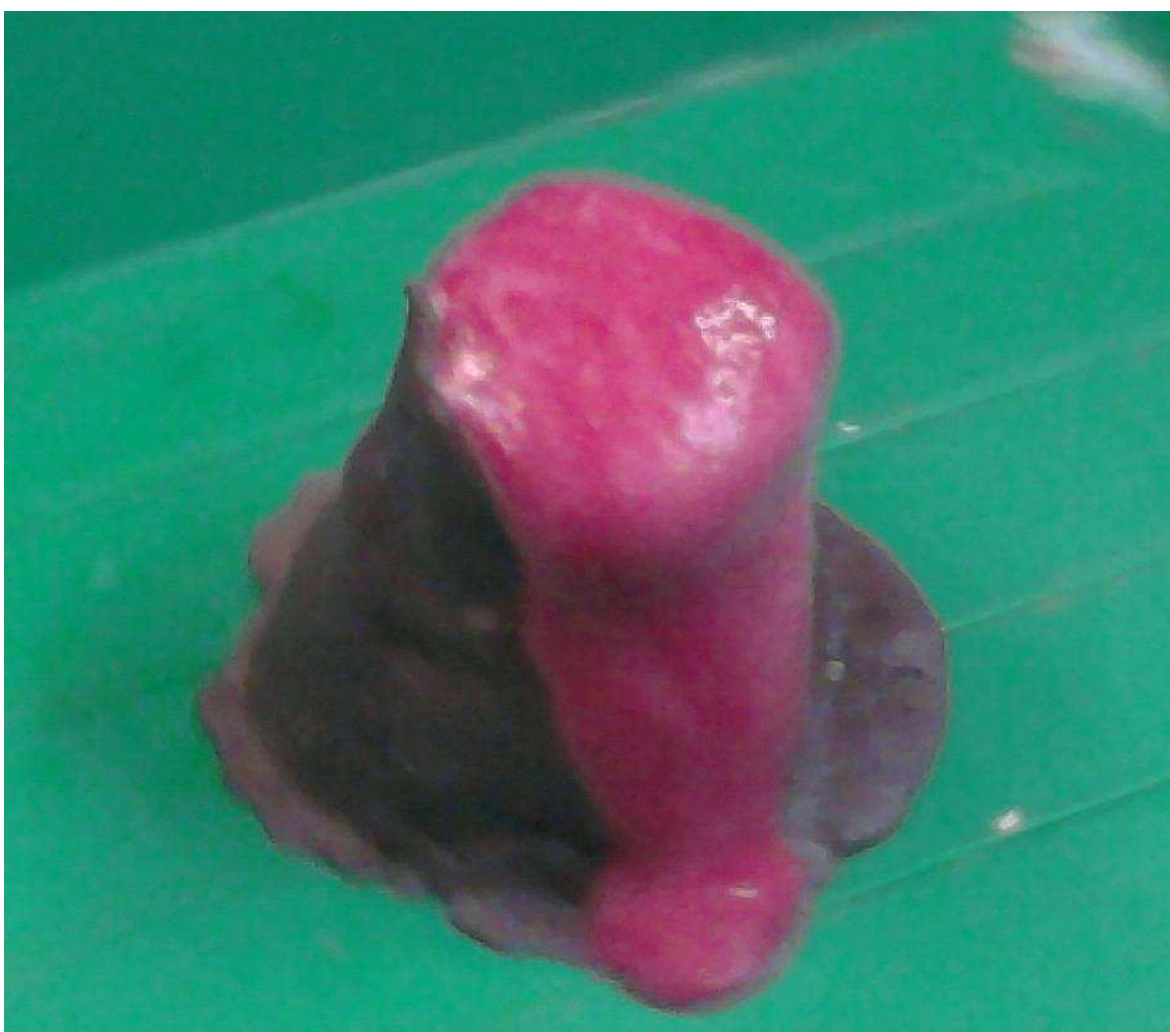
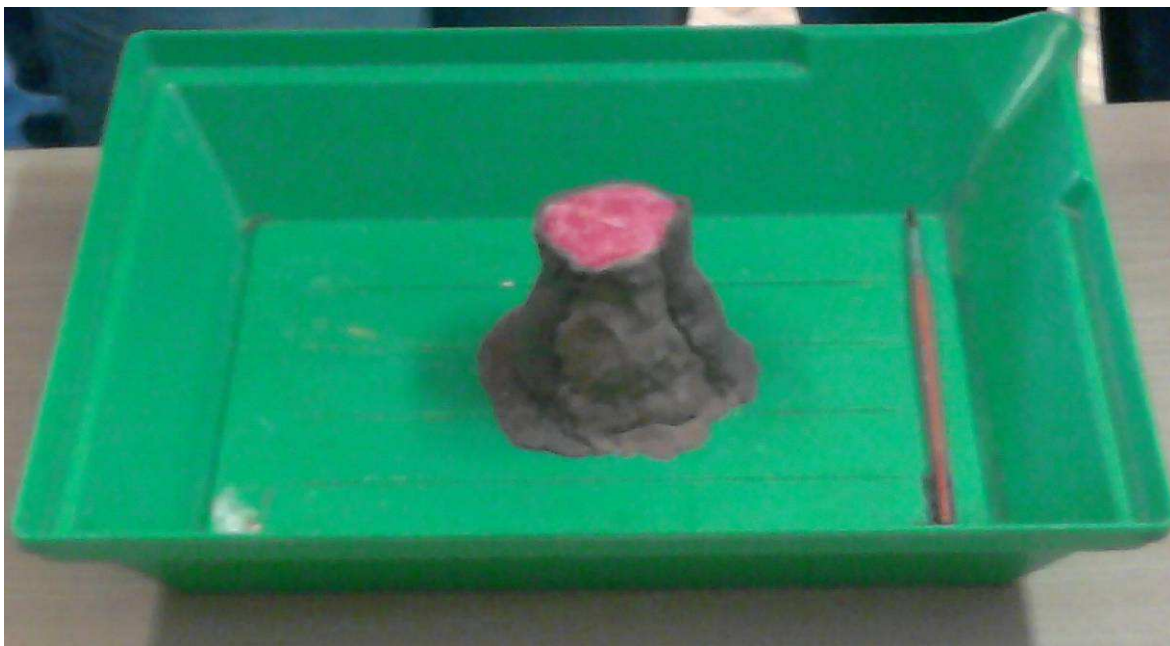
Závěr:

Na celém experimentu jsme si názorně ukázali jak sopka
vypadá a jak funguje. Pokusem jsme doplnili již vypracovanou
práci na papírech.

Podklady: plastelína, jedlá soda, papier, červená pstr. barvivo, ocel

Postup: z plastelíny sa na papier vymodeluje sopeč. Do "krátera" nasytíme soda + barvivo. Následne zalijeme ocetom.





Příložené CD obsahuje video z realizace těchto pokusů.