UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

KATEDRA ROZVOJOVÝCH STUDIÍ

Bc. Martin DUCHÁČ

ENDOGENNÍ RIZIKOVÉ JEVY NA ÚZEMÍ MEXIKA

Diplomová práce

Vedoucí práce: doc. RNDr. Irena Smolová, Ph.D.

Olomouc 2010

Čestně prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem veškeré použité zdroje uvedl v seznamu literatury.

Olomouc 6. srpna 2010 ……

Děkuji paní doc. RNDr. Ireně Smolové Ph.D. za vedení mé diplomové práce, její odborné názory a připomínky. Zároveň také děkuji panu RNDr. Jiří Šebestovi z České geologické služby a panu Dr. Wilfriedu Strauchovi, který působí v Nikaragujském institutu pro studium Země, za jejich vstřícnost a pomoc při hledání relevantních zdrojů a uskutečněné konzultace.

Vysoká škola: Univerzita Palackého **Fakulta:** Přírodovědecká

Katedra: Rozvojových studií **Školní rok:** 2007/08

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student

Martin **DUCHÁČ**

obor mezinárodní rozvojová studia

Název práce:

Endogenní rizikové jevy na území Mexika

Zásady pro vypracování:

Cílem diplomové práce bude komplexně charakterizovat endogenní rizikové jevy na území Mexika se zaměřením období posledních deseti let. Práce bude navazovat na zpracovanou bakalářskou práci zaměřenou na problematiku vulkanické aktivity v Mexiku a bude vycházet z rešerše dostupné literatury a aktuálního monitoringu rizikových faktorů v zájmovém území (využití stránek USGS). Zvláštní zřetel bude věnován seismické a vulkanické aktivitě v regionu a problematice bariér regionálního rozvoje podmíněných seismickou, vulkanickou a tektonickou aktivitou. Práce bude zaměřena na základní typologii endogenních rizikových jevů v Mexiku a provedení analýz důsledků v regionu včetně navržení možné ochrany, která bude s využitím poznatků z jiných regionů světa.

Návrh struktury práce:

1. Úvod, cíle práce, metodika.
2. Příčiny endogenních rizikových jevů v Mexiku.
3. Charakteristika nejvýznamnějších projevů endogenních procesů v posledních 10 letech.
4. Důsledky endogenní aktivity ve vybraných regionech Mexika.
5. Analýza stávajícího systému ochrany (varovného systému) před endogenními rizikovými jevy.
6. Možná systémová opatření zmírnění následků endogenních rizikových jevů.
7. Analýza důsledků vulkanické činnosti v regionu.
8. Závěr
9. Shrnutí (v angličtině)

Diplomová práce bude zpracována v těchto kontrolovaných etapách:

rešerše literárních pramenů	listopad – březen 2008
charakteristika endogenních rizikových jevů	březen – červen 2008
textová část	březen 2009
grafické přílohy	květen 2009

Rozsah grafických prací: text, grafy, mapy

Rozsah průvodní zprávy: 20 – 25 tisíc slov základního textu + práce včetně všech příloh v elektronické podobě

Seznam odborné literatury:

Delgado-Granados, H. ed. (2000): Cenozoic Tectonics and Volcanism of Mexico. Special Paper. The Geological Society of America v. 334, Boulder The Geological Society of America, 275 s.

Earthquake Hazards Program. USGS

Earthquake Bulletins and Catalogs at the USGS National Earthquake Information Center

Gubbins, D. (1990): Seismology and plate tectonics. Cambridge University Press, Cambridge, 339 s.

Hafkenscheid, E. (2004): Subduction of the Tethys Oceans reconstructed from plate kinematics and mantle tomography. Geologica Ultraiectina no. 241, Utrecht Mededelingen van de Faculteit Aardwetenschappen, Utrecht, 200 s.

Lopez, A. (1999): Neo- and paleostress partitioning in the SW corner of the Caribbean plate and its fault reactivation potential. Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten sv. 53, Tübingen Institut und Museum für Geologie und Paläontologie der Universität Tübingen, Tübingen, 294 s.

Meschede, M. (1994):Tectonic evolution of the northwestern margin of the Caribbean plate in the light of the 'terrane concept', Structural and geochemical studies in southern Mexico and Costa Rica. Tübinger Geowissenschaftliche Arbeiten sv. 22, Tübingen Institut und Museum für Geologie und Paläeontologie der Universität Tübingen, Tübingen,112 s.

Molnia, B., F., Cheryl H., A. (1999): Open Skies Aerial Photography of Selected Areas in Central America Affected by Hurricane Mitch. U.S. Geological Survey circular sv. 1181, Reston U.S.Geological Survey, 82 s.

Ortcutt, J. A., Schultz, A., Davies, T. A. (2003): Dynamics of Earth and Ocean Systems. Proceedings of the Ocean Drilling Program, Initial Reports v. 203, College Station Ocean Driling Program, Texas A&M University. CD-rom.

Procházková, D. (2002): Seismické inženýrství na prahu třetího tisíciletí. SPN, Praha.

Regional Catalogue of Earthquakes (www.isc.ac.uk)

Schmincke, H. U. (2004): Volcanism. Berlin Springer, Berlin, 324 s.

Stüwe, K. (2003): Geodynamics of the Lithosphere, *An Introduction.* Berlin Springer, Berlin, 449 s.

Strahler, A. ed. (2006): Introducing Physical Geography. John Wiley, Fourth Edition, New York, 728 s.

Summerfield, M.A. ed. (1991): Global Geomorphology. John Wiley, Fourth Edition, New York, 537 s.

Turcotte, D. L., Schubert, G. (2002): Geodynamics. Cambridge Cambridge University Press, Cambridge, 456 s.

www.geology.cz
http://georef.cos.com
http://earthquake.usgs.gov

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Irena Smolová, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 10. 11. 2007

Termín odevzdání diplomové práce: 10. 5. 2009

vedoucí katedry

vedoucí diplomové práce

Obsah

Seznam zkratek **7**

1. Úvod **8**

2. Cíle diplomové práce **9**

3. Metodika diplomové práce **10**

4. Pozice Mexika v regionu Střední Ameriky **12**

4.1. Mexiko 18
4.1.2. Vybrané historické aspekty vývoje Mexika 21
5. Základní charakteristika endogenních rizikových jevů **24**

5.1. Seismická činnost - zemětřesení 27
5.2. Magmatismus 31
6. Seismická a vulkanická aktivita v oblasti Mexika **36**

6.1. Vulkanická aktivita na území Mexika 38
6.1.1. Sopečný komplex Colima 38
6.1.2. Popocatépetl 40
6.1.3. Pico de Orizaba 42
6.1.4. Paricutín 42
6.2. Vybrané aktivní vulkány mimo vlastní území Mexika související se seismickou aktivitou a projevy vulkanické činnosti na jeho území 43
6.3. Současná seismická aktivita na území Mexika (1985 – 2010) 48
6.3.1. Zemětřesení v Mexiku v roce 1985 – Mexico City 48
6.3.2. Zemětřesení v Mexiku v roce 2010 – Kalifornský záliv 50
6.4. Zemětřesení zasahující území Mexika s epicentrem v jiných státech 51
7. Systémy včasného varování v regionu Střední Ameriky **55**

7.1. Výzkum a mapování endogenních procesů v Mexiku 55
7.2. Varovný systém v Guatemale 58
7.3. Monitoring endogenních procesů v Salvadoru 60
7.4. Systémy včasného varování – Nikaragua 62
8. Závěr **66**

9. Summary **68**

10. Seznam použitých zdrojů: **69**

Seznam zkratek

CARICOM	Karibské společenství (*Caribbean Community*).
CIA	Ústřední zpravodajská služba (*Central Intelligence Agency*).
EMS-98	Evropská makroseismická stupnice (*European Macroseismic Scale*).
INEGI	Statistický úřad Mexika (*Instituto Nacional de Estadística, Geogeafía e Informática*).
JMA	Japonská meteorologická agentura (*Japan Meteorogical Agency*).
NAFTA	Severoamerická zóna volného obchodu (*North American Free Trade Area*).
OECD	Organizace pro hospodářskou spolupráci a rozvoj (*Organisation for Economic Cooperation and development*).
SICA	Systém středoamerické integrace (*Sistema de la Integración Centroamericana*).
UNAM	Národní autonomní mexická univerzita (*Universidad Nacional Autónoma de México*).
USGS NEIC	Geologická služba Spojených států amerických (*U. S. Geological Survey, National Earthquake Information Center*).

1. Úvod

Vulkanická a seismická aktivita ovlivňují životy velké části lidské populace na téměř všech místech naší planety. My středoevropané známe tyto projevy převážně z médií a jen málokdo z nás se s nimi setkal osobně. V jiných částech světa jsou však erupce sopek či zemětřesení prakticky na každodenním pořádku a obyvatelé těchto oblastí jsou nuceni se s jejich dopady pravidelně vypořádávat.

Největší škody bývají napáchány bohužel právě v těch nejchudších zemích, jelikož ty mnohdy nemají dostatek prostředků, aby dokázaly eliminovat negativní dopady sopečné a seismické aktivity. Bylo by ale velkou chybou myslet si, že ekonomicky vyspělé části světa se tato problematika netýká, naopak. Všichni máme dozajista ještě v živé paměti situaci, kdy jeden vulkán na půli cesty mezi Evropou a Severní Amerikou dokázal ochromit takřka všechnu leteckou dopravu přes Atlantský oceán a na celém Starém kontinentě. Ostatně podobných situacích nám nabízejí historické prameny nepřeberné množství, což je jen důkazem toho, jak významně je v jejich důsledku ovlivněn lidský život a všechny aktivity s ním spojené.

V minulosti byly erupce sopek a otřesy zemského povrchu, popřípadě i další jevy s nimi spojené (např. tsunami), přičítány nejrůznějším bohům, kteří dle pověr a legend tímto způsobem projevovali svůj hněv. Dnes již víme, že obojí je spojeno s globální tektonikou. Ani přes existenci nejmodernější techniky ale nedokážeme s dostatečným předstihem předvídat, která sopka vybuchne či kde přesně udeří zemětřesení. Dokážeme pouze odhadovat na základě předešlých zkušeností a některých náznaků, které nám můžou napovědět, ale striktní určení místa a času pravděpodobně nikdy nebude v našich silách.

Ať již chceme nebo ne, pojmy jako sopka nebo zemětřesení vzbuzují v člověku negativní pocity a většina si je spojí s přírodní katastrofou, která může zabíjet nebo ničit lidské výtvory a veškerou infrastrukturu, bez které si již dnes naše životy nedokážeme představit. Vulkanismus i zemětřesení jsou však zcela přirozenými projevy, jejichž původ můžeme najít již v době vzniku planety Země a které souvisí s jejím postupným chladnutím. Lidstvo by se mělo dle toho také chovat. Můžeme sice využít alespoň část této ohromné energie v náš prospěch, ale musíme také přijmout fakt, že nemáme technické ani jiné možnosti, jak takovou sílu zkrotit nebo si ji přizpůsobit našim potřebám a touhám.

2. Cíle diplomové práce

Předkládaná diplomová práce navazuje na bakalářskou práci, tematicky zaměřenou na sopečnou činnost v Mexiku, zejména na základní charakteristiku fyzickogeografických poměrů a příčin a následků sopečné aktivity. Cílem předkládané diplomové práce je prohloubení získaných poznatků a rozšíření zkoumané problematiky o další endogenní rizikové procesy ovlivňující tento region, které jsou s vulkanismem velmi úzce spjaty, především pak seismickou činnost a také zhodnotit současný varovný systém v komparaci se systémy v regionu střední Ameriky.

V průběhu zpracování diplomové práce bylo hodnocení systémů varování rozšířeno na vybrané státy v regionu Střední Ameriky, zejména s ohledem na skutečnost, že v samotném Mexiku tento systém není v porovnání s jinými na příliš vysoké úrovni. Z tohoto důvodu byla současně detailněji rozpracováno hodnocení varovných systémů fungujících i v dalších zemích středoamerického regionu. Konkrétně se jedná o rozšíření hodnocení systému varovnání o Guatemalu, Salvador a Nikaraguy. Tyto státy, resp. jejich varovné systémy byly vybrány záměrně, jelikož se potýkají z pohledu globální tektoniky s téměř totožnými problémy.

Největší prostor bude v diplomové práci věnován charakteristikám sopečné a zemětřesné činnosti v Mexiku, včetně jejich nejvýraznějších projevů a dopadů za období přibližně posledních dvaceti letech až do současnosti, a celkovému zařazení oblasti do kontextu globální tektoniky. Dílčím, ale rozhodně ne méně významným, cílem je charakteristika fungování systémů včasného varování v několika zemích Střední Ameriky, které mají napomoci omezování ztrát na lidských životech a majetku v důsledku těchto přírodních rizik.

Textová část diplomové práce bude doplněna o grafickou prezentaci, která zahrnuje tematické mapy, tabulky a obrázky.

3. Metodika diplomové práce

Základní metodou využitou při zpracování diplomové práce byla rešerše a porovnávání literárních a elektronických zdrojů. Použity z nich byly především aktuální faktické údaje, které byly doplněny o vlastní názory a případné návrhy na zlepšení fungování systémů včasného varování.

Pro velkou část práce bylo nutné čerpat z cizojazyčných materiálů, a to anglicky nebo španělsky psaných, jelikož neexistuje dostatek relevantních zdrojů v jazyce českém. V tomto ohledu mi byly nápomocné i zkušenosti získané již při psaní práce bakalářské. Nejproblematičtější z hlediska relevantních zdrojů, jako např. odborných studií a literatury, bylo zpracování části, která je zaměřena na problematiku varovných systémů ve státech Střední Ameriky. Velmi přínosné pro celou práci byly konzultace s Dr. Wilfriedem Strauchem, který působí v Nikaragujském institutu pro studium Země a zabývá se především seismickou činností. Pro potřeby zpracování diplomové práce poskytl cenné rady a vlastní zkušenosti i odborné příspěvky a materiály, běžně veřejně nedostupné. Dr. Wilfried Strauch se podílí na vytváření a fungování varovného systému v Nikaragui a bylo možné s ním konzultovat různé nesrovnalosti, které se vyskytly při studiu jím poskytnutých materiálů týkajících se tohoto systému i monitorování endogenních procesů v dalších zemích tohoto regionu. Jednalo se zejména o informace dostupné v elektronické podobě na webových stránkách organizací, které zajišťují mapování nebo varování před nebezpečími spojenými s těmito procesy v jednotlivých středoamerických státech.

V úvodní části, která se věnuje charakteristice Mexika jako státnímu celku byla využita elektronická učebnice Geografie Latinské Ameriky a Karibiku (Fňukal, M., Szczyrba, Z.), jako další zdroj byly využity i další regionálně geografické práce. Statistická data pro úvodní komplexní charakteristiku území byla využívána ze zdrojů dat mexického statistického úřadu INEGI z dokumentů týkajících se posledního sčítání obyvatelstva a domů v roce 2005. V kapitolách, kde jsou uvedeny základní informace o dalších středoamerických státech byly podobně využity informace z jednotlivých statistických úřadů těchto zemí, které jsou poměrně snadno dostupné v elektronické podobě. Pro tyto charakteristiky byl omezené míře použit také další elektronický zdroj, konkrétně internetové stránky CIA – The Word Factbook, ovšem ty hlavně pro porovnání nejrůznějších údajů.

Při zpracování kapitol všeobecně popisujících příčiny vulkanické a seismické činnosti byla jako základní využívána odborná geomorfologická literatura, zejména Obecná

geomorfologie (Demek, J., 1988), Introducing physical geografy (od Strahler, A., Strahler, A., 2006), Přírodní katastrofy (Kukal, Z., 1982) nebo Vznik pevnin a oceánů (Kukal, Z., 1973), současně byly využívány informace publikované Americkou geologickou službou a Smithsonian Institution dostupné na webových stránkách institutů.

Část práce nazvaná Seismická a vulkanická aktivita v oblasti Mexika se pak opírá o informace z převážně výše uvedených internetových zdrojů, Americké geologické služby, které mi poskytly přesná a podrobná data ohledně vybraných zemětřesení, a Smithsonian Institution, kde je možné najít dostatek údajů o všech aktivních sopkách na planetě Zemi. Na těchto stránkách je také poměrně dobře a přehledně zmapována jejich aktivita v tzv. měsíčních zprávách. Snahou bylo vybrat pouze takové projevy, které byly nějakým určitým způsobem významné svým dopadem nebo ty, které jsou v současné době aktuální.

V diplomové práci jsou také zakomponovány obrázky a mapy, které byly převzaty z internetových stránek a poté graficky upraveny, a tabulky, které byly vytvořeny s využitím adekvátních zdrojů.

Veškeré zdroje, ze kterých bylo čerpáno v průběhu zpracování této diplomové práce, jsou uvedeny a číselně označeny v kapitole *10. Seznam použitých zdrojů*. Pokud byly z těchto zdrojů použity faktické údaje, jako např. rozloha státu, je u nich v hranaté závorce uvedené číslo, které odkazuje na odpovídající zdroj ve zmíněné kapitole. Podobným způsobem jsou citovány i převzaté myšlenky či charakteristiky, opět formou uvedení čísla v hranatých závorkách, která označuje konkrétní zdroj, ze kterého byla informace použita.

4. Pozice Mexika v regionu Střední Ameriky

Střední Amerika tvoří pomyslnou spojnici mezi Amerikou Severní, pod kterou geograficky spadá, a Jižní. Není však samostatným kontinentem, jedná se pouze o jakési regionální vymezení skupiny států, které se do velké míry vyznačují podobnými charakteristikami. Tou nejmarkantnější je dominance španělského jazyka v drtivé většině zemí tohoto regionu. Vymezení pojmu Střední Amerika je v současnosti poněkud problematické, jelikož na něj můžeme nahlížet z několika možných hledisek, která se liší zahrnutím jednotlivých států do této oblasti.

Obr. 1: Státy Střední Ameriky a Karibské oblasti.

Zdroj: Mapa světa.info (upraveno). [35]

Z geografického pohledu se Střední Amerika vymezuje jako oblast mezi dvěma šíjemi, a to Tehuantepeckou na severu, která leží v Mexiku, a Panamskou na jihu. V rámci této definice je možné do tohoto pojmu zahrnout i ostrovní oblouk Velkých a Malých Antil, které tvoří tzv. Karibskou oblast. Proto můžeme díky geografické definici vztáhnout pod pojem středoamerické státy všechny země na jih od USA až po Panamu včetně, i když například zařazení již zmíněného Mexika do této skupiny může být do určité míry sporné, a samozřejmě

také státy a závislá území Karibské oblasti. Pro svou diplomovou práci budu využívat právě geografického vymezení, protože stěžejní část této práce se týká Mexika a pevninských států regionu.

Historické vnímání Střední Ameriky nám tuto oblast poměrně výrazně zužuje, jelikož považuje za středoamerické státy pouze Kostariku, Nikaraguu, Honduras, Salvador a Guatemalu. Za španělské koloniální nadvlády byly tyto země součástí místokrálovství Nové Španělsko, což je právě ten důvod, proč historikové nahlížejí na region Střední Ameriky jinou optikou než geografové.

Ekonomicko-politické vymezení je zřejmě asi nejkomplikovanější. Jednotlivé země jsou členy nejrůznějších organizací vzájemné spolupráce, jako například NAFTA, CARICOM (Karibské společenství) nebo SICA (Systém středoamerické integrace). V rámci těchto organizací se jejich členské státy zaměřují na kooperaci i mimo vymezený region a také se samozřejmě agenda těchto společenství do určité míry překrývá a vzájemně doplňuje. To je důvodem, proč ekonomicko-politické hledisko může do regionu Střední Ameriky zahrnout více zemí než jiné pohledy nebo naopak méně.

Centrální část středoamerické oblasti tvoří Karibské moře, které je okrajovým mořem Atlantského oceánu a řadí se mezi nejteplejší moře celého světa. Teplota jeho vod se průměrně pohybuje v rozmezí od 25 do 29 °C [31] a salinita je mezi 34 a 37 ‰ [31]. Karibské moře je ohraničeno od Atlantského oceánu obloukem Antilského souostroví, které zahrnuje okolo sedmi tisíc ostrovů, ostrůvků a korálových útesů, které jsou vyhledávanými destinacemi zahraničních turistů. Do Antilského souostroví, které je podobně jako pevninská část regionu tvořena horským pásmem Kordiller, můžeme zařadit tři velké skupiny ostrovů, Bahamy, které jsou také známy pod starším názvem Lucaye a které jsou tvořeny asi 29 většími ostrovy, téměř 700 malými ostrůvky a bezpočtem útesů a osamocených skal. Dále pak Velké Antily (Kuba, Jamajka, Hispaniola, Portoriko) a Malé Antily. Zde je dobré zmínit, že Malé Antily jsou dále ještě tvořeny Návětrnými ostrovy, které se táhnou od severu k jihu a tvoří právě tu pomyslnou hranici mezi Karibským mořem a Atlantským oceánem, a Závětrnými ostrovy, které leží souběžně s pobřežím Jižní Ameriky u Venezuely. [31]

Ve složení obyvatelstva jednotlivých zemí převládají mesticové, jelikož původní obyvatelé byli téměř vyhubeni po poměrně krátkém období španělské kolonizace v důsledku hrubého zacházení a náporu nových nemocí. Ovšem i zde se dají najít výjimky. Například Guatemala je zemí, kde větší část tvoří původní indiánské obyvatelstvo. Ostrovní část oblasti se vyznačuje převahou obyvatel, které je afrického původu. Předkové těchto obyvatel sem byli dovezeni v rámci obchodu s otroky pro práce na plantážích. Výjimkou je snad pouze

Kuba či Portoriko, kde opět převažují mesticové a je zde také velký počet potomků španělských kolonizátorů [39]. Sídelní struktura, alespoň v pevninské části, je výrazně nerovnoměrná, protože většina obyvatelstva je soustředěna při pobřeží Tichého oceánu.

Střední Amerika se nachází v tropickém podnebném pásu. Srážky do oblasti přinášejí především pasáty, které zde mají severovýchodní směr. Z toho vyplývá, že větší úhrny srážek můžeme pozorovat při pobřeží Atlantského oceánu, jelikož se jedná o návětrnou stranu. Převážně ostrovní oblasti Střední Ameriky bývají každoročně zasaženy tropickými cyklónami, které zde působí velké škody na lidských životech a majetku.

Ekonomickou sílu států Střední Ameriky můžeme hodnotit jako velmi malou, jelikož drtivá většina z těchto zemí patří mezi slabě rozvinuté a jejich hospodářství bývá silně závislé na produkci a vývozu několika málo zemědělských plodin, jako jsou např. banány nebo jiné tropické ovoce. Tento fakt zapříčiňuje, že středoamerické státy jsou velmi náchylné na jakékoliv kolísání výkupních cen komodit na světových trzích. V současnosti pak také hospodářsky slabé země doplácejí zřejmě nejvíce ze všech na světovou ekonomickou krizi, protože právě výkupní ceny zemědělských produktů celosvětově klesaly rychlým tempem, a jejich postavení se neustále zhoršuje. Stěžejní místo v hospodářství těchto zemí hraje však cukrová třtina, někde popřípadě ještě káva (Guatemala).

Průmyslová výroba je v převážné míře zaměřena na zpracování zemědělských plodin. Výjimkou je snad jen Mexiko, které má velké zásoby nerostných surovin, hlavně ropy, a proto se zde poměrně dobře rozvinul petrochemický průmysl, dále pak například strojírenství. Ostatní země regionu se vyznačují nedostatkem nerostného bohatství a závislostí na jeho dovozu. Velkým problémem středoamerických států je korupce, se kterou se jejich obyvatelé setkávají ve všech sférách společnosti a která do značné míry brzdí ekonomický i společenský rozvoj a odrazuje mnoho potencionálních investorů ze zahraničí.

Většina zemí popisovaného regionu se po získání nezávislosti v 19. století vyznačovala vládou převážně vojenských diktatur. Tyto režimy, které bývají velmi zkorumpované a jejich představitelé sledují především osobní zisk, se drží u moci v některých státech do současnosti a měly za následek bezpočet občanských i mezinárodních konfliktů. Většina z nich se na mezinárodním poli vždy snažila působit jako demokratické, ale jimi vypisované volby byly častokrát zmanipulované. I tento faktor se v minulosti velmi výrazně podílel na postupném hospodářském, společenském i jiném zaostávání těchto zemí a má za následek velké množství problémů, se kterými se středoamerické země v dnešních dnech potýkají. [18], [31], [37], [39], [72]

Bezprostředními kontinentálními sousedy Mexika jsou na severu USA a na jihovýchodě Guatemala a Belize.

S ohledem na základní strukturu diplomové práce, která v závěrečné části zahrnuje i charakteristiku varovných systémů ve vybraných státech regionu Střední Ameriky, je v následující části textu uvedena základní charakteristika zemí, jejichž varovné systémy jsou v textu diplomové práce hodnoceny a bylo by je možné aplikovat v území Mexika.

Guatemalská republika je státem ležícím ve Střední Americe a jak je zmíněno níže, je jižním sousedem Mexika. Guatemala má přístup jak k Tichému oceánu, tak zároveň i k Atlantskému prostřednictvím Karibského moře. Hlavním městem je Guatemala, které se co do počtu obyvatel dá srovnat např. s Prahou. Rozloha země činí 108 889 km^2 [8] a podle posledního sčítání lidu z roku 2002 je její počet obyvatel 11 237 196 [26]. Směrem od severozápadu k jihovýchodu prochází Guatemalou velehorské pásmo Kordiller, kde se nalézá velké množství činných sopek. Při pobřeží Tichého oceánu se rozkládá pobřežní nížina, kde je celoroční klima velmi horké a vlhké, ve vnitrozemí je klima zmírňováno vyšší nadmořskou výškou. Guatemala je státem zcela závislém na exportu několika zemědělských plodin, při čemž primární sektor zaměstnává téměř polovinu ekonomicky aktivního obyvatelstva. Jedná se především o pěstování kávy (celosvětově 4. největší vývozce po Brazílii, Kolumbii a Vietnamu), cukrové třtiny, banánů, rýže, kukuřice a fazolí. V poslední době vzrůstá význam i tzv. netradičních zemědělských plodin[1], kterými jsou v Guatemale brokolice, chřest, čínské zelí, papriky a další. Průmysl se vyvinul v návaznosti na primární sektor. Mezi největší odvětví patří petrochemický, potravinářství (převládá cukrovarnictví) a textilní průmysl, který tvoří okolo 25 % guatemalského vývozu, ale v současné době čelí ohromné konkurenci ze zemí východní a jihovýchodní Asie. Největší část exportu směřuje z Guatemaly do Spojených států amerických a do zemí EU. [2], [8], [18]

Republika Salvador je stát rozkládající se při pobřeží Tichého oceánu. Společně s Belize je Salvador jedinou středoamerickou zemí, která nemá současně přístup jak k Tichému, tak i Atlantskému oceánu (viz. Obr. 1).[2] Hlavním městem země je San Salvador, který je po Mexico City a Guatemale třetím největším městem ve Střední Americe. Úředním jazykem je samozřejmě španělština, i když převážně na agrárním venkově je velmi frekventovaný i domorodý jazyk nahua. Povrch Salvadoru je relativně členitý. U Tichého

[1] Příhodné klima v Guatemale umožňuje i více sklizní do roka a také zároveň velkou variabilitu v pěstování zemědělských plodin, typických pro mírný, subtropický i tropický podnebný pás.
[2] Belize leží u pobřeží Karibského moře, okrajového moře Atlantského oceánu.

oceánu se rozkládá pobřežní nížina, která postupně přechází v horské pásmo Kordiller. Na území země se rovněž nalézá mnoho vulkánů, z nichž ty aktivní můžeme najít především v jižní části země, na severu se pak nalézá tektonická sníženina. Klima je velmi vlhké a tropické především na pobřeží, ve vnitrozemí je teplota mírnější díky větší nadmořské výšce. Roční období jsou pouze dvě, od května do října se jedná o období dešťů a od listopadu do dubna období sucha.

V zemi žije 5 744 113 obyvatel [16], což je výsledek posledního sčítání lidu z roku 2007. Zemi však každoročně opouští velké množství obyvatelstva v produktivním věku kvůli nedostatku pracovních příležitostí a nízkým platům. Tito lidé nejčastěji směřují přes Guatemalu a dále pak Mexiko do Spojených států amerických.

Ekonomika Salvadoru je založena především na produkci a vývozu zemědělských plodin, při čemž převažuje rostlinná výroba. Exportními plodinami jsou prakticky jen banány a bavlna. V několika posledních letech se salvadorská ekonomika vyznačovala poměrně výrazným růstem hrubého domácího produktu. Tento růst dosahoval téměř 3 % za rok, ovšem současná světová ekonomická krize tyto rostoucí tendence zcela zvrátila ve výrazný propad. Je také dobré připomenout, že Salvador je v regionu Střední Ameriky zemí, do které přichází největší objem finančních prostředků ve formě remitencí[3]. [7], [18]

Nikaragujská republika leží v pevninské části Střední Ameriky mezi Hondurasem, se kterým sousedí na severu, a Kostarikou na jihu. Přístup má jak k Tichému, tak i Atlantskému oceánu, respektive Karibskému moři. V západní části země se nalézá příkopová propadlina s jezery Managua a Nicaragua. Hlavním městem země, která čítá 5 142 098 obyvatel (2005 [27]), je Managua a úředním jazykem je španělština, ale ve venkovských oblastech východní části Nikaragui je velmi frekventovaný indiánský jazyk miskito. Východní pobřeží je nížinné a lemují ho četné korálové útesy. V západní části země se rozkládají dvě velká jezera. Prvním je Nikaragujské jezero a druhým jezero Managua, které leží severněji. Podnebí země je tropické, ovlivňováno severovýchodními pasáty, které přinášejí velké množství dešťových srážek.

Hospodářsky je Nikaragua je nejslabším státem Střední Ameriky a její ekonomika je zřejmě nejvíce z těchto zemí odkázaná na příjmy z exportu. Téměř 15 % nikaragujského hrubého domácího produktu tvoří remitence. Nejdůležitějšími pěstovanými komoditami jsou bavlna a káva, dále pak cukrová třtina, tabák, kukuřice, brambory a banány. Ložiska zlata, stříbra a měděné rudy nejsou příliš intenzivně využívána.

[3] Jedná se o finanční prostředky, které získávají občané Nikaragui za práci v zahraničí a následně je posílají zpět do vlasti pro obživu svých rodin.

Průmysl je jen slabě rozvinutý, převládá potravinářský, který souvisí se zpracováním zemědělských plodin (cukrovary, pražírny kávy, pivovary atd.). Za zmínku ještě stojí textilní a oděvní průmysl, které tvoří téměř dvě třetiny nikaragujského exportu, ovšem i ty se potýkají s levnější konkurencí z Asie. [11], [18]

Republika Haiti, jejímž hlavním městem je Port-au-Prince, je stát v západní části ostrova Hispaniola, který je druhým největším ve Velkých Antilách. Západní a jižní pobřeží omývá Karibské moře, severní pak Atlantský oceán. Východním sousedem Haiti je Dominikánská republika, se kterou činí délka společné hranice 360 km. Celým územím Haiti procházejí směrem od západu k východu horská pásma, která jsou od sebe odděleny širokými údolími. Klima v této části ostrova je tropické, semiaridní.

Přesné oficiální statistiky pro počet obyvatel se mi bohužel nepodařilo získat. Většina zdrojů uvádí okolo 8,5 mil. lidí žijících na Haiti. Rozloha země je 27 750 km^2 a v národnostním složení silně převažují černoši, na které připadá 95 % veškerého obyvatelstva, čímž se Haiti velmi výrazně odlišuje od zbývajících států regionu[4]. Další odlišností je fakt, že úředním jazykem není španělština, nýbrž francouzština a kreolština, což je dáno historickým vývojem.

Republika Haiti je nejchudším státem západní polokoule, kde více než tři čtvrtiny obyvatel žije pod hranicí chudoby. Jedná o zemědělský stát, jehož velkým problémem je deforestace a kde jsou hlavními plodinami káva, tropické ovoce, cukrová třtina, rýže a mnoho dalšího. Cestovní ruch probíhá jen ve velmi regulované podobě, jelikož země má velmi špatnou pověst, prakticky neexistuje žádná infrastruktura, hygienické podmínky jsou velmi špatné a po posledním zemětřesení a povodních se příliv turistů prakticky zastavil. [9], [18], [31]

[4] Zbývajících 5 % tvoří běloši a mulati.

4.1. Mexiko

Spojené státy mexické (Estados Unidos Mexicanos) jsou federativní stát, který se rozkládá v jižní části severoamerického kontinentu a jehož rozloha 1 964 375 km^2 [24] ho řadí celosvětově na 11. místo. Sousední státy Mexika jsou pouze tři, na severu Spojené státy americké, s nimiž je délka společné hranice 3 152 km, dále je pak jižním sousedem Guatemala, délka hranice 956 km, a nejkratší hranice sdílí Mexiko na jihovýchodě s Belize, a to 193 km. [10]

Obr. 2: Spojené státy mexické a jejich administrativní členění.

Zdroj: Mexico, Travel Site [36].

Západní pobřeží Spojených států mexických je omýváno vodami Tichého oceánu, východní poté leží u oceánu Atlantského, jehož vody jsou Yucatánským poloostrovem rozděleny na Mexický záliv a Karibské moře. Mexické pobřeží je poměrně velmi hodně členité, proto je jeho celková délka 11 122 km. [24]

Povrch Mexika je velmi rozmanitý, především pak vnitrozemí, a vyznačuje se převážně hornatým charakterem. Horská pásma, na západě Sierra Madre Occidental a Sierra Madre Oriental ve východní části země, se táhnou celým územím od severu k jihu a patří do kordillerské soustavy. Nadmořská výška těchto horských soustav klesá směrem od severu

k jihu a mezi nimi, v centrální části země, se rozkládá Mexická náhorní plošina, která je tvořena lávovými příkrovy a je zdrojem velkého nerostného bohatství. Těží se zde rudy zlata, stříbra a olova.

Celá plošina je taktéž velmi hustě zalidněna, i přes to, že se zde vyskytuje velké množství aktivních vulkánů a oblast bývá relativně často postihována zemětřesnou činností. Vysoká míra zalidnění je daná hlavně nadmořskou výškou, která zmírňuje horké klima a vytváří příhodné podmínky pro osídlení i hospodářskou činnost.

Na západě, při pobřeží Tichého oceánu, se rozkládá úzký pruh úrodných nížin. Srážky přicházející od oceánu jsou zde zadržovány již výše zmíněným pohořím Sierra Madre Occidental, což způsobuje srážkový stín a celkový nedostatek vláhy v severozápadní a centrální části Mexika. Tyto části země jsou charakteristické polopouštěmi a pouštěmi a patří mezi nejsušší v regionu. Úhrny srážek na východním atlantském pobřeží jsou vyšší než na západním, jelikož přísuny vláhy jsou zde po většinu roku závislé na severovýchodních pasátech, v zimním období pak na větrech ze severu. Většina území Mexika leží v subtropickém podnebném pásu, jih země v tropickém, kde se rok dělí pouze na dvě období, sucha a deště.

Spojené státy mexické jsou federativní republikou, která se skládá z 31 jednotlivých států a 1 tzv. Federální distrikt (Distrito Federal – D. F.), kde se nachází většina z metropole hlavního města Ciudad de México (Mexico City). I v současné době je stále v platnosti původní ústava z roku 1917, která však byla již mnohokrát novelizována. Podle ní mají všechny státy mexické federace určitou míru samostatnosti, kterou představuje vlastní ústava, guvernér, vláda a parlament, nemají však právo z federace vystoupit. [1], [18]

Počtem obyvatel 103 263 388 (sčítání obyvatel z roku 2005[5] [25]), se Mexiko řadí na 11. místo v porovnání všech států světa. Ve 2. polovině 20. století se počet obyvatel zdvojnásobil, ovšem na přelomu tisíciletí došlo k výrazné stagnaci tohoto růstu. Více než tři čtvrtiny obyvatel žijí ve městech a podíl městského obyvatelstva se neustále zvyšuje díky migraci z převážně zemědělského venkova směrem do velkých aglomerací. Úředním jazykem ve Spojených státech mexických je samozřejmě španělština, ovšem nezřídka můžeme narazit na stále ještě přežívají původní mayské dialekty, mezi které patří například náhuatl a tzotil.

Věková struktura obyvatelstva řadí Mexiko do skupiny zemí s převahou mladší a střední generace, i když zde je důležité zmínit, že v posledních několika málo letech se i tento ukazatel výrazně mění a Mexiko se začíná v mnoha ohledech přibližovat vyspělým zemím

[5] Odhad z července roku 2009 hovoří o 111 211 789 obyvatelích Mexika (CIA – The World Factbook [1]). Další sčítání obyvatelstva bude probíhat od 31. května do 25. června 2010.

globálního Severu. Obyvatel v předproduktivním věku 0 až 14 let žije v zemi 29,1 %, střední generace mezi 15 a 64 lety věku tvoří 64,6 % a lidí v poproduktivním věku nad 65 let je 6,2 %. Oproti stejným údajům z roku 2006 došlo zhruba k 1% úbytku v první výše uvedené kategorii a naopak k asi 1% ve zbylých dvou. Z toho je patrné, že postupně dochází ke stárnutí mexické populace, což je samozřejmě dáno hlavně snižující se porodností, ale také záporným migračním faktorem, který v Mexiku dosahuje -3,61 migrantů na 1 000 obyvatel (odhad za rok 2009). U tohoto ukazatele došlo oproti porovnání s rokem 2006 opět zhruba k 1% poklesu, který je podle mého názoru způsoben především ekonomickou krizí, která se začala projevovat již na přelomu let 2007 a 2008 nejprve ve Spojených státech amerických a vedla k úbytku legálních i nelegálních pracovních míst obsazovaných pracovní silou přicházející z Mexika.

Drtivá většina mexických emigrantů odchází za vidinou vyšších výdělků a lepší životní úrovní na sever do USA, kde v současné době tvoří okolo dvou třetin veškerého hispánského obyvatelstva. V mnoha případech však dochází k přecházení mexicko-americké státní hranice nelegálním způsobem, na což v poslední době zareagovala vláda Spojených států amerických zpřísněním hraničních kontrol a stavbou dnes již po celém světě známého a sporného hraničního plotu, který má za cíl co možná nejvíce omezit právě ilegální přechod státní hranice směrem do USA.

Podle posledního sčítání obyvatel, které proběhlo ve Spojených státech mexických v roce 2005, převládají v mexické společnosti římští katolíci s 76,5 %, následují s 6,3 % protestanti a zbývající část připadá na ostatní náboženství nebo popřípadě ateisty. Národnostní složení již tak jednotvárné není, 60 % tvoří mesticové, 30 % indiáni, 9 % běloši a 1 % připadá na ostatní národnosti.

Sídelní struktura je rozložena nerovnoměrně. Většina měst leží při pobřeží obou oceánů, které Mexiko omývají a kde je podnebí příznivě ovlivňováno větry a srážkami přicházejícími právě od moře, nebo v centrální části země, kde je horké klima zmírňováno vyšší nadmořskou výškou.

Mexiko je hospodářsky nejsilnější mezi latinskoamerickými zeměmi. To dokumentuje i to, že v roce 1994 Mexiko vstoupilo do Severoamerické zóny volného obchodu (NAFTA) a také do OECD (Organizace pro ekonomickou spolupráci a rozvoj). Z tohoto důvodu, a také díky geografické poloze, jsou největšími obchodními partnery USA a Kanada, kam směřuje zhruba 75 % veškerého mexického exportu. Zajímavostí jsou tzv. maquiladoras, což jsou velké průmyslové komplexy v blízkosti americko-mexické hranice, kde firmy a podniky ze Spojených států amerických vyrábí své produkty a využívají tak levnější pracovní síly v

Mexiku. Mnoho těchto amerických podniků čelí v současnosti nařčením, že jen využívají mexické dělníky a jejich špatného postavení.

Zhruba jedna třetina obyvatel je zaměstnaná v primárním sektoru, jelikož zemědělská půda tvoří okolo 12 % rozlohy země [72] a zemědělství, které je především v suchých oblastech silně závislé na umělém zavlažování, je i v současné době páteří mexického hospodářství. Hlavními zemědělskými produkty jsou obilniny (převažuje kukuřice a pšenice), ovoce a zelenina (fazole, banány, citrusové plody), cukrová třtina, agáve, bavlna a mnoho dalšího. Živočišná výroba se vyznačuje extenzivním chovem skotu, chovem koní, koz, ovcí a prasat.

Spojené státy mexické mají jako jeden z mála států Střední Ameriky velké nerostné bohatství. Nejvýznamnější jsou ložiska ropy a zemního plynu, které se těží hlavně ve východní části země při pobřeží Mexického zálivu. Mezi další přírodní zdroje patří zásoby zlata, stříbra, v jehož těžbě patří Mexiko mezi nejvýznamnější světové producenty, ale jeho význam v celosvětovém měřítku klesá, antimonu, arzenu, síry a rud železných i barevných kovů.

Průmyslová výroba ve velké míře navazuje na těžbu nerostných surovin. Proto jsou dobře rozvinuté petrochemický a chemický průmysl a hutnictví barevných kovů. Na vysoké úrovni je také potravinářský a strojírenský průmysl. Za připomenutí stojí fakt, že ještě před několika málo lety v Mexiku vyráběla automobilka Volkswagen svůj legendární model „Brouk“. Velkou roli v mexické ekonomice hraje také turistický ruch. Mnoho pamětihodností z předkoloniálního i koloniálního období a mexická příroda přitahují každoročně několik miliónů turistů. Jejich počet však zhruba v posledních dvou letech v důsledku ekonomické krize poklesl. Nejznámějším mexickým turistickým letoviskem je Acapulco ležící u pobřeží Tichého oceánu na západě země. [1], [18], [37], [72]

4.1.2. Vybrané historické aspekty vývoje Mexika

V předkoloniálním období bylo území dnešního Mexika osídleno mnoha indiánskými kmeny. Mezi ty hlavní patřili Mistékové, Zapotékové a Olmékové, kteří měli svá sídelní centra u pobřeží Mexického zálivu. Tito domorodí obyvatelé byli však postupem času vytlačeni výbojnějšími a agresivnějšími Mayi, kteří měli původ na Yucatanském poloostrově a na území několika současných středoamerických států vytvořili poměrně rozsáhlou a vyspělou říši. Ovšem v průběhu dalších století byli i Mayové podrobeni dobyvačnými Aztéky, kteří je předčili po technické, kulturní a vědecké stránce. Kultura původních obyvatel velmi

výrazně ovlivnila další budoucí vývoj a směřování Mexika a prakticky i všech ostatních zemí v regionu a po většině z nich můžeme dodnes najít v Mexiku mnoho převážně náboženských staveb, které do země lákají každoročně tisíce turistů ze zahraničí.

Počátkem 16. století začíná v celé Střední Americe doba temna, alespoň pro původní indiánské obyvatelstvo. Do Mexika přicházejí Španělé vedení Hernánem Cortésem, kteří zde pomocí hrubé síly začínají prosazovat svou nadvládu a katolickou víru. Téměř celá indiánská populace byla vyhlazena v důsledku násilného zacházení, otrocké práce při pěstování zemědělských komodit a zavlečení nových chorob z Evropy. Země byla doslova zplundrována a vyrabována, přírodní zdroje sloužily pouze pro zásobování a obohacování elit v samotném Španělsku. Roku 1535 se Mexiko stalo součástí místokrálovství Nové Španělsko a následná koloniální nadvláda trvala přes 300 let.

Po získání nezávislosti dne 16. září 1810[6] začíná v Mexiku nová éra sporů, nepokojů, násilí a občanských válek. V roce 1836 bylo v Mexiku zrušeno otroctví, což pobouřilo zámožné a vlivné statkáře v Texasu, který vyhlásil samostatnost a roku 1845 se stal součástí Spojených států amerických. K dalším velkým územním ztrátám došlo během prohrané války s USA v letech 1846 až 1848, kdy Mexiko zhruba polovinu svého tehdejšího. Neúspěch ve válečném konfliktu znamenal nutnost odstoupení Kalifornie, Nevady, Utahu, Arizony a Nového Mexika. Dodnes je v těchto státech velmi patrný mexický vliv, a to především v architektuře historických budov a také v názvech mnoha amerických měst. K území Mexika patřila až do roku 1819 také Florida, jejíž ztrátu způsobila španělsko-americká válka.

Na konci 60. let 19. století bylo v Mexiku vyhlášeno císařství, které ale nemělo dlouhé trvání. Mnohem významnější událostí dějin země je nástup generála Porfiria Díaze do funkce prezidenta v roce 1877, který se udržel u moci až do roku 1911. Jeho vláda byla vojenskou diktaturou, ovšem na druhou stranu znamenala pro Mexiko prudký rozvoj průmyslu a těžby přírodního bohatství, což znamenalo růst životní úrovně obyvatel země. Celé hospodářství bylo podřízeno zájmům USA a jejímu kapitálu, proto postupně narůstala v celé společnosti nespokojenost, která v roce 1910 způsobila buržoazně-demokratickou revoluci[7]. Celá 1. polovina 20. století byla v Mexiku ve znamení hospodářských a celospolečenských reforem.

[6] Španělsko však oficiálně uznalo nezávislost Mexika až mnohem později, konkrétně 27. září 1821. I přes tento fakt se však dnes je v Mexiku datum 16. září státním svátkem a slaví se jako den nezávislosti. K vyhlášení nezávislosti již v roce 1810 velmi výrazně přispěla invaze francouzských vojsk pod vedením Napoleona do Španělska, která vyvolala rozsáhlé nepokoje i v tisíce kilometrů vzdáleném Mexiku. První polovina 19. století se vyznačuje rozpadem španělského koloniálního impéria v celé Střední Americe a Jižní Americe a ziskem nezávislosti většiny dalších zemí v tomto regionu.

[7] Revoluce probíhala v letech 1910 až 1917 a znamenala vytvoření ústavy, která je v platnosti s určitými nevelkými změnami až do současnosti.

V době tzv. studené války vedla mexická vláda vlastní a zcela nezávislou mezinárodní politiku i přes fakt, že, především díky vzájemnému obchodu, udržovala velmi dobré vztahy se Spojenými státy americkými[8]. V současné době se země potýká hlavně s velkým množstvím společenských a hlavně hospodářských problémů, které vedou k emigraci mnoha jejích obyvatel do USA. Tento fakt dal vzniknout určitému napětí v mexicko-amerických vztazích, jelikož americká společnost tlačí své čelní představitele, aby omezila především nelegální migraci do jejich země. Výsledkem bylo zpřísnění kontrol hranice z americké strany a stavba vysokého hraničního plotu, který Mexičané považují za minimálně kontroverzní a označují ho za „škraloup“ vzájemných vztahů. [10], [17]

[8] Příkladem vlastní zahraničí politiky Mexika může být fakt, že jako jediný Latinskoamerický stát udržovalo stálé styky na nejvyšší poltické úrovni s Kubou i v době její mezinárodní izolace.

5. Základní charakteristika endogenních rizikových jevů

Země je složena ze zemského jádra, zemského pláště a zemské kůry. Tyto části se od sebe liší svými fyzikálními, chemickými a jinými vlastnostmi, ovšem pro potřeby této diplomové práce je důležité zmínit především zemskou kůru a plášť. Litosféra, neboli kamenný obal země, je tvořena právě kůrou a svrchní částí pláště planety Země. Kůra a plášť jsou od sebe odděleny tzv. Mohorovičićovou plochou diskontinuity v hloubce přibližně 35 km pod zemským povrchem.

Zemská kůra může být dvojího druhu, pevninská a oceánská. Pevninská kůra je mocnější než oceánská, jelikož je tvořena třemi vrstvami, kterými jsou směrem od povrchu k jádru sedimentární horniny, kyselé magmatické horniny a bazické horniny. V oceánské zemské kůře je značně omezena vrstva sedimentárních hornin a vrstva kyselých magmatických hornin se zde nevyskytuje vůbec a třetí vrstva bazických hornin je mocnější než v kůře pevninské. Z tohoto důvodu je pevninská kůra mocnější, ale na druhou stranu je oceánská kůra těžší, jelikož hmotnost jednotlivých hornin narůstá směrem k zemskému jádru.

Litosféra není uceleným jednotným celkem, ale skládá se z různých litosférických desek. V minulém století se ve vědeckých kruzích vedly vleklé spory o různé teorie deskové tektoniky a jejich modely. V dnešní době se většina geografů přiklání k teorii, která vysvětluje pohyb jednotlivých desek jejich položením na astenosféře, což je plastická, polotekutá svrchní vrstva zemského pláště, a tzv. konvekčními proudy v této vrstvě. Jedná se o pohyb plastické hmoty, který je způsoben rozdílnými teplotami v jednotlivých částech astenosféry.

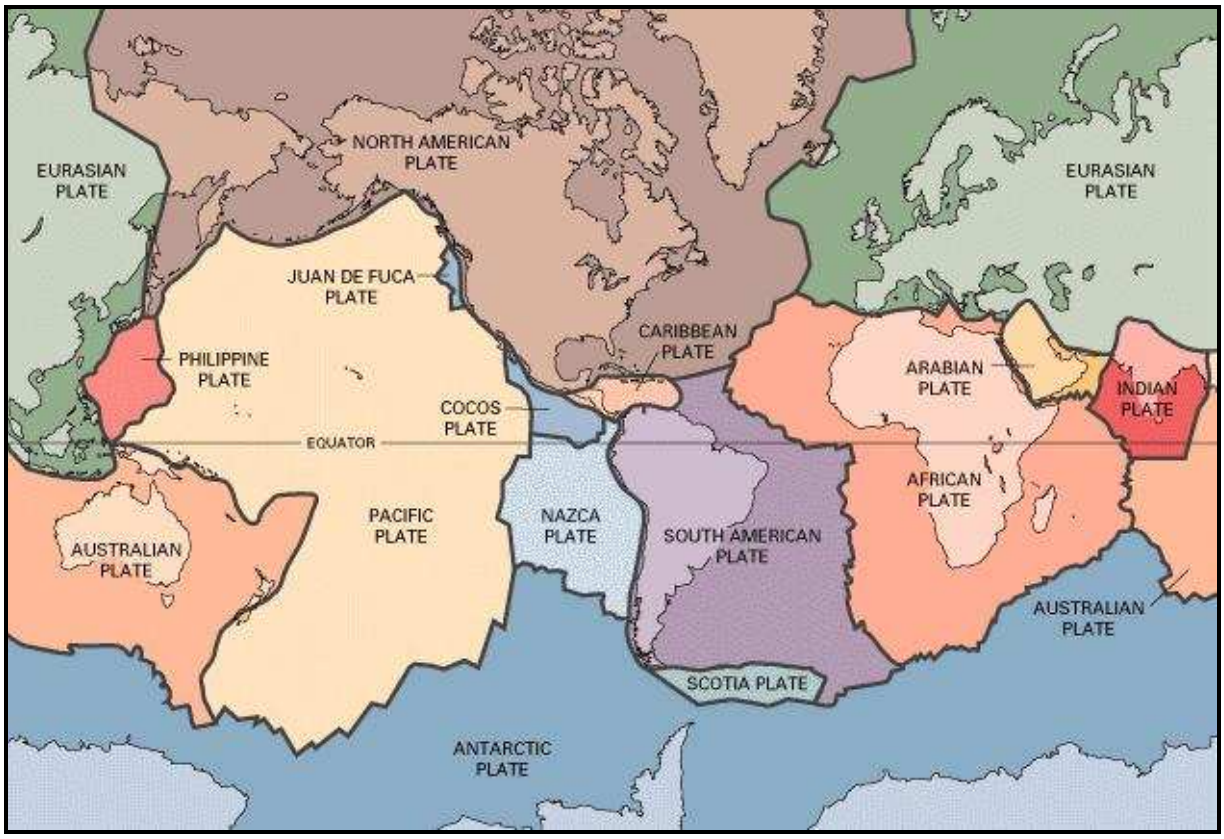
Stejně tak existuje i mnoho teorií o počtu litosférických desek. Nejpoužívanější je ta, která tvrdí, že existuje šest velkých desek, kterými jsou Euroasijská, Indická, Australská, Antarktická, Severoamerická a Jihoamerická, a mnoho menších desek (např. Kokosová, Karibská, Arabská, Filipínská či deska Nazca).

Důsledkem pohybu litosférických desek je magmatismus, seismická a horotvorná činnost, což jsou tzv. endogenní procesy. Magmatismus a seismickou činnost budu podrobněji popisovat níže. Horotvorná činnost je proces, při které vznikají vrásy. Pokud se tyto vrásy nahromadí, tak následně vznikají vrásové příkrovy. V oblastech, kde se vlivem styku litosférických desek vyskytuje největší tlak, se pak lámou a tvoří se zlomy, což jsou poruchy litosféry. Jednotlivé části mezi zlomy označujeme jako tzv. kry. [23], [60]

Při pohybu jednotlivých desek dochází mezi nimi samozřejmě k nejrůznějším druhům jejich vzájemného styku. Jedním může být tzv. divergentní střet, kdy se od sebe dvě desky

oddalují. V těchto místech vzniká nová zemská kůra, protože zde dochází k vzestupným proudům z astenosféry. Nejznámějším příkladem takového styku desek je zřejmě Středoatlantský hřbet. Druhým typem je konvergentní rozhraní, kdy se k sobě dvě desky přibližují, následně dochází k vrásnění a poté k subdukci, což je podsouvání jedné desky pod druhou. Deska, která se podsouvá je postupně v astenosféře tavena a dochází zde k zániku zemské kůry. Důležitým faktorem však je, jaké druhy desek se střetávají. Pokud dojde ke kolizi dvou desek pevninských desek, začne se jedna podsouvat pod druhou, ale postupem času se vlivem ohromného tlaku, který v takových situacích vzniká, začne lámat a nasouvat se na druhou desku, která je neporušená.

Obr. 3: Litosférické desky.



Zdroj: Incorporated Research Institutions for Seismology [23].

Při střetu oceánské a pevninské desky se těžší prvně uvedená podsouvá pod druhou, vzniká oceánský příkop a vrásové pohoří. Příkladem tohoto druhu kolize, které se také označuje jako subdukční zóna, je celé západní pobřeží Severní i Jižní Ameriky, kde dochází k podsouvání oceánských desek pod pevninské, díky čemuž vzniklo celé horské pásmo Kordiller, které se táhne od Aljašky až po Ohňovou zemi. To je také důvodem, proč můžeme

najít v jihoamerických Andách v nadmořské výšce několik tisíc metrů zkameněliny mořských živočichů. Pokud dochází ke kolizi dvou těžkých oceánských desek, je následkem vznik řetězu ostrovů (tzv. ostrovy oceánského typu).

Posledním typem možného vzájemného kontaktu dvou litosférických desek je tzv. střižně zlomové rozhraní (transformní), kdy ty to desky „plují“ vedle sebe a dochází k jejich tření. Forma tohoto styku není příliš obvyklá a vyskytuje se pouze v omezené míře a jako příklad nám může posloužit západní pobřeží Spojených států amerických u města San Francisco, kde se takto míjejí Severoamerická a Pacifická deska. [13], [15], [17], [21], [22], [32], [33], [60]

5.1. Seismická činnost - zemětřesení

Příčinou a projevem seismické aktivity je náhlé chvění či pohyb zemského povrchu, který je způsoben prudkým uvolněním nahromaděné energie ve vnitru planety Země. Místo vzniku zemětřesení se nazývá hypocentrum (ohnisko) a jeho průmět na zemský povrch jako epicentrum. Energie způsobující pohyby zemské povrchu se hromadí po velmi dlouhou dobu a jejím zdrojem je především desková tektonika. Dalšími prvotními impulzy jsou sopečná činnost a také lidská činnost (výbuchy bomb, těžba). Samotné zemětřesení pak trvá po dobu jen několika sekund a jen ta nejsilnější můžou trvat řádově několik málo minut. Pomocí těchto činitelů můžeme rozlišit tři druhy zemětřesení dle jejich původu.

Prvním je tzv. tektonické zemětřesení, které je ve světě nejobvyklejší a nejčastější a je také charakteristické ničivými účinky. Vzniká v místech, kde je narušená litosféra (oblasti zlomů) a kde dochází k pohybu jednotlivých ker, což jsou místa převážně na okraji litosférických desek (viz. popis výše). Téměř tři čtvrtiny těchto zemětřesení jsou vázány na oblast Tichého oceánu, která je nazývána jako „Ohnivý prstenec“, kde dochází ke styku oceánské Pacifické desky s dalšími deskami (např. Severoamerickou). Výskyt těchto zemětřesení na okrajích litosférických desek je jedním z důležitých argumentů zastánců teorie deskové tektoniky.

Dalším typem podle původu vzniku je sopečné zemětřesení, neboli také vulkanické. Jak již název vypovídá, tak tato zemětřesení jsou úzce spjata s vulkanickou činností, především s erupcemi sopek, které je způsobují. Nejsou tak rozsáhlá jako tektonická a tudíž nepáchají tak velké škody. Řítivá zemětřesení jsou poslední v rozlišování podle původu. Jsou typická pro krasové a poddolované oblasti, kde vznikají zřícením stropů těchto podzemních prostor. Nejsou nijak rozsáhlá a mají přímý dopad pouze na nejbližší okolí.

Dle hloubky, ve které se vyskytuje hypocentrum zemětřesení, můžeme rozlišit mělká (ohnisko do 70 km pod povrchem Země), středně hluboká (mezi 70 a 300 km) a hluboká (hypocentrum ve větší hloubce než 300 km) zemětřesení. Nejčastější jsou mělká zemětřesení, která tvoří zhruba 90 % v celosvětovém poměru.

Jak jsem se již zmínil výše, většina světových zemětřesení je vázána na zlomy v litosféře, které jsou dlouhé i několik desítek nebo stovek kilometrů, ale jejich hloubka dosahuje často jen několika málo metrů. Tyto poruchy se však dají najít i uvnitř litosférických desek, nejen na jejich okrajích, a jen minimum z těchto poruch vystupuje až na zemský povrch. Jednotlivé horninové kry se pak pohybují podél zlomů, při čemž jejich rychlost může dosahovat od pár milimetrů až po několik centimetrů za rok. V určitém okamžiku dojde

k vzájemnému zaklínění ker, při čemž samozřejmě jejich pohyb neustává. Proto postupem času dochází k hromadění kinetické energie a její přeměnu na potenciální.

Pokud naakumulované napětí přesáhne krajní mez, veškerá energie se uvolní a horninové kry, které byly zaklíněné, se posunou do nové polohy, která však není shodná s tou polohou, ve které by se nacházely, pokud by nedošlo k jejich vzájemnému zaklínění. Rozdíl mezi těmito polohami se označuje jako diskontinuita a obvykle je v řádu metrů. Při této situaci dochází také k produkci seismických vln, které se táhnou po celé délce zlomu. [15], [32], [33], [60], [67]

Velikost zemětřesení se nejčastěji určuje podle tzv. Richterovy stupnice (neboli také magnituda), která určuje jeho sílu pomocí jediného čísla, při čemž nemá horní ani dolní hranici[9] a můžeme se u ní setkat i s desetinným číslem. Jedná se o funkci dekadického logaritmu amplitudy seismické vlny. Tuto stupnici měření uvedli do praxe Charles Richter a Beno Gutenberg v polovině třicátých let 20. století a původně se pomocí ní měla měřit jen zemětřesení v jižní Kalifornii v USA, ale postupem času se rozšířila téměř po celém světě.

Tab. 1: Základní charakteristiky Richterovy stupnice.

Magnitudo	Účinky zemětřesení
< 2,0	člověkem nezaznamenatelné
2,0 až 2,9	člověkem nezaznamenatelné, přístroji měřitelné
3,0 až 3,9	člověkem zaznamenatelné, nepůsobí hmotné škody
4,0 až 4,9	chvění neupevněných věcí v domech, slyšitelné, nevýznamné škody
5,0 až 5,9	škody na statisticky nestálých budovách
6,0 až 6,9	působí hmatatelné škody do vzdálenosti 100 km od epicentra zemětřesení
7,0 až 7,9	velké hmotné škody na rozsáhlých oblastech
> 8	velké hmotné škody na vzdálenosti několik desítek kilometrů od epicentra

Zdroj: USGS (upraveno) [70].

V tomto případě je ale nutné rozlišovat dva pojmy, a to již zmíněné magnitudo a intenzitu zemětřesení. Magnitudo souvisí s energií uvolněnou během zemětřesení a jedná se o číslo, které určuje posunutí půdy, ke kterému dojde během otřesů. Oproti tomu intenzita zemětřesení je pro každé místo jiná. Čistě teoreticky by měla být největší v epicentru, při

[9] I přes tento fakt považovali Gutenberg a Richter jako počátek stupnice 0, jelikož předpokládali, že magnitudo nemůže dosáhnout záporných hodnot. Jako magnitudo 0 určili stav, kdy 100 km od epicentra zemětřesení naměřil Woodův-Andersonův seismometr posun zemských ker vodorovným směrem nejvíce jeden mikrometr. [70]

čemž s rostoucí vzdáleností od ohniska by měla postupně klesat až k nule. To ovšem neplatí, jelikož intenzita otřesů není závislá pouze na vzdálenosti od epicentra, ale ve značné míře také na geologických podmínkách dané oblasti, výšce hladiny podzemní vody a také na místě pozorování, protože seismické vlny se nešíří od ohniska do okolí stejnoměrně [70].

V současné době považuje mnoho seismologů Richterovu stupnici za již překonanou, a to i přes to, že laická veřejnost a většina světových médií s touto škálou neustále pracuje. Odborníci však již dnes využívají hlavně dvanáctistupňová měřítka makroseismické aktivity (jako například MSK-64 nebo EMS-98, která se používá v evropských státech včetně České republiky) nebo sedmistupňová JMA[10] v Japonsku [30]. Jednotlivé stupnice se však od sebe vzájemně liší a nejsou zcela jednotné, což může být jedním z důvodů, proč je Richterova stupnice stále nejpoužívanější a tak rozšířená a populární.

Stupnice MSK-64 (Medveděv-Sponheuer-Kárník) byla vytvořena v roce 1964 v tehdejším SSSR, na půdě Ústavu fyziky země, Sovětské (nynější Ruské) akademie věd v Moskvě. Na její tvorbě se podíleli Sergej Medveděv ze SSSR, Wilhelm Sponheuer z někdejší Německé demokratické republiky a Vít Kárník z tehdejší ČSSR a byla používána v celé Evropě, v SSSR a i v mnoha dalších zemích jen s minimálními úpravami téměř třicet let. V dnešní době je tato stupnice stále ještě používána v bývalých zemích Sovětského svazu, dále pak např. Indii či Izraeli a někdy se používá také i v České republice.

Evropská makroseismická stupnice, která byla vyvinuta v roce 1988 a od té doby byla mnohokrát poupravena, má dvanáct stupňů a poměrně výrazně vychází ze starší škály MSK-64. Ta měla taktéž dvanáct stupňů, jejichž charakteristika je do značné míry podobná té, kterou uvádím níže. Poslední revizí prošla v roce 1998 (proto označení EMS-98) a v současnosti je využívaná ve všech zemích Evropské unie a má následující stupně (upraveno podle [19], [20], [34]):

1. Nepocítěno.
2. Zřídka pocítěno.
3. Slabé (citelné uvnitř budov jako velmi slabé chvění, které cítí jen málo jednotlivců).
4. Značně pozorované (cítí zhruba polovina jedinců uvnitř budov, ve volných prostranstvích citelné jen výjimečně).
5. Silné (uvnitř budov cítí většina jednotlivců, neupevněné předměty se hýbou, okna a dveře se otevírají a zavírají, budovy vibrují).

[10] JMA – Japan Meteorogical Agency (Seismic Intensity Scale).

6. Mírně ničivé (předměty padají, na budovách se objevují praskliny a trhliny, padá omítka).
7. Ničivé (opadání omítky ve velké míře, borcení komínů, posouvání nábytku).
8. Těžce ničivé (vážné poškození stěn budov, lidé mají problém udržet rovnováhu).
9. Destruktivní (šíří se všeobecná panika, řícení budov s horší či narušenou statikou).
10. Velmi destruktivní (hroucení budov s dobrou statikou).
11. Devastující (zřícená většina budov, i některé budovy odolné proti zemětřesení jsou zničené).
12. Úplně devastující (zničená většina všech budov).

Bohužel ani v dnešní době není možné zemětřesení spolehlivě předpovědět a určit jeho následky, jelikož všechny jevy a činitelé, kteří způsobují otřesy zemského povrchu probíhají v, pro člověka, natolik velkých hloubkách, že ani nejmodernější technika nedokáže určit přesný čas a místo budoucího zemětřesení. Z tohoto důvodu jsou veškeré předpovědi pouhými odhady, které vycházejí ze zkušeností a naměřených poznatků z předchozích zemětřesení jež jsou samozřejmě velmi nepřesné a nespolehlivé. Spolehlivou známkou blížícího se zemětřesení jsou tzv. předtřesy, které však přicházejí jen velmi krátkou chvíli před samotným zemětřesením, kdy už je na okamžitou reakci, která by předešla větším následkům, prakticky pozdě. Po samotném průběhu hlavní vlny zemětřesení dochází často ještě k tzv. dotřesům, což jsou otřesy nedosahující již takové síly jako ty hlavní. V současnosti[11] jsou tyto dotřesy stále aktuální v Chile, které bylo zasaženo zemětřesením o síle 8,8 magnituda Richterovy stupnice na konci února tohoto roku. [67]

[11] Rozuměno v průběhu března a dubna roku 2010.

5.2. Magmatismus

Magmatismus je společně se seismickou a horotvornou činností následkem pohybu litosférických desek, z čehož vyplývá, že je opět vázáno hlavně na oblasti styku těchto desek[12], a označuje se tak souhrn veškerých procesů spojených se vznikem magmatu, jeho pronikáním na povrch Země a všechny chemické a fyzikální procesy během tohoto pohybu, kterými prochází. Myslím si, že poměrně jasná a vystihující je tato definice: „Sopečné pochody jsou souborem pochodů a jevů souvisejících s přemísťováním magmatických hmot a často též plynných a vodních látek ze spodních částí zemské kůry a ze svrchní části zemského pláště na povrch krajiny.[13]“ Magmatismus je dvojího druhu, a to hlubinný (plutonismus), kdy magma nedosáhne svrchní části zemského pláště, a magmatismus povrchový (vulkanismus).

Magma, rozžhavená polotekutá hmota skládající se z roztavené horniny, pevných krystalů, plynů a vodních par, vzniká v zemské kůře nebo ve svrchní části pláště vlivem ohromných tlaků tzv. procesem anataxe, což je natavení hornin. Existuje více dělení magmatu na různé druhy podle mnoha faktorů, ovšem zřejmě nejběžnější je rozlišení dle obsahu oxidu křemičitého (který tvoří jeho převážnou část) na kyselé, neutrální, bazické a ultrabazické. Dalšími chemickými prvky zastoupenými ve složení magmatu jsou oxidy hořčíku, železa, hliníku, draslíku, vápníku a dalších prvků.

Všeobecně známým a rozšířeným pojmem v souvislosti s vulkanismem je láva. Tak je označováno magma, které dosáhne povrchu planety Země. Láva má však do značné míry od magmatu odlišné chemické a fyzikální vlastnosti. Těmi nejmarkantnějšími jsou výrazně nižší teplota lávy a její ochuzení o plynou složku, která je při výstupu na zemský povrch uvolněna do atmosféry. Láva může být trojího druhu. Prvním je tzv. pillow-lawa, neboli také polštářovitá, která se vyskytuje při podmořském vulkanismu, kdy je vyvřelá láva velmi rychle ochlazena mořskou vodou, díky čemuž vytváří útvary tvarem podobné polštářům. Druhým typem je pahoe-hoe, kdy lává stéká po povrchu velmi rychle a vytváří provazce a poslední je balvanitá láva (označovaná také jako AA), která naopak stéká po zemském povrchu velmi pomalu a po vychladnutí a utuhnutí vytváří velmi drsný povrch.

I vulkanismus můžeme rozdělit, a to na lineární a centrální. Při lineárních erupcích dochází k výlevům lávy podél puklin a zlomů. Během centrálních erupcí, kdy magma

[12] Menší část magmatismu, pouze okolo 10 %, je poté spojena s oblastmi tzv. horkých skvrn (anglicky hot spots). To jsou místa, kde dochází ke zvýšeným tepelným tokům směrem z astenosféry k zemskému povrchu. Nejbližším příkladem takového místa jsou Kanárské ostrovy náležející ke Španělsku, dále pak kupříkladu ekvádorské Galapágy či americké Havajské ostrovy.

[13] DEMEK, J.: *Obecná geomorfologie*. Str. 125. [15]

vystupuje z astenosféry k povrchu pouze v jednom místě, vzniká postupem času sopečný kužel – vulkán (sopka). Sopky mají také mnoho variant rozdělení dle nejrůznějších kritérií, ale pro potřeby této diplomové práce využiju především následující. Lávové kužely (efuzivní sopky) jsou charakteristické tím, že se láva pouze vylévá, při čemž neztrácí kontakt se zemským povrchem. Oproti tomu naopak u tufů (explozivní vulkány) dochází k vyvrhování pyroklastického materiálu[14] do vzduchu a následnému dopadu zpět na zemský povrch, čím se vytváří nesouvislý sopečný kužel. Nejčastějším typem jsou však tzv. stratovulkány (smíšené sopky), u kterých dochází ke střídání efuzivních a explozivních erupcí. Podle počtu erupcí můžeme sopky dělit na monogenetické (jedna erupce) a polygenetické (více erupcí), dle jejich aktivity na aktivní a vyhaslé atd.

Magma je v astenosféře pod ohromným tlakem, a proto si hledá cestu na zemský povrch různými poruchami a prasklinami v zemské kůře, které se nacházejí, jak již bylo mnohokrát zmíněno, především v místech styku litosférických desek. Pokud se jedná o místa centrálních erupcí, začne postupem času vznikat kuželovitá vyvýšenina – sopka. Sopečný kužel narůstá díky častému vyvrhovaní pyroklastického materiálu, který se ukládá okolo jícnu vulkánu. Pokud k erupcím dochází opakovaně, tak vulkán roste směrem do výšky i do šířky. Není proto náhodou, že mnoho sopek patří k nejvyšším horám na několika kontinentech (např. Mt. McKinley na Aljašce, Hora Svaté Heleny ve státě Washington v USA nebo Acocangua v Jižní Americe). V situaci, kdy dojde zastavení sopečné činnosti, láva v kráteru vulkánu ztuhne a vytvoří jakousi „zátku“. Při opětovné aktivitě však může tlak magmatu nebo plynů tuto stoupajících z astenosféry „zátku“ vytlačit, a tím dojde k nové sopečnému výbuchu. Pokud ale tlak není dostatečně silný na to, aby „zátku“ vytlačil, proniká magma k zemskému povrchu jinými cestami, které ústí na úbočích sopečného kužele a nazýváme je parazitickými krátery.

V hloubce mezi 5 a 30 km pod povrchem planety Země se nalézá tzv. magmatický krb, což je místo, kde se magma hromadí a odkud putuje kráterem až na zemský povrch. Sopka by se dala přeneseně přirovnat k živému organismu, jelikož určitým způsobem vzniká, roste, dosahuje vrcholu své aktivity a pak také vyhasíná a zaniká. Za situace, kdy vulkán vyhasne, lépe řečeno, když vyhasne magmatický krb, vzniká na jeho místě podzemní jeskyně ohromných rozměrů. Vlivem gravitace se může vrchní část kužele zřítit do této jeskyně a vzniká tím kaldera, což je označení pro sníženinu ve vrcholové části kráteru, která se

[14] Veškerý materiál vyvrhovány z jícnu sopky během erupce. Láva, sopečný popel, sopečné bomby, prach, plyny, vodní páry.

postupně může plnit vodou. Kaldera nevzniká ovšem jen v případě, kdy sopka vyhasne. Může také vzniknout při mohutných erupcích, kdy je nejvyšší vulkánu doslova roztrhána.

Typ erupce je závislý na geologických podmínkách a poměrech v okolí vulkánu a od těchto vlastností se pak odvíjí tvar sopečného kužele. Typů erupce je opět několik. Havajský typ není příliš obvyklý a jak již název vypovídá je charakteristický především pro vulkány na Havajských ostrovech v Tichém oceánu. Dochází při něm k pomalému vytékání lávy ze širokého a nízkého kráteru sopky. Pliniovský typ je zapříčiněný explozí plynů, které se dlouhou dobu hromadí pod ucpaným kráterem. Taková erupce sopky je velmi výbušná a má destruktivní vliv pro své okolí. Tento typ dostal své jméno podle římského vědce Plinia, který byl mezi oběťmi výbuchu Vesuvu v roce 79 n. l. Podmořský typ se vyskytuje na mořských dnech, má explozivní a destruktivní charakter a vznikají jakési polštářovité útvary (viz. pillow-lawa). Lineární erupce jsou spjaté se zlomovými liniemi, kde vznikají tzv. štítové sopky (platóbazalty) vyznačující se rozsáhlými výlevy lávy do velké vzdálenosti od vulkánu, která má po utuhnutí značnou mocnost. Strombolský typ, pojmenovaný podle italské sopky Stromboli, je jen mírně explozivní s výrony horkých plynů a vyvrhováním popela. Většina tohoto materiálu dopadá však zpět do kráteru, tudíž nezpůsobuje příliš velké škody ve své blízkosti. Peléský typ má pravděpodobně nejkatastrofálnější následky pro svoje okolí, jelikož je charakteristický prudkými erupcemi, při kterých je do atmosféry vyvrženo velké množství pyroklastické materiálu a směs horkého prachu a plynů, která se drží při zemském povrchu a kopíruje jeho nerovnosti.

I přes to, že prognózy sopečných erupcí jsou o něco přesnější, tak se stejně jako předpověď zemětřesení jedná o velmi složitou záležitost a jde opět především o odhady, které jsou založeny na předchozí zkušenosti. Existují určité úkazy, jako např. série vulkanických zemětřesení, rostoucí teplota mořské vody v přímořských oblastech, změna tvaru vulkánu nebo změna barvy kouře vycházejícího z kráteru sopky, které signalizují blížící se výbuch vulkánu. Na všechny tyto varovné signály instinktivně reagují živočichové žijící v blízkosti vulkánu – drtivá většina z nich totiž z dané oblasti utíká. Díky těmto jevům se může zainteresovaná oblast na budoucí erupci či erupce připravit a omezit tak budoucí škody, i když ne ve všech případech je možné se zcela spoléhat na tyto projevy blížícího se výbuchu. Často jde totiž o jakýsi „planý poplach“, kdy nakonec k žádné erupci nedojde nebo naopak nám ani tyto varovné signály neposkytnou dostatek času na případnou adekvátní reakci a erupce je prakticky okamžitá.

Problémem bývá skutečnost, že oblasti aktivních vulkánů jsou často velmi hustě osídlené a probíhá v nich intenzivní hospodářská činnost (především zemědělská, protože

půda je zde velmi úrodná), což značně zvyšuje riziko následných škod na lidských životech a majetku. Proto vznikají v jednotlivých zemích, kde je seismická a vulkanická činnost aktuální, varovné systémy, které mají za účel těmto škodám co možná nejvíce předcházet a omezovat je. Výhodou takových oblastí je to, že jejich obyvatelstvo je na endogenní rizika zvyklé a považuje je za součást svého života. To platí spíše u vulkanické činnosti, ne už tolik u zemětřesení. To většinou přichází neočekávaně a ne v tak pravidelných intervalech jako erupce vulkánů.

Tab. 2: Vybrané významné sopky světa.

Název sopky	Nadmořská výška	Stát (území)	Poslední erupce (rok)
Colima	3 850 m	Mexiko	2009
Etna	3 330 m	Itálie (Sicílie)	2009
Fudžisan	3 776 m	Japonsko	1708
Fuego	3 763 m	Guatemala	2010 (stále probíhá)
Hekla	1 491 m	Island	2000
Kamerunská hora	4 095 m	Kamerun	2000
Ključevskaja	4 835 m	Ruská federace (Kamčatka)	2010
Mont Pelée	1 397 m	Francie (Martinik)	1932
Mt. St. Helens	2 549 m	USA (Washington)	2008
Popocatépetl	5 426 m	Mexiko	2010 (stále probíhá)
Vesuv	1 281 m	Itálie	1944

Zdroj: Global Volcanism Program (upraveno). [59]

Příkladem může být Neapolský záliv v Itálii, kde leží stále aktivní sopka Vesuv. Oblast mezi vulkánem a pobřežím Středozemního moře je obydlena mnoha tisíci lidí a postupem času zde vzniklo souměstí z několika původních měst, jehož centrem je Neapol. Italská vláda zakázala jakékoliv další rozšiřování obydlených území (naopak snaží se vyvíjet tlak na obyvatele, aby se přestěhovali do jiných částí země) a vypracovala evakuační plán této oblasti, jelikož v posledních několika letech začalo docházet k častějším otřesům a odborníci předpokládají, že Vesuv se v nejbližší době začne projevovat erupcemi[15].

[15] V první polovině 20. století docházelo u Vesuvu k pravidelnými erupcím, a to v letech 1906, 1912, 1929, 1933 a 1944. Od té doby nebyla žádná erupce zaznamenána. V souvislosti s Vesuvem se také uvádí, že jedenkrát za dva tisíce let dochází k ohromné erupci, která totálně zničí svoje okolí, a jelikož poslední takový výbuch nastal v roce 79 n.l. (zničeny Pompeje, Herculaneum a Stabie), měla by obdobná katastrofální erupce přijít

Sopečná aktivita ovlivňuje hlavně nejbližší okolí vulkánu, ovšem určité dopady je možné pozorovat prakticky po celé planetě Zemi. Primární vlivy sopečné erupce mají přímý dopad na krajinu a objekty, jako sekundární se označují ty, kdy je nějakým způsobem transformován zemský povrch (např. přehrazení vodního toku), nebo se vyskytne vlna tsunami či bahnotoky zvané lahary, které vznikají převážně při výbuchu sopky ukládáním sopečného popela a prachu na svazích sopečného kužele. Pokud poté přijdou vydatnější dešťové srážky, jsou touto nestálou vrstvou absorbovány a vlivem gravitační síly se tato kašovitá hmota začne pohybovat po svazích, při čemž může mít velké ničivé následky.

Za nepřímý vliv je považována např. snížená intenzita slunečního záření a v důsledku toho ochlazení zemské povrchu, což je zapříčiněnou velkým množstvím sopečného popela v atmosféře. Ten může být transportován na vzdálenosti několika tisíců kilometrů díky všeobecné cirkulaci atmosféry a nezřídka je pozorovatelný i z vesmíru. [13], [15], [17], [22], [32], [33], [60]

v nejbližší době a mnozí proto považují nynější téměř 70 let bez erupce za „klid před bouří“. Otázkou ovšem zůstává, zda se tyto předpoklady vůbec zakládají na skutečných faktech a zda jde o skutečnou hrozbu. [59]

6. Seismická a vulkanická aktivita v oblasti Mexika

Celé několik tisíc kilometrů dlouhé západní pobřeží Severní i Jižní Ameriky je jednou subdukční zónou, kde se několik oceánských litosférických desek (např. Pacifická, Rivera, Kokosová) podsouvá pod pevninské, kterými jsou Severoamerická, Karibská a Jihoamerická deska. To je důvodem, proč je tato oblast velmi aktivní a nachází se zde velké množství činných sopek. Veškerý reliéf obou kontinentů byl po dlouhá tisíciletí utvářen právě pohyby jednotlivých zmíněných desek.

Obr. 4: Lokalizace významných vulkánů v Mexiku.

Zdroj: USGS (upraveno). [69]

Spojené státy mexické a severní část ostrovů v Karibské oblasti leží v jižní části Severoamerické desky, která na jihu sousedí s Karibskou deskou, při čemž k jejich styku dochází severně od ostrovů Portoriko a Hispaniola[16]. V Karibském moři obě desky pak odděluje Kajmanský příkop a na pevnině systém transformních zlomů. Karibská deska je ohraničena na jihozápadě Středoamerickým příkopem, na východě ostrovy Malých Mantil a jižní hranici se nachází u severního pobřeží Jižní Ameriky, kde se vyskytuje soustava různých zlomů.

[16] Jedná se o transformní rozhraní. Obě desky se pohybují rovnoběžně směrem od východu k západu. Severoamerická deska rychlostí cca 2,5 cm/rok a Karibská deska rychlostí zhruba 1 cm/rok. Proto se zde nevyskytují aktivní vulkány, ale oblast je typická spíše seismickou aktivitou (jako např. zemětřesení na Haiti počátkem roku 2010).

U západního pobřeží v severním Mexiku dochází rychlostí několik centimetrů za rok k podsouvání desek Rivera, v jižní části země pak Kokosové, pod Severoamerickou desku. Kokosová deska se podsouvá i dále na jihu u tichomořského pobřeží všech středoamerických pevninských států pod desku Karibskou. Proto je i v těchto zemích mnoho aktivních vulkánů a zemětřesení jsou zde také relativně častá. [3], [17], [23], [60], [67]

6.1. Vulkanická aktivita na území Mexika

Základní charakteristika vulkanické aktivity na území Mexika je rozdělena na základní charakteristiku jednotlivých vulkanických komplexů. Výběr těchto vulkánů je založen na jejich významu v rámci sopek celého světa, popřípadě na nějakých zvláštnostech, které se u nich vyskytují. Jako dokumentace vulkanické aktivity v posledních letech je součástí charakteristik některých sopek i charakteristika jejich vulkanické aktivity v posledních 10 – 20 letech a také je uvedena významná seismická aktivita v blízkosti vulkánu.

6.1.1. Sopečný komplex Colima

Colima je sopečným komplexem, který leží zhruba 125 km směrem na jihozápad od města Guadalajara v mexickém federativním státě Jalisco a který patří k nejaktivnějším vulkánům celé Střední Ameriky. Tento komplex patří k nejvýznamnějším sopečným útvarům v Mexiku, potažmo v celé Střední Americe, který se skládá ze dvou stratovulkánů v severojižním směru. Severnějším vulkánem je Nevado de Colima, který je zároveň starší z obou sopek, s nadmořskou výškou 4 320 m [47], jižnějším je poté Colima, která bývá někdy označována také jako Volcán Fuego a dosahuje nadmořské výšky 3 850 m [47]. V jeho vrcholu se nachází okolo pěti kilometrů široká kaldera, která je směrem na jih porušená. Vzdálenost mezi oběma vulkány je zhruba 5 km.

Oba sopečné kužele se projevují relativně pravidelně nejrůznějšími druhy vulkanické činnosti. Mohutné erupce mají za následek destrukci vrcholové části sopky, při čemž dojde ke vzniku kráteru se strmými svahy. V kráteru se poté opětovně hromadí láva, která vytváří kopuli, a ta ho postupem času začne přerůstat. Dalšími projevy jsou rozsáhlé suťové laviny, které přenášejí velké množství horninového materiálu (ten následně tvoří na svazích sopečného komplexu silné vrstvy usazenin), lávové proudy na svazích vulkánů a destrukce vrcholků sopek.

První dochované zprávy o aktivitě tohoto sopečného komplexu se datují až do 16. století, kdy docházelo ke španělské kolonizaci této oblasti. K největší známé erupci došlo zřejmě 20. ledna 1913, která trval pouhé čtyři dny a při níž byla rozmetána celá vrcholová část jižního vulkánu a následně došlo ke snížení původního kráteru o přibližně 300 metrů [46]. V průběhu 20. století docházelo k mnoha erupcím, které od sebe vždy dělilo jen několik málo měsíců či let. Během zhruba posledních dvaceti pěti let začal převažovat explozivní typ erupcí nad efuzivní.

Poslední sopečná aktivita u tohoto vulkánu započala 22. listopadu 1997 a trvala více než dvanáct let až do prosince roku 2009. Ve svých počátcích se aktivita projevovala sériemi

otřesů zemského povrchu, které měly různé doby trvání. Série těchto vulkanických zemětřesení vyvrcholily dne 6. července 1998, kdy došlo k relativně silné erupci Colimy. Ve druhé polovině roku se kráter začal pomalu plnit lávou, která z něj postupně začala vytékat a valit se po svazích sopečného kužele do okolních údolí, což mělo za následek evakuaci mnoho obyvatel postižených oblastí. Evakuace se následně opakovala ještě několikrát.

Zřejmě ke dvěma největším erupcím došlo 20. listopadu 1998 a poté 16. září 2006, která by se dala pravděpodobně nazvat jako nejefektnější na pohled. První se vyznačovala svým explozivním charakterem, vyvrhnutí velkého objemu pyroklastického materiálu, lahary, výrony plynů a výraznou změnou tvaru kráteru. Poté byly pro vulkán po dlouhou dobu typické menší erupce doprovázené produkcí prachový mračen. Erupce ze dne 16. září 2006 byla opravdu velmi působivá, jelikož Colima vyvrhla do atmosféry velký objem sopečných plynů a prachu, které vytvořily mrak, který dosahoval výšky téměř 10 km a který bylo možné pozorovat na několik stovek kilometrů od vulkánu.

Obr. 5: Prachový mrak při explozivní erupci, Colima, 10. března 2007.

Zdroj: Global Volcanism Program. [46]

Poté aktivita sopky začala postupně ustávat a erupce již nedosahovaly takové intenzity. Jak jsem již zmínil výše, za konečné datum této zatím poslední aktivity je považován 2. prosinec 2009. Ovšem stanovit přesné datum je v tomto ohledu vždy poněkud ožehavé, jelikož sopka se nemusí projevovat navenek, ale její nitro pracuje neustále a poté je jen otázkou kritérií a následné shody ve vědeckých kruzích, zda další aktivita bude považována za samostatnou nebo bude brána jako pokračování té předchozí.

Silná zemětřesení nedaleko tohoto sopečného komplexu jsou způsobena blízkostí subdukční zóny. Zemětřesení ze dne 9. října 1995, které bylo nejsilnějším tohoto roku, dosáhlo magnituda 8 Richterovy stupnice a způsobilo smrt 49 lidí, 100 jich bylo zraněno a dalších zhruba 1 000 jich přišlo o své domovy [47]. Největší škody napáchalo v mexických městech Guadalajara ve federativním státě Jalisco a Manzanillo ve státě Colima, ovšem bylo značně pocítěno i v hlavním městě Mexico City a také například ve městech Dallas a Oklahoma City ve Spojených státech amerických. Tsunami způsobené tímto zemětřesením bylo pozorováno na Havajských ostrovech (kde dosahovalo výšky v rozmezí od 11 do 34 cm), ve Francouzské Polynésii (7 až 100 cm), v Americké Samoi (37 cm), a dokonce i ve městě Southport v Austrálii (4 cm) [47]. V okolí přístavního města Manzanillo však dosáhlo výšky mezi dvěma a pěti metry, ale nenapáchalo zde naštěstí příliš vážné škody. Zároveň zde byl pozorován propad zemské kůry zhruba 14 cm. Toto zemětřesení také způsobilo paniku a neklid mezi obyvatelstvem, jelikož nastalo prakticky přesně deset let po silném zemětřesení, které bylo dosud v živé paměti lidí a napáchalo tehdy rozsáhlé škody na lidských životech i majetku. Nutno podotknout, že obě zemětřesení byla odlišného původu, to v roce 1985 tektonického, výše popisované pak vulkanického. [17], [46], [47]

6.1.2. Popocatépetl

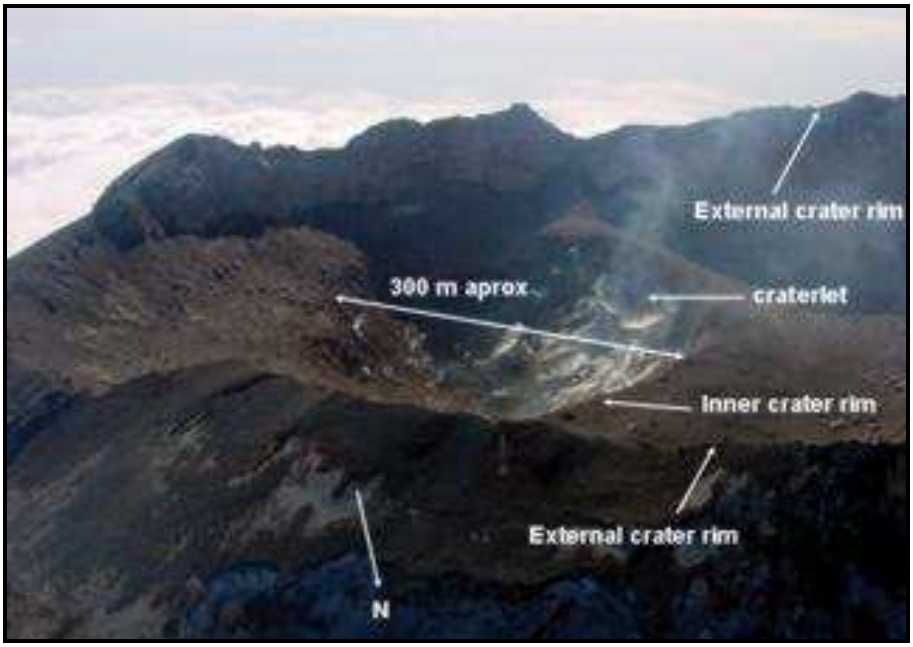
Popocatépetl je stratovulkánem a pravděpodobně je také nejznámější sopkou celého Mexika, která se nachází v centrální části Spojených států mexických cca 70 km jihovýchodním směrem od hlavního města Mexico City a se svou nadmořskou výškou 5 426 m [54] je zároveň druhým nejvyšším vulkánem Severní Ameriky[17] Jeho jméno pochází z jazyka Aztéků a v překladu znamená „kouřicí hora."

Tvar vulkánů je velmi symetrický až do nadmořské výšky okolo 5 000 m, poté se následkem sopečných erupcí a jejích projevů stává daleko více nepravidelný. Svahy Popocatépetlu mají v nižších nadmořských výškách světle žlutou barvu, což je zapříčiněno vysokým obsahem síry a také četným výskytem fumarolů, což jsou místa, kterými se ze sopky dostává do atmosféry sirovodík, žhavé vodní páry a mnoho dalších plynů. Samotný vrchol vulkánu je po celý rok pokrytý ledovcem, čímž se Popocatépetl řadí mezi pouhé tři mexické sopky[18], v jejichž vrcholové části můžeme najít ledový příkrov. Kráter tohoto vulkánu je oválný s rozměry 400 m x 600 m, je velmi hluboký se strmými stěnami, které jsou tvořeny pravidelnými vrstvami ztuhlé lávy a uloženého pyroklastického materiálu.

[17] Nejvyšší sopkou Severní Ameriky je Pico de Orizaba – 5 675 m. n. m. (viz. níže).
[18] Dalšími mexickými vulkány s ledovcem ve vrcholové části jsou Pico de Orizaba a Iztaccíhuatl.

Erupce sopky jsou typické svým silně explozivním charakterem při nichž dochází k vyvrhování velkého množství pyroklastického materiálu do atmosféry (bomby, prach, popel atd.), dále pak např. lahary, lávové proudy, destrukce či propad kráteru. Z nejrůznějších historických pramenů máme doloženo 36 erupcí, mnoho z nich i z doby ještě před příchodem španělských kolonizátorů. Největší sopečnou aktivitu v poslední letech vykazoval Popocatépetl od 21. prosince 1994 po dobu zhruba devíti měsíců až do srpna roku 1995, kdy se sopka probudila zhruba po padesáti letech. V prosinci roku 1994 se pravidelné vyvrhování sopečného popela z kráteru začalo stávat výrazně nepravidelné a intervaly se stále více zkracovaly. Následně se pak kolem půlnoci 21. prosince 1994 vyskytly série vulkanických zemětřesení. Ohromná mračna sopečného popela byla prouděním vzduchu odnášena východním směrem do hustě obydlených oblastí, a proto bylo z tohoto důvodu evakuováno několik desítek tisíc lidí z postižených oblastí. Během této erupce byl vytvořen zcela nový vedlejší kráter, který se však nenachází v centrální části hlavního kráteru, nýbrž v jeho východní části.

Obr. 6: Kráter Popocatépetlu v počáteční fázi sopečné aktivity (14. ledna 2005).



Zdroj: Global Volcanism Program. [55]

Poslední sledovaná aktivita vulkánu probíhá dle oficiálních údajů od 9. ledna 2005 a ve své podstatě neustále trvá až do dnešních dnů. Sopka se začala probouzet již v prosinci roku 2004, kdy byly pozorovány stále častější a silnější výrony horkých plynů. Výše zmíněný lednový den začal Popocatépetl chrlit do atmosféry množství sopečného prachu a popela, při

čemž tímto pyroklastickým materiálem byla zasažen dvě města v blízkosti vulkánu.[19] Po zbytek roku 2005 nebyly vulkanické projevy nijak dramatické a výrazné. Jednalo se především o výrony horkých plynů a par a malé množství sopečného popela a v druhé polovině tohoto roku také slabší zemětřesení vulkanického původu. Menší erupce se objevily až na přelomu let 2005 a 2006, které se však nedají považovat za příliš významné či silné. Od té doby se aktivita omezuje hlavně na již zmíněné výrony par a plynů, malé erupce jsou zaznamenány jen zcela výjimečně. [17], [54], [55], [56]

6.1.3. Pico de Orizaba

Pico de Orizaba je opět stratovulkánem, který dosahuje nadmořské výšky 5 675 m [53] a leží zhruba 120 km směrem na západ od mexického města Veracruz, na hranici federálních států Veracruz a Puebla a jehož vrcholová část je pokryta ledovcem. Díky své nadmořské výšce je nejvyšší horou Spojených států mexických a nejvyšší sopkou Severní Ameriky.[20] Sopka je taktéž známá pod názvem Citlaltépetl, což v překladu znamená „hvězdná hora“ a toto jméno pochází z domorodého jazyka nahuatl. Podobně jako u vulkánu Colima, tak i Pico de Orizaba je sopečným komplexem, kdy se druhotný vulkán Sierra Negra, který dosahuje výšky 4 640 m n. m. [53], nachází zhruba šest kilometrů směrem na jihovýchod od hlavního vulkánu.

Sopečný kužel se vyznačuje velmi strmými stěnami, které vznikly v minulosti především při silně explozivních erupcích, které převažovaly nad efuzivními. K poslední větší sopečné aktivitě došlo před více než 150 lety v roce 1846. Tato erupce měla explozivní charakter a došlo při ní k poničení vrcholu kráteru. Od té doby se vulkán nijak výrazně neprojevuje, ovšem i přes to se Pico de Orizaba nepovažuje za sopku vyhaslou, nýbrž jen „spící.“ [17], [53]

6.1.4. Paricutín

Paricutín je jednou z mála sopek, jejichž vznik a vývoj byl od počátku monitorován člověkem. Nadmořská výška tohoto vulkánu je 3 860 m [59] a leží v jihozápadní části Spojených států mexických ve federativním státě Michoacán nedaleko městečka Paricutín, po kterém byl pojmenován.

[19] Město Cuautl ležící cca 40 km jihozápadně od Popocatépetlu, a San Martín Texmelucan nacházející se ve vzdálenosti 37 km severovýchodním směrem od vulkánu.

[20] Nejvyšší horou Severní Ameriky je Mt. McKinley s nadmořskou výškou 6 194 m na Aljašce ve Spojených státech amerických.

Jeho vznik se datuje do let 1943 až 1952[21], díky čemuž je považován za nejmladší sopku na celém severoamerickém kontinentu. Během prvního roku svého vzniku narůstal vulkán, respektive jeho sopečný kužel, velmi rychlým tempem, což bylo způsobeno mohutnými explozivními erupcemi, a velmi brzo byl viditelný a i z několikakilometrové dálky. Na konci roku 1943 začala síla erupcí postupně stagnovat a po několik měsíců se sopka projevovala hlavně výlevy lávy do svého okolí. V dalších osmi letech neustálé vulkanické aktivity se Paricutín vyznačoval erupcemi explozivního charakteru, které však občas přešly ve výlevy lávy, a velkými hmotnými škodami převážně na zemědělské půdě a majetku obyvatel žijících v jeho blízkosti.

Poslední projevy sopečné činnosti byly zaznamenány v únoru roku 1952, tedy téměř přesně po devíti letech od první erupce, během kterých narostla relativní nadmořská výška sopečného kužele na 424 m a v jejichž průběhu zemřeli tři lidé. Ti však přišli o své životy v důsledku silné bouřky a blesků zapříčiněných erupcemi [59]. Zcela poslední aktivita byla zdokumentována během 80. let 20. století (konkrétně v letech 1983, 1985, 1986, 1988 a 1989), jednalo se ale pouze o vyvěrání horkých plynů a vodních par. Paricutín je považován za monogenetický vulkán, tudíž se u něj žádné další erupce v budoucnosti nepředpokládají. [59]

6.2. Vybrané aktivní vulkány mimo vlastní území Mexika související se seismickou aktivitou a projevy vulkanické činnosti na jeho území

Jak již bylo zmíněno, tak celé západní pobřeží Severní i Jižní Ameriky je jednou velkou subdukční zónou, kde se těžší oceánské litosférické desky podsouvají pod lehčí pevninské. Z tohoto důvodu se nacházejí aktivní vulkány nejen na území samotného Mexika, ale současně také v mnoha dalších zemích, počínaje Spojenými státy americkými a Chile konče. Žádná sopka však nerespektuje člověkem vytyčené státní hranice a svou aktivitou většinou zasahuje velmi rozsáhlá území, a to přímo či nepřímo. To se týká i Spojených států mexických, jejichž území významně pociťuje i projevy sopečné činnosti, které mají svůj původ v okolních státech.

Sopka **Fuego** je činným stratovulkánem, který leží v Guatemale nedaleko bývalého guatemalského hlavního města Antigua v jihozápadní části země a dosahuje nadmořské výšky 3 763 m [49]. Jeho jméno znamená ve španělštině „oheň“ a tento vulkán se řadí mezi jeden z nejaktivnějších v rámci celé Střední Ameriky. Sopečný kužel je poměrně symetrický a jeho

[21] Seismologové uvádějí jako „datum narození“ vulkánu den 20. února 1943.

svahy jsou v nižších nadmořských výškách porostlé bujnou tropickou vegetací, výše jsou pak tvořeny ztuhlou lávou.

Detailnějším zkoumáním zjistíme, že se nejedná o jedinou sopku, ale že Fuego patří, podobně jako Colima v Mexiku, do komplexu více sopek, který je také známý pod názvem La Horqueta. Druhotným vulkánem tohoto komplexu je sopka Acatenango, která leží ve vzdálenosti jen několika málo kilometrů severozápadním směrem od vulkánu Fuego, dosahuje výšky 3 976 m n. m. a skládá se ze dvou sopečných kuželů. Prvním, a zároveň vyšším z nich, je Yepocapa, která bývá také někdy označována jako Tres Hermanas (v překladu Tři sestry), druhým je pak Pico Mayor ležící severně od prvního jmenovaného. Zajímavostí je, že některé zdroje uvádějí každou z obou sopek jako samostatný vulkán, jiné řadí do tohoto komplexu minimálně ještě další tři sopky.

Obr. 7: Strombolský typ erupce, Fuego, 30. 12. 2007. V pozadí jsou vidět Guatemalská města na pobřeží Tichého oceánu.

Zdroj: Global Volcanism Program. [48]

Sopečná aktivita celého komplexu Fuego-Acatenango bývá charakteristická, jako u mnoha dalších stratovulkánů, explozivními erupcemi, lahary, výrony horkých plynů a prachovými mračny. Specifikem jsou ale však mohutné lávové proudy a laviny, které pravidelně při erupcích zasahují poměrně rozsáhlá území západním směrem k Tichému oceánu. Oficiální údaje hovoří o tom, že proudy lávy a horninového materiálu mohou způsobit škody až do vzdálenosti 50 km od samotné sopky, při čemž plošně zasáhnou území o velikosti až 300 km^2 a mohou přímo ohrozit okolo 100 000 obyvatel okolních měst a vesnic.

Vulkán Acatenango byl během 20. století aktivní jen dvakrát. Poprvé mezi roky 1924 a 1927 a podruhé v roce 1972, kdy 13. listopadu tohoto roku došlo k propadu kráteru, v němž

následně vzniklo pět puklin, kterými se z nitra sopky do atmosféry dostávaly vodní páry, prach a popel a plyny obsahující sirovodík a oxid siřičitý [48]. Tato prachová mračna byla větry zanesena do vzdálenosti zhruba 25 km od vulkánu, při čemž samotná vrcholová část sopky byla během této aktivity pokryta vrstvou sopečného popela a prachu o mocnosti mezi 5 a 10 cm. Celá tato aktivita skončila již v prosinci stejného roku a rozhodně se neřadí mezi příliš významné. Poslední náznak sopečné aktivity je datován do poloviny měsíce února roku 1981, kdy se po tři dny v okolí kráteru vulkánu šířil silný sirný zápach, ovšem k žádným dalším projevům nedošlo.

Fuego je aktivnějším vulkánem v rámci sopečného komplexu La Horqueta. Různé druhy sopečné aktivity ho provázely je s krátkými přestávkami prakticky po celé minulé století. Ta poslední a současně i aktuální začala 4. ledna 2002 a v různých intenzitách probíhá i v dnešní době. Její projevy se opět po celou dobu vyznačují převažujícími explozivními erupcemi, vyvrhováním velkého množství pyroklastického materiálu do atmosféry, lahary a na vše uvedené následnými evakuacemi obydlených oblastí v blízkosti sopky. Zajímavostí je, že od prosince roku 2007 až zhruba do února 2008 se u vulkánu Fuego objevily erupce Strombolského typu (viz. výše). Ty měly jen mírnou intenzitu a byly doprovázeny vyléváním lávy z kráteru po svazích do okolních údolí. [28], [45], [48], [49]

San Cristóbal se nachází v severozápadní části Nikaragui a se svými 1 745 m nadmořské výšky [58] je nejvyšší a současně také nejaktivnější sopkou celé země. Jedná se opět o vulkanický komplex, v němž se nachází pět samostatných sopečných kuželů. Nejmladším z nich je samotný San Cristóbal (také zvaný El Viejo), který je hlavní sopkou celého komplexu a jehož kužel je symetrický a má téměř až ukázkově kónický tvar. Svahy vulkánu nejsou příliš porostlé vegetací, jelikož jedovaté plyny a časté sesuvy drtivou většinu flory ničí. Ve vrcholové části se nachází kráter o rozměrech 500 x 600 m.

Dalšími sesterskými sopkami komplexu poté jsou El Chonco, který leží zhruba 4 km západním směrem od hlavního vulkánu, Moyotepe nacházející se 4 km severovýchodně, La Pelona na východním okraji komplexu a Casita, v jehož vrcholku je výrazně oválný a podlouhlý kráter, v bezprostřední blízkosti San Cristóbalu. Silné dešťové srážky[22] způsobily dne 30. října 1998 na severních svazích Casity mohutné lahary, které podle oficiální nikaragujských údajů usmrtily téměř 2 000 lidí, dalších několik tisíc jich připravily o domovy,

[22] Mohutné srážky byly způsobeny hurikánem Mitch, který ovlivňoval počasí v této oblasti od 25. října 1998. Srážkové úhrny dosáhly svého maxima 30. října 1998, kdy napadlo 500 mm/den. Celkový úhrn dešťových srážek v měsíci říjnu zmiňovaného roku byl v oblasti vulkánu San Cristóbal 1 984 mm. Jen pro srovnání, průměrný měsíční úhrn srážek v říjnu dané oblasti je 328 mm. [57]

protože zničily mnoho měst a vesnic v okolí sopky, a také přerušily Panamerickou dálnici, která prochází nedaleko.

Sopečná aktivita celého komplexu se vyznačuje převážně mírně explozivními erupcemi, již zmíněnými lahary a sesuvy horninového materiálu. Většinou nemá tato aktivita významnější vliv na svoje okolí a tudíž ani evakuace obyvatel žijících v blízkosti vulkánu nebývají moc časté. Poslední zdokumentovanou aktivitu zahájila sopka dne 6. září 2009 a pokračuje do současnosti. Projevy jsou mírné, především jde o slabé explozivní erupce, a dosud nebyly zaznamenány žádné škody či ohrožení. [57], [58]

Izalco, s nadmořskou výškou 1 950 m [50], je ve své podstatě parazitickou sopkou vulkánu Santa Ana, od kterého je vzdálen asi 7 km jižním směrem. Tento stratovulkán je nejmladší sopkou v Salvadoru (leží v západní části země), jelikož vznikl při mohutných erupcích až v roce 1770. Tato aktivita pokračovala s větší nebo menší intenzitou prakticky téměř 200 let až do počátečních měsíců roku 1958. Svahy vulkánu nejsou porostlé žádnou vegetací, což je způsobeno hlavně jeho doposud krátkým „životem“ a častými výrony plynů. Z tohoto důvodu je prakticky nemožné zaměnit Izalco s jinými sopkami v Salvadoru, protože jejich svahy jsou bujně porostlé tropickými stromy a dalšími rostlinami.

Obr. 8: Kužel vulkánu Izalco v Salvadoru, povrch pokrytý vrstvou pyroklastického materiálu, bez vegetace, zvýšené riziko vzniku laharů.

Zdroj: Global Volcanism Program. [51]

V minulosti byl charakteristický erupcemi Strombolského typu, které bývají velmi efektní především v nočních hodinách (viz. Obr. 8: Strombolský typ erupce vulkánu Fuego). Proto, a také díky svojí poloze nedaleko pobřeží Tichého oceánu, byl námořníky přezdíván jako El Faro, neboli maják, protože v době erupcí byl viditelný na velké vzdálenosti a

upozorňoval na blížící se pevninu. Na vrcholku vulkánu se nalézá hluboký kráter, který má šířku okolo 250 m.

Izalco býval jednou z nejaktivnějších sopek celé Střední Ameriky, ovšem od poslední erupce v roce 1966, která nebyla nijak silná a omezila se na slabě efuzivní činnost, se jeho projevy omezují pouze na výrony horkých plynů a par. Odborníci však předpokládají, že vzhledem ke svému mládí má vulkán poměrně velký potenciál a očekávají v nejbližších letech výraznější sopečnou aktivitu. [50], [51]

6.3. Současná seismická aktivita na území Mexika (1985 – 2010)

Mexiko se z tektonického hlediska nachází ve velmi aktivní a nebezpečné oblasti. Proto jsou otřesy zemského povrchu na jeho území prakticky na každodenním pořádku, velkou většinu z nich ovšem člověk vůbec nepocítí nebo napáchají jen minimální či vůbec žádné škody. V nepravidelných intervalech však udeří i silná zemětřesení, jejichž následky bývají pro obyvatele rozsáhlých oblastí katastrofické. Pravděpodobně nejničivější zemětřesení v novodobých dějinách Mexika nastalo v roce 1985, které mělo největší dopady na hlavní město země a jeho okolí.

Od té doby nebyla v Mexiku zdokumentována žádná tak silná a ničivá seismická aktivita, to však neznamená, že se tak nemůže stát v brzké době.

6.3.1. Zemětřesení v Mexiku v roce 1985 – Mexico City

Dne 19. září 1985, v 7 hodin a 19 minut místního času, bylo zasaženo hlavní město Spojených států mexických Mexico City a jeho okolí katastrofálním zemětřesením, jehož maximální síla dosáhla magnituda 8,1 Richterovy stupnice. Epicentrum zemětřesení se nacházelo nedaleko pobřeží Tichého oceánu v blízkosti přístavního města Lázaro Cárdenas ve federativním státě Michoacán.

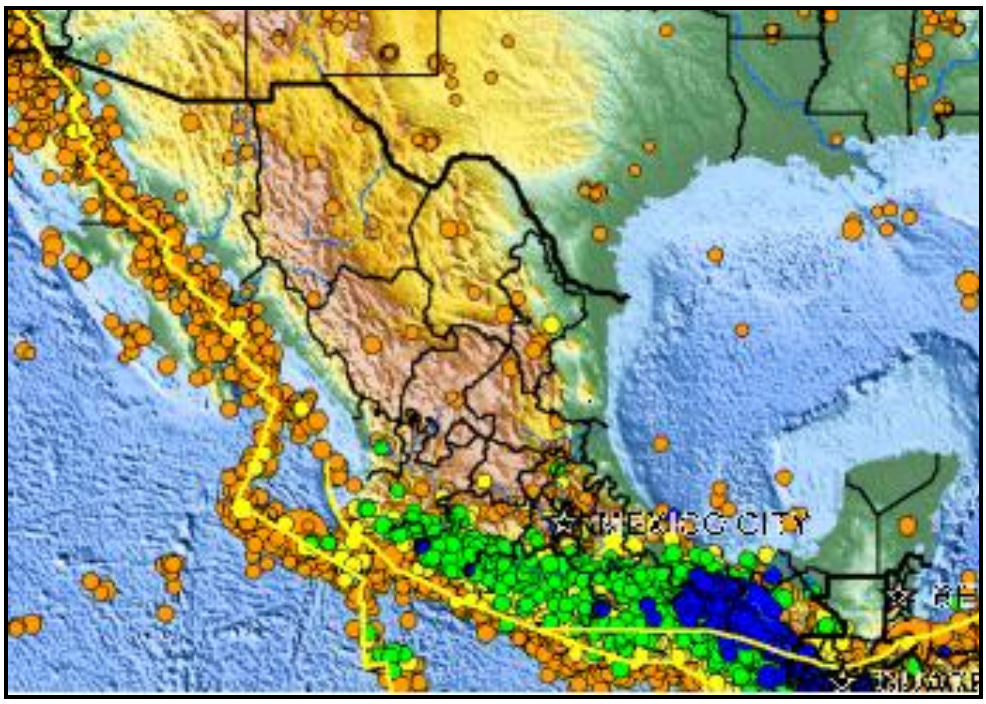
Jak již bylo uvedeno, zemětřesení napáchalo největší škody v hlavním městě, kde bylo zcela zničeno 412 budov (většina z nich měla mezi 8 a 18 patry) a dalších 3 124 bylo velmi vážně poškozeno. Oficiální údaje však uvádějí, že zemětřesení bezprostředně zasáhlo oblast o rozloze zhruba 825 000 km^2, při čemž mělo za následek smrt 9 500 lidí, 30 000 jich bylo zraněno a více než 100 000 přišlo o své domovy. [66] Některé jiné zdroje hovoří o smrti až 40 000 lidí v důsledku tohoto zemětřesení, ale jedná se o nepotvrzené informace. Mimo samotné Mexico City byly zasaženy i federativní státy Michoacán, Jalisco (ve městě Ciudad Guzman bylo zničeno 60 % všech budov), Colima, Guerrero, Morelos a Veracruz. Následkem zemětřesení byly také sesuvy půdy ve městech Atenquiqe (stát Jalisco) a Jala (Colima), které zde napáchaly poměrně velké hmotné škody.

V souhrnu pocítilo toto zemětřesení zhruba 20 milionů lidí, a to i za hranicemi Mexika, při čemž celkové škody byly vyčísleny na 3 až 4 miliardy amerických dolarů. Chvění zemského povrchu bylo možné pozorovat také v hlavním městě Guatemaly, ve městech Houston, El Paso, Brownswille, McAllen, Ingram a Corpus Cristi v Texasu v USA. Druhotné projevy zemětřesení, jakými bylo například zřetelné vlnění hladin vodních ploch, byly zdokumentovány dokonce i v mnohem vzdálenějších místech Spojených států amerických, konkrétně v Novém Mexiku, Missouri, na Floridě a dokonce i v Marylandu. Později po

zemětřesení vyšla na povrch také informace, že zemětřesení bylo zaznamenáno i posádkou na palubě nákladní lodi nizozemské rejdařské společnosti Nedlloyd, která se 19. září 1985 nacházela ve vodách Tichého oceánu poblíž mexického pobřeží.

Zemětřesení o takové síle v blízkosti Tichého oceánu způsobilo samozřejmě i vlnu tsunami. Ta dosahovala výšky 280 cm v již výše uvedeném městě Lázaro Cárdenas a 300 cm v okolí města Zihuatenejo ve státě Guerrero. V obou těchto městech napáchala tsunami jen menší škody. Vlna o výšce 140 cm postihla i turistické letovisko Acapulco. Dále byla tsunami zaznamenána i v Salvadoru (58 cm), Ekvádoru (60 cm), Havaji (22 až 24 cm) na Tahiti (5cm). Neověřené informace hovořily i o tom, že posádky lodí pozorovaly vlnu tsunami na volném moři až o výšce 30 m, což se ale zdá velmi nepravděpodobné [66].

Obr. 9: Epicentra zemětřesení v Mexiku v letech 1990 až 2006 dle hloubky hypocentra.



Legenda:
- zemětřesení s hloubkou hypocentra do 30 km.
- zemětřesení s hloubkou hypocentra od 30 do 70 km.
- zemětřesení s hloubkou hypocentra větší než 70 km.

Zdroj: U.S. Geological Survey National Earthquake Information Center (upraveno). [63]

Druhého dne, 20. září 1985, došlo k dalšímu otřesu zemského povrchu o magnitudu 7,1 Richterovy škály. To způsobilo po zkušenostech z předešlého dne mezi obyvateli postižených oblastí ohromnou paniku a velké zmatky, ale naštěstí již nezapříčinilo žádné další vážné škody. Došlo sice ke zhroucení několika již narušených budov, ale uvnitř a ani v jejich

okolí se nenacházeli žádní lidé, jelikož ti opustili nejpostiženější oblasti již po prvním dnu katastrofy. Po zkušenostech z osudných zářijových dnů přijala mexická vláda velmi přísná pravidla pro budoucí výstavbu veškerých budov nejen na území hlavního města, která se týkají jednak samotné stavební činnosti, jejího provedení, technického zabezpečení budov a jejich technických parametrů ale současně i územního plánování. [43], [66]

6.3.2. Zemětřesení v Mexiku v roce 2010 – Kalifornský záliv

K poslednímu silnějšímu zemětřesení v regionu Střední Ameriky, o síle magnituda 7,2 Richterovy stupnice, došlo pravděpodobně v neděli 4. dubna 2010 v 15 hodin a 40 minut místního času v blízkosti mexicko-americké hranice ve federativním státě Baja California Norte nedaleko města Mexicali. Epicentrum se nalézalo zhruba 47 km jihovýchodně od tohoto města a hypocentrum bylo v hloubce okolo 10 km, čímž se zařadilo mezi mělká zemětřesení.

V této oblasti dochází k podsouvání Pacifické oceánské desky pod Severoamerickou rychlostí zhruba 4,6 cm za rok, díky čemuž se mezi těmito deskami hromadí velký tlak. Toto zemětřesení se svou silou stalo nejsilnějším (společně se zemětřesením v roce 1934, jehož maximální magnitudo bylo mezi 7 a 7,2 stupni Richterovy škály) zdokumentovaným na rozhraní uvedených dvou litosférických desek a bylo zaznamenáno i ve Spojených státech amerických.

Během zemětřesení přišli o život dva lidé, nejméně 233 jich bylo zraněno. K vážnějším materiálním škodám nedošlo, i když bylo několik desítek budov vážněji poškozeno. Po zemětřesení byl zaznamenán posun zemského povrchu o více než 1 m, což bylo velmi výrazně patrné například u mnoho silnic, které byly na původně přímých úsecích narušené a vozovka byla vychýlená.

Zcela poslední zemětřesení[23] v rámci středoamerických zemí nastalo dne 17. dubna 2010 v 12 hodin a 41 minut místního času opět v Mexiku, ve státě Baja California Norte. Epicentrum leželo 25 km jihozápadně od již výše zmiňovaného města Mexicali a hypocentrum bylo cca 10 km pod zemským povrchem, tudíž se jednalo opětovně o mělké zemětřesení, jehož síla dosáhla magnituda 4 Richterovy stupnice. Žádné bližší informace o případných zraněných lidech či materiálních škodách nejsou zatím dostupné, jelikož se jedná o velmi čerstvou událost, ale vzhledem k síle se významnější nebo výraznější negativní následky nepředpokládají. [61], [64], [65]

[23] Tato část kapitoly psána dne 18. 4. 2010.

6.4. Zemětřesení zasahující území Mexika s epicentrem v jiných státech

Salvador leží na západním okraji Karibské litosférické desky, pod níž se podsouvá těžší deska Kokosová, tudíž, jako všechny pevninské státy ve Střední Americe, velmi blízko subdukční zóny. Proto i zde není vulkanická a seismická činnost velkou vzácností. [23]

V sobotu dne 13. ledna 2001 v 11 hodin a 32 minut místního času byl Salvador zasažen tektonickým zatřesením, které dosáhlo síly magnituda 7,7 Richterovy škály a jehož epicentrum se nacházelo zhruba 100 km směrem na jihozápad od města San Miguel u pobřeží Tichého oceánu, hypocentrum bylo v hloubce zhruba 60 km. Toto zemětřesení bylo možné zaznamenat ve všech pevninských středoamerických státech od Mexika dále na jih až do Kolumbie ležící v severní části Jižní Ameriky a nejen v samotném Salvadoru (zasažena byla celá země) napáchalo rozsáhlé škody.

Dle oficiálních statistik [62] bylo následkem zemětřesení usmrceno nejméně 844 lidí a 4 723 jich zranilo. Bylo zničeno nebo narušeno ohromné množství budov, zcela zdevastováno jich bylo 108 226 a vážně poškozeno více než 150 000. Z těchto škod se země vzpamatovává prakticky dodnes a mnohá poničená místa dosud připomínají tuto tragickou událost. Otřesy zemského povrchu o takové síle zapříčinily i velký počet sesuvů, kterých bylo evidováno okolo 16 tisíc [62]. Ty poničily většinu strategických silnic a železnic a z celkového počtu usmrcených lidí zahynulo téměř 600 právě v následku sesuvů horninového materiálu. Lidé však bohužel v důsledků těchto sesuvů neumírali jen v Salvadoru, ale 8 jich zahynulo i v Guatemale. Ve dnech 14. a 16. ledna roku 2001 došlo k následným otřesům, které byly relativně překvapivé, ale nedosahovaly již tak velké síly a nezpůsobily žádné vážnější škody.

Přesně po jednom měsíci od katastrofálního zemětřesení byl Salvador zasažen silným zemětřesením opětovně. V 8 hodin a 22 minut místního času dne 13. února 2001 se zde zemský povrch otřásl s magnitudem 6,6 Richterovy stupnice. Epicentrum bylo nedaleko hlavního města San Salvador, zhruba 30 km směrem na východ, ovšem bylo mnohem mělčí než první ze dne 13. ledna, jelikož hypocentrum zemětřesení se nacházelo v hloubce jen 10 km pod povrchem Země, což bylo způsobeno tím, že každé z obou popisovaných zemětřesení proběhlo na jiné litosférické desce. [62] To je i důvodem, proč je od sebe dělil tak krátký časový úsek, protože otřesy zemského povrchu v lednu roku 2001 byly jakýmsi spouštěcím mechanismem k uvolnění veškerého nahromaděného napětí mezi litosférickými

deskami[24]. Lednové zemětřesení mělo své hypocentrum na Kokosové (ta se podsouvá pod pevninskou, viz. výše), únorové poté na Karibské litosférické desce.

I toto zemětřesení, které bylo zaznamenáno obyvateli sousedních zemí, Guatemaly a Hondurasu) mělo za následek smrt nejméně 315 lidí a dalších 3 400 jich bylo zraněno a materiální škody byly také poměrně velké, i když nedosahovaly takových rozměrů, jako při lednové katastrofě. Jako následné projevy byly opět charakteristické sesuvy půdy, které na mnoha místech zastavily stavební práce na obnově dopravní i jiné infrastruktury po prvním zemětřesení a některé vrátily do úplných počátků, což bylo velmi nákladné pro salvadorský státní rozpočet. [62]

V blízkosti ostrova Hispaniola, v jehož západní části leží **Haitská republika**, se nachází rozhraní dvou litosférických desek. Severně od ostrova dochází ke kolizi Karibské a Severoamerické desky. První jmenovaná se východním směrem nasouvá na druhou rychlostí zhruba 20 mm ročně.

Detailnějším zaměřením se na tuto oblast zjistíme, že v místě střetu se nacházejí dva hlavní zlomové systémy které mají západovýchodní směr. Jedním je zlom Enriquillo-Plaintain Garden (kde dochází k posunu okolo 7 mm za rok, což je téměř polovina z celkového pohybu mezi Karibskou a Severoamerickou deskou) v jižní části země a na severu pak tzv. Půlnoční zlom. [71]

Dne 12. ledna 2010 krátce před pátou hodinou odpoledního místního času došlo na Haiti k zemětřesení, při kterém se uvolnilo po dlouhou dobu hromaděné napětí mezi dvěma výše uvedenými litosférickými deskami. Epicentrum se nacházelo jen zhruba 16 km severozápadním směrem od hlavního města Port-au-Prince (ve výše uvedeném zlomu Enriquillo-Plaintain Garden) a hypocentrum bylo v hloubce přibližně 10 km pod zemským povrchem, síla zemětřesení dosáhla magnituda 7 Richterovy stupnice. Americká geologická služba (USGS) zaznamenala velké množství dotřesů, z nichž asi tucet mělo magnitudo mezi 5 a 5,9 Richterovy stupnice.

Nejsilněji bylo zasaženo právě hlavní město Port-au-Prince, kde byla zničena téměř veškerá infrastruktura a velmi mnoho budov, mimo jiné i prezidentský palác, nemocnice, školy atd. Otřesy bylo možné pozorovat i mimo Haiti. Santo Domingo, hlavní město sousední Dominikánské republiky, bylo postiženo také, ale zemětřesení zde nenapáchalo prakticky žádné škody. Chvění zemského povrchu bylo zaznamenáno také například na Jamajce, Kubě Portoriku, Amerických Panenských ostrovech a dokonce i v Mexiku, Venezuele a Kolumbii.

[24] Z geologického hlediska můžeme mluvit o tom, že obě zemětřesení proběhla prakticky v jednom místě, jelikož vzdálenost 85 km, které od sebe dělily epicentra, nehraje v těchto měřítkách téměř žádnou roli.

Zemětřesení způsobilo zároveň vlnu tsunami, která zasáhla mnoho míst haitského pobřeží a zabila zde nejméně čtyři lidi. V Santo Domingu dosáhla vlna tsunami výšky 12 cm a ve městě Christiansted na Amerických Panenských ostrovech 2 cm. [68] Po zemětřesení bylo území Haiti zasaženo také rozsáhlými povodněmi, které zatopily velkou část jihu země.

Dle oficiálních údajů usmrtilo zemětřesení na Haiti 222 517 lidí [68], přibližně 300 tis. jich zranilo a více než jeden milion obyvatel přišlo o své domovy. USGS uvádí, že podle lokalizace epicentra, zasáhlo zemětřesení přímým způsobem více než tři miliony lidí. Z trosek zřícených budov bylo vyproštěno pouhých 136 přeživších. Přes dvacet zemí světa ohlásilo, že jejich občané na Haiti zemřeli či jsou pohřešováni vinou této přírodní katastrofy.

Jak jsem již zmínil výše, Haiti je považováno za nejchudší zemi na západní polokouli a zemětřesení napáchalo nevyčíslitelné škody na již tak velmi slabé ekonomice země, o lidských životech nemluvě. Okamžitě po celé katastrofě nabídlo mnoho zemí Haiti pomoc, a to prostřednictvím multilaterálních organizací (především OSN), neziskových organizací a nebo přímo. Spojené státy americké vyslaly do země 16 tis. svých vojáků, kteří v současné době spravují mezinárodní letiště v hlavním městě, lékaře, poslaly finanční pomoc haitské vládě a také plánovali propojení USA s Haiti leteckým mostem, který by zajistil přísun jídla, nezávadné pitné vody, léků aj. Za tyto aktivity však USA sklidily i mezinárodní kritiku, především Francie považuje vyslání amerických ozbrojených složek na Haiti za druh okupace. [38], [68]

Na okamžité reakci se samozřejmě podílely i jiné státy (zajímavostí je, že pomoc poslala také Kuba) např. vysláním záchranných týmů či polních nemocnic, finanční a materiální pomoci a mnoha dalšími způsoby. Dokonce proběhly i dobročinné koncerty na pomoc obětem zemětřesení. Česká republika, lépe řečeno česká vláda, se na pomoci podílela 20 mil. Kč, z nichž 5 mil. Kč šlo do UNICEF. Tři největší české nevládní neziskové organizace (Člověk v tísni, Adra, Arcidiecézní charita Olomouc – ta má na Haiti stálou misi již od roku 2002) vybraly v ČR jen do 12. února 2010 téměř 90 mil. Kč, za které nakoupily nejpotřebnější věci pro oběti zemětřesení. Český záchranný tým nakonec na Haiti poslán nebyl, i když jeho členové byli připraveni do postižených oblastí vyrazit jen několik hodin po celé události. [14]

Haiti, a především jeho obyvatelé, dostalo počátkem letošního roku hodně tvrdý úder, ze kterého se bude vzpamatovávat ještě mnoho dalších let. Humanitární pomoc je jistě správnou a žádoucí aktivitou, ale stejně důležité je také nezapomenout a v určité formě pomoci pokračovat i nadále. Po poměrně krátkém období, kdy bylo Haiti středem pozornosti všech světových médií, postupně dojde k jeho upozadění aktuálnějšími katastrofami či jinými

problémy. Pokud však zemi nebude poskytnuta dlouhodobější forma pomoci, je možné, že se datum 12. ledna 2010 stane pro Haiti jakýmsi začátkem konce.

7. Systémy včasného varování v regionu Střední Ameriky

Systémy včasného varování jsou souborem mnoha sociálních a technických složek, které se vzájemně doplňují a jejichž cílem je v dostatečném časovém předstihu „předpovědět“ a varovat místní obyvatele před blížícím se nebezpečím, především před erupcemi sopek a zemětřeseními, a minimalizovat jednak ztráty na lidských životech, jednak možné škody na hmotném majetku. O uceleném varovném systému však můžeme při použití přísnějších kritérií mluvit jen u Nikaragujské republiky. Další státy se ve své práci v této oblasti soustředí převážně na mapování a výzkum a následné poskytování informací ozbrojeným složkám, které pak uvědomují ohrožené obyvatelstvo.

Středoamerické země, vzhledem ke své poloze a v návaznosti na to i relativně časté vulkanické a seismické aktivitě, mají poměrně dobře propracovány metodologie monitorování endogenních rizik a snaží se o jejich neustálé zefektivňování. Na druhou stranu však zainteresované instituce trpí, díky ekonomické situaci, ve které se většina z nich nachází, celkovým podfinancováním, což se podepisuje především na stavu technickém vybavení a jeho počtu. V této oblasti se velmi často angažují nejrůznější zahraniční organizace, které se snaží podporovat instituce zajišťující chod jednotlivých varovných systémů ve státech tohoto regionu.

V následujících podkapitolách se pokusím o stručné popsání a zhodnocení fungování hromadného varování obyvatelstva před přírodními riziky a jejich organizační zajištění ve vybraných středoamerických státech.

7.1. Výzkum a mapování endogenních procesů v Mexiku

Výzkum a monitorování, což zahrnuje převážnou část agendy, veškerých endogenních pochodů ve Spojených státech mexických má v kompetenci Národní centrum pro prevenci přírodních nebezpečí (Centro Nacional de Prevención de Desastres – CENAPRED), který zajišťuje i fungování a podporu Národního systému civilní ochrany (Sistema Nacional de Prevención Civil – SINAPROC). Ten byl založený po rozsáhlém zemětřesení v roce 1985 a na jeho činnosti participuje privátní i veřejný sektor. Poslední uvedený pak na všech úrovních, od federální, přes státní až po obecní. Dalšími členy jsou univerzity a významné výzkumné organizace. SINAPROC je ve své podstatě posledním článkem řetězce, jelikož zodpovídá za předání informací o blížícím se nebezpečí přímo lidem a prostřednictvím již zmíněné mexické Civilní ochrany za případnou evakuaci.

CENAPRED se věnuje hlavně vědeckým aktivitám, realizuje výzkum původu, průběh a následky rizikových jevů přírodního i antropogenního původu a snaží se o vytvoření metodiky jednotlivých aktivit, které by minimalizovaly jejich dopady. Jednotlivá nebezpečí jsou v Mexiku klasifikována dle původu na geologické, hydrometeorologické, chemické, zdravotní a antropogenní. V rámci této činnosti byl vytvořen dokument nesoucí název Národní atlas nebezpečí (Atlas Nacional de Riesgos), který mapuje, definuje a odhaduje rozsah a dopady většiny možných ohrožení v konkrétních regionech. Ten je podrobněji rozpracován v atlasy nebezpečí každého federativního státu Mexika a obcí, ve kterých je věnována zvýšená pozornost místním specifikům a podmínkám, hlavně pak míře zalidnění, odlišnostem v klimatu, vegetativnímu pokryvu, členitosti povrchu, dopravní infrastruktuře a mnoha dalších faktorům. [3]

Dalším krokem je poté zavádění, rozšiřování a zkvalitňování sítě měřící techniky, která má poskytovat neustálý přísun aktuálních dat, společně s vytvářením norem, které by jasně určovaly pravomoci a povinnosti všech zainteresovaných institucí a organizací. Postupně je ve spolupráci s Národní autonomní mexickou univerzitou (UNAM) budována síť telemetrických měřících přístrojů, z nichž veškeré údaje plynou do jednotného počítačového systému, který tyto informace shromažďuje a vyhodnocuje. V budoucnu se také chystá spuštění webových stránek, na kterých by byla všechna data publikována a každé zemětřesení, erupce sopky či jiný projev nebezpečí by zde byly poměrně dopodrobna popsány a charakterizovány jejich příčiny a následky. Nejkvalitnější monitorovací systémy v Mexiku jsou v současné době na vulkánech Popocatépetl a Pico de Orizaba. U druhého se na výzkumné činnosti významně podílejí i federativní státy Veracruz a Puebla. Tyto systémy zaznamenávají otřesy zemského povrchu v okolí sopek, měří teplotu vzduchu, půdy, popřípadě vody a složení unikajících plynů. V blízké době by měl být vytvořen podobný systém i u vulkánu El Chichón, na čemž spolupracuje CENAPRED s Americkou geologickou službou (USGS) a s Civilní ochranou státu Chiapas[25].

CENAPRED se soustředí převážně na kooperaci činností s Civilní ochranou, věnuje se i vzdělávání a školení jejích členů, čímž chce přispět ke zkvalitnění jejich práce v případě nějakého ohrožení. Národní centrum pravidelně připravuje nejrůznější projekty a výcvik nejen pro příslušníky Civilní ochrany, ale i pro zainteresované zástupce federativních států, obcí, soukromého sektoru a nevládních institucí, při čemž využívá i zkušeností mnoha odborníků ze zahraničí, například ze Spojených států amerických nebo Japonska. Ohledně činností, které

[25] V Mexiku existuje Civilní ochrana na celostátní úrovni jako součást ozbrojených složek. V jednotlivých federativních státech pak působí na regionální úrovni její podřízené složky.

zvyšují odbornost lidského kapitálu, hodlá CENAPRED spolupracovat s obdobnými organizacemi v dalších zemích Střední Ameriky a oblasti Karibiku a vytvořit v tak tomto regionu ucelený a jednotný osvětový systém.

Šíření získaných poznatků také mezi širokou veřejnost ohledně endogenních pochodů je ostatně další významnou aktivitou, kterou se CENAPRED zabývá a koordinuje ji. Informace jsou nejrůznějšími formami poskytovány téměř celé mexické populaci, státním institucím, neziskovým nevládním organizacím i soukromým firmám, když zvýšená pozornost je věnována nejohroženějším skupinám obyvatel, mezi které patří hlavně chudí a venkované. Školení jsou prováděna formou názorných prezentací přímo v rizikových oblastech a nacvičována je také případná evakuace. [4], [5]

Na základě získaných poznatků lze hodnotit systém včasného varování v Mexiku jako poměrně neefektivní, jelikož se až příliš zaměřuje na vědeckou a monitorovací činnost. Nepochybuji, že tyto aktivity jsou nezbytné pro správné porozumění a pochopení všech faktorů způsobujících a souvisejících s jakýmkoliv nebezpečím v konkrétních specifických podmínkách a v návaznosti na to i s prevencí, ale nutně by na ně měly navazovat další fáze, které by poskytovaly, například prostřednictvím internetu, regionálních televizních stanic, rádia či veřejného rozhlasu, mnohem podrobnější informace veřejnosti. Té bývají v současné době předávány údaje jen nepravidelně prostřednictvím školení, což považuji za nedostatečné.

Mnoho nedostatků rovněž vidím i v předávání odpovídajících dat Civilní ochraně, která má ve své pravomoci případné varování a evakuaci obyvatel ohrožených oblastí. Celý systém také postrádá jasné stanovení povinností jednotlivých institucí, což může v krizové situaci způsobovat nemalé nesrovnalosti a chaos.

Lze se domnívat, že CENAPRED, potažmo další odpovědné instituce, by měl více zapracovat uvádění získaných poznatků do praxe. Určitou inspirací by mohly být Systémy včasného varování v Nikaragui (viz. níže), které považuji za nejkvalitnější v rámci zemí Střední Ameriky a kde jsou vytvořeny modely možných situací a také jsou přesně určeny úkoly každé zapojené organizace, což v Mexiku chybí. Bylo by záhodné vytvořit z dostupných dat a z předchozích zkušeností přehled, který by mohl sloužit k odhadování velikosti zasaženého území. To by mohlo pomoci Civilní ochraně v koordinaci svých aktivit spojených s omezováním škod napáchaných erupcemi sopek, zemětřesením či jinými ohroženími.

Za slabinu lze považovat také monitorování jen vybraných vulkánů, i když v tomto směru hodlá CENAPRED svoji působnost rozšiřovat. Každá sopka a její okolí jsou naprosto

specifické a určité druhy jejich chování bývají často typické jen pro tuto oblast, proto hodnotím jako výrazně pozitivní budoucí nárůst mapovaných vulkánů.

Spolupráce se samosprávnými celky je do určité míře funkční, ovšem tyto bývají ve většině případů jen pasivními příjemci informací. Jednotlivé federální státy či obce by naopak měly být podle mého mínění aktivními prvky v rámci celé problematiky a měly by z jejich strany přicházet podněty a podrobnější charakteristiky vyskytujících se problémů, protože existuje předpoklad, že právě zástupci samospráv znají své regiony ve všech ohledech mnohem lépe než představitelé celé federace.

Současný mexický systém považuji i přes velký počet nedostatků za jakýsi zárodek budoucího funkčního celku, který může poskytovat vhodné a včasné informace o blížícím se nebezpečí. Bude zřejmě ještě trvat nějaký čas a mnoho úsilí, než bude dosaženo cíle, ale za určitých předpokladů je možné očekávat výrazné zlepšení nynějšího stavu.

7.2. Varovný systém v Guatemale

V Guatemale zaštiťuje systém včasného varování, který nese název Sistemas de Alerta Temprana (SAT), Národní agentura pro redukci katastrof (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres - CONRED). Tato instituce funguje pod záštitou vlády a je financována především z veřejného rozpočtu. Do systému jsou současně zahrnuta jednotlivá města a obce, departmenty[26] (ty můžeme přirovnat ke krajům v České republice), a samozřejmě i guatemalská vláda. Každý uvedený samosprávný orgán má vyčleněné pracovníky, kteří společně v případě potřeby komunikují a vyhodnocují přicházející informace a ve spolupráci s pracovníky výše uvedené agentury CONRED se rozhodují se o dalším postupu.

Varovný systém zahrnuje sociální a technickou složku. Technická složka se skládá z nejrůznějších přístrojů, které mají za úkol neustálé měření a monitorování jakýchkoliv změn souvisejících s přicházejícím zemětřesením nebo erupcí sopky. Veškeré získané údaje z měřících přístrojů jsou zaznamenávány. To už je však součástí sociální složky, kterou mají na starost především odborníci. Guatemalský varovný systém je možné teoreticky rozdělit na jednotlivé fáze. První je právě zde popsané monitorování.

Další fází je předpověď, ve které jsou všechna data analyzována (v potaz jsou samozřejmě brány i předchozí erupce a zemětřesení) a poté jsou vytvářeny četné matematické modely budoucího možného vývoje. Při této činnosti jsou zohledňovány odlišnosti a

[26] Guatemala je rozdělena na 22 menší samosprávných celků, které jsou označovány jako departmenty, španělsky departamentos. [18]

specifické podmínky každého regionu, což je důvodem, proč existuje ohromné množství těchto modelů. Ty jsou také kontinuálně aktualizovány a upravovány dle nejnovějších získaných údajů. Třetí fází je samotné vyhlášení poplachu. To nastává pokud měřící přístroje zaznamenají překročení vypočtených mezních hodnot v matematických modelech. Mezní hodnoty určují, kdy je situace stále ještě bezpečná a kdy již může dojít k přímému ohrožení obyvatelstva nebo škodám na lidském majetku. Pokud je nutná evakuace lidí žijících v oblasti ohrožené přírodním nebezpečím, je vyhlašována a v prvních okamžicích organizována nejčastěji starosty obcí, kteří většinou mají z vyšších míst podrobné pokyny pro podobné situace. Při evakuaci spolupracuje i guatemalská armáda, která poskytuje svou techniku a dohlíží, aby v evakuovaných oblastech nedocházelo k rabování.

Poslední, ale rozhodně minimálně stejně významnou jako ty předešlé, je fáze komunikace. Během tohoto procesu dochází k informování široké veřejnosti o možných nebezpečích a ke školení obyvatelstva, které může být nějakým způsobem zasaženo zemětřesením či sopečnou činností. Školení, na které je kladen poměrně velký důraz, jelikož odpovídající chování velkých mas lidí v kritických situacích může výrazně snížit počet usmrcených či zraněných a eliminovat i případné materiální škody, se nejčastěji skládá z přednášek, filmových projekcí, prezentací fotografií aj., distribuce informačního materiálu a nácviku evakuace. Ze všeho uvedeného je patrné, že prevence je považována v Guatemale za jakýsi základ, na který je možné navazovat dalšími činnostmi.

Jak jsem již naznačil výše, velký důraz je kladen na spolupráci jednotlivých samosprávných celků. Na lokální úrovni jsou zřízené různé komise či výbory zabývající se v rámci varovného systému monitorováním, organizací, finančním zajištěním a mnoha dalšími záležitostmi. Všeobecně se dá struktura těchto výborů v regionálním měřítku charakterizovat asi následovně. Nejvyšší rozhodovací i jiné pravomoci má tzv. „Skupina přijímací rozhodnutí“ (Grupo Toma de Decisiones). Podřízenými pracovními komisemi, které mají v kompetenci různé agendy, pak jsou: „Komise evakuace, dozoru a monitoringu“ (Comisión de evacuación, vígilancia y monitoreo), „Výbor pro předcházení požárů“ (Atención a chato de incendios), „Komise výzkumu a ochrany“ (Comisión de búsqueda y resete), „Komise první pomoci“ (Comisión de primeros auxilios) a „Komise pro zacházení s pomocí“ (Comisión de manejo de ayuda).

Mezi Skupinou přijímací rozhodnutí a jí podřízenými výbory ještě funguje Evaluační komise (Comisión de evaluación), jejíž náplní je nezávislé sledování a vyhodnocování pracovní činnosti všech ostatních výborů na lokální úrovni a případné odstraňování zjištěných nedostatků a podávání návrhů na zlepšení jejich aktivity. Evaluační zprávy tato komise pak

předkládá nadřízeným orgánům. Pokud jsou zjištěny nějaké vážné nedostatky, putují tyto dokumenty až k vládním zmocněncům, kteří jsou pověřeni jejich odstraněním. [12]

Dle mého názoru je systém včasného varování v Guatemale na relativně dobré úrovni a dobrým krokem je rozhodně zapojení obyvatelstva, jeho vzdělávání a příprava na krizové situace. To může být rozhodujícím momentem v okamžicích, kdy se jedná o lidský život. Stejně tak je důležitá koordinace jednotlivých činností na všech úrovních místní samosprávy, počínaje vládou a konče u konkrétních obcí. Lidé na regionální úrovni dobře znají specifické podmínky ve svém okolí, dokážou se v nich orientovat a velmi rychle a dobře reagovat. Myslím si, že spolupráce s odborníky je pro dobré fungování systému také nezbytná, protože bez kvalitních analýz a vyhodnocení získaných informací by nemohly vzniknout matematické modely, na kterých je ve své podstatě celý guatemalský varovný systém založený a závislý.

Na druhou stranu je otázkou, zda celý systém není až příliš zatížen byrokracií. Připadá mi, že jednotlivé výše popsané fungující komise na lokální úrovni můžou v některých případech celý proces zdržovat nebo ztěžovat a že ne vždy musí být komunikace mezi nimi nebo s nadřízenými orgány bezproblémová, obzvlášť pokud jich existuje tak velké množství. Agenda několika z nich by mohla být spojena a v návaznosti na to snížen jejich počet, což by přineslo snížení finančních nákladů nutných k jejich fungování, ty by se pak daly využít například pro rozšíření technického vybavení. Ostatně nedostatek peněžních prostředků je problémem nejen varovného systému, ale i mnoha dalších oblastí prakticky všech zemí ve Střední Americe.

7.3. Monitoring endogenních procesů v Salvadoru

Sledování a studium sopečných erupcí, zemětřesení a vln tsunami má v Salvadoru ve své kompetenci Národní služba pro studium Země (Servicio Nacional de Studios Territoriales – SNET), která svoji činnost zaměřuje především na mapování uvedených přírodních nebezpečí. Varovný systém jako jednotný celek není v zemi vytvořený.

V oblasti vulkanické aktivity provádí SNET teoretický i terénní výzkum, při čemž obě činnosti se vzájemně doplňují. Sledují se převážně otřesy zemského povrchu v blízkosti sopek, složení vyvěrajících plynů (hlavně obsah oxidu siřičitého a uhličitého ve vzduchu a radonu ve vodních zdrojích), chemické složení, teplota a pH vody v jezerech, řekách a studnách, vizuální změny vulkánů, množství a velikost puklin v zemské kůře a objem sopečného prachu a dalšího pyroklastického materiálu vyvrhovaného do atmosféry.

Všechny naměřené údaje jsou poté zaznamenávány a vyhodnocovány a vznikají prognózy možného dalšího vývoje. Rozdíl, oproti varovným systémům v dalších středoamerických státech, je v tom, že v Salvadoru tato činnost probíhá v lokáním měřítku. Každá oblast má totiž své vlastní výzkumné středisko, které při své práci zohledňují odlišné podmínky daného regionu. [42]

Mapování seismické činnosti se provádí pomocí telemetrických[27] seismografů a akcelerometrů[28], které jsou umístěné v jednotlivých měřících stanicích, těch je v zemi v současné době patnáct [41]. Rozmístění těchto stanic není rovnoměrné, většina se jich nachází v centrální a východní části Salvadoru. Veškerá data jsou následně opět vyhodnocována, nejčastěji ve čtyřiadvacetihodinových intervalech. Pokud se situace projevuje jako potenciálně nebezpečná, interval je zkrácen na dvanáct hodin. [41]

Aktivity spojené s nebezpečím tsunami jsou zaměřeny na vzdělávání a školení obyvatelstva v pobřežních oblastech. Osvěta se soustředí na objasnění okolnosti vzniku tsunami, šíření a možné destruktivní následky. Školení probíhá v komunitách formou prezentací, přednášek a praktického nácviku rychlé evakuace a poskytování první pomoci.

SNET monitoruje všechnu vulkanickou a seismickou aktivitu, po které může přijít také tsunami, v zemi. Má připravené scénáře možného vývoje jednotlivých přírodních katastrof, jejich síly a rozsahu, a podle nich v případě potřeby reaguje. Varování obyvatel probíhá nejčastěji prostřednictvím rádiového vysílá nebo veřejným rozhlasem. Bohužel v Salvadoru není tato činnost příliš koordinována a varovný systém nefunguje jako jednotný celek. Ozbrojené složky bývají zapojeny až v případě evakuace, popřípadě odstraňování napáchaných škod. [40]

Podle mého názoru má Salvador v oblasti systému včasného varování rozhodně co zlepšovat. Monitorování nepovažuji za dostatečnou prevenci ochrany lidských životů, popřípadě majetku. I za předpokladu, že SNET dokáže případnou přírodní katastrofu pomocí měřících přístrojů předvídat s určitým předstihem, není dostatečně rozpracovaná jakákoliv síť informačních cest a nejsou určené pravomoci a povinnosti jednotlivých složek, které by byly součástí systému. To vše může způsobovat v krizových situacích chaos a každý člověk je odkázaný jen sám na sebe a na své blízké a nemůže se spolehnout na jakoukoliv organizovanou pomoc.

[27] Telemetrie – měření a přenos informací na poměrně velkou vzdálenost.
[28] Akcelerometr – přístroj měřící rozdíl mezi kinematickým a gravitačním zrychlením.

Předpokládám, že tato situace je nejspíše zapříčiněná nedostatkem finančních prostředků, který Salvador pociťuje ve více oblastech. Jediné pozitivum spatřuji ve školení obyvatel, což je dle mého mínění základ preventivní činnosti, ovšem bez dalšího rozšíření aktivit nemůže být dosaženo v tomto ohledu většího úspěchu. Ucelený systém včasného varování bude v nejbližší době nutností, proto by Salvador mohl využít zkušeností jiných států z regionu a inspirovat se ve svých dalších krocích a vyvarovat se případných chyb.

7.4. Systémy včasného varování – Nikaragua

Odpovědnost za varovný systém v Nikaragujské republice nese Nikaragujský institut pro studium Země (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales – INETER), který je financován přímo vládou. Systémy včasného varování proti geologickým rizikům v Nikaragui (Sistemas de Alerta Temprana contra la Afectación por Fenómenos Geológicos en Nicaragua), jak zní oficiální název, se skládá jednotlivých částí. Ty jsou rozděleny podle možného hrozícího nebezpečí. Prvním je varování před zemětřeseními, dále pak erupcemi vulkánů, tsunami a lahary. Systém varující obyvatelstvo před lahary je však v současné době stále ještě ve zkušebním stádiu provozu, jelikož byl uveden do provozu teprve pře několika měsíci, což pořád ještě není dostatečně dlouho, aby byl naprosto spolehlivý. Celý varovný systém se opět skládá z technické a sociální složky, které se vzájemně doplňují. Všechny získané informace jsou v institutu INETER vyhodnocovány a jsou vytvářeny modely budoucího vývoje.

Nikaragujský systém, oproti guatemalskému, nezapojuje do systému tak velkou měrou jednotlivé samosprávy, snaží se spíše o přímé informování veřejnosti prostřednictvím televize, rádia, telefonů, veřejného rozhlasu, internetu a faxu a více zapojuje jednotky ozbrojených složek, konkrétně místní Civilní obranu (Defensa Civil).

Jak jsem uvedl výše, varovný systém jako celek je rozdělen na jednotlivé části, které společně velmi úzce souvisí a vzájemně se doplňují. Monitorování možných blížících se zemětřesení je založeno na seismické síti, která se skládá z třiceti šesti telemetrických měřících přístrojů a deseti akcelerometrů [29]. Všechny naměřené údaje jsou neustále zaznamenávány, porovnávány a vyhodnocovány pomocí centrálního počítačového programu. Pokud je situace zhodnocena jako potenciálně nebezpečná, dojde pomocí komunikačních médií (rádio, telefony, fax, internet) k informování obyvatelstva dotčené oblasti. Obdobně mezi sebou komunikují i jednotlivé složky a instituce. Je uvědomena státní vláda i orgány samosprávy.

Každé zaregistrované zemětřesení je pomocí počítačové techniky vyhodnoceno maximálně do deseti minut od jeho začátku a do dalších deseti minut je uvedeno na webových stránkách institutu INETER. Pokud dojde k silnějším záchvěvům zemského povrchu, okamžitě je vyrozuměna pomocí elektronické pošty a faxu Civilní ochrana, celostátní rádiová stanice Radio Nicaragua, SNPMAD[29] a dalších více než padesát institucí a organizací. Díky počítačovým programům jsou veškeré informace týkající se zemětřesení a rady „co dělat a jak se chovat“ zveřejněny na internetu zcela automaticky. Po zemětřesení je situace neustále dále sledována kvůli možným následným otřesům a po odeznění nebezpečné situace je publikována zpráva o jejím průběhu a činnosti všech zainteresovaných subjektů, která slouží jako zpětná vazba. Následně pak probíhá i výzkum v terénu v postižené oblasti.

V budoucnu hodlá institut INETER rozšířit seismickou síť instalováním dalších měřících přístrojů v jednotlivých městech a obcích a také podél celého nikaragujského pobřeží Tichého oceánu, aby následky a dopady zemětřesení mohly být zmapovány ve větším rozsahu. Zároveň se také snaží navázat spolupráci s organizacemi zabývajících se obdobnou činností v Salvadoru, Hondurasu a Kostarice.

Druhou částí systému je včasné varování před možnými výbuchy sopek. Tato část taktéž využívá výše zmíněných třiceti šesti telemetrických přístrojů, dále jsou pak umístěny měřící stanice na každém aktivním vulkánu v zemi a dalších patnáct se jich nachází v jejich blízkosti.

Měří se případné otřesy zemského povrchu okolo vulkánů, množství jedovatých plynů v atmosféře, teplota vzduchu a půdy a zaznamenávají se veškeré změny tvaru sopečných kuželů, k čemuž napomáhají webové kamery. Využívány jsou i meteorologické stanice na sopkách San Cristóbal, Casita, Mombacho a Concepción. Významnou roli hrají i terénní pracovníci, kteří působí jako pozorovatelé, popřípadě zajišťují běžnou údržbu měřících přístrojů. Všechny získané údaje jsou poté opět počítačovými programy zpracovány a vyhodnoceny a bývají velmi rychle zveřejňovány na internetových stránkách.

Pokud hrozí erupce vulkánu je okamžitě vyrozuměna Civilní ochrana, která má připravené plány a instrukce pro krizové situace v jednotlivých regionech. Té je institucí INETER specifikováno přibližné vymezení oblasti, která bude s největší pravděpodobností přímo postižena výbuchem sopky, k čemuž napomáhají matematické modely využívající nejnovějších poznatků z měřících přístrojů. Civilní ochraně jsou poskytnuty informace i o

[29] Národní systém pro prevenci, zmírnění, a varování před katastrofami (Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación, Atención de Desastres). Jedná se o instituci organizující veškeré činnosti týkající se jakéhokoliv možného ohrožení.

nepřímých dopadech vulkanické aktivity, především pak směr, kterým se budou vlivem atmosférického proudění pohybovat prachová mračna a které oblasti budou zasaženy množstvím pyroklastického materiálu.

INETER chce v následujících letech rozšířit počet terénních pracovníků a technické vybavení, obzvláště pak množství měřících i jiných přístrojů (například uvést do provozu webové kamery i u dvou zbývajících vulkánů Masaya a Concepción [29] či využít pro mapování také satelity) a zlepšit monitorování výronů sopečných plynů, které považuje v současné době za nedostatečné.

Nikaragujský varovný systém se také zaměřuje i na varování před případnými vlnami tsunami, které bývají způsobeny především silnými tektonickými zemětřeseními. Využito je samozřejmě veškeré již uvedené technické vybavení, hlavně jeho části umístěné v blízkosti pobřeží Tichého oceánu, kde tsunami hrozí nejčastěji. V této oblasti také Nikaragua spolupracuje s dalšími středoamerickými zeměmi, jejichž obyvatele může tsunami ohrozit. Pro zpracování dat a vytváření modelů krizových situacích v souvislosti s vlnami tsunami používá INETER speciální software, který dokáže odhadnout i výšku těchto vln.

V případě zemětřesení jsou všechny údaje během několika málo minut zveřejněny (viz. výše). Pokud však hrozí i tsunami, je tento fakt společně s dalšími údaji ihned oznámen Civilní ochraně, která dále postoupí všechny informace představitelům ohrožených samospráv a ti poté přímo varují obyvatele těchto oblastí. Zde však velmi záleží i na síle otřesů, výše uvedené totiž platí pouze pro zemětřesení lokálního charakteru. Při regionálních zemětřeseních jsou společně s Civilní ochranou a představiteli jednotlivých nižších samosprávných celků uvědomovány i odpovědné orgány v dalších státech Střední Ameriky, kde může tsunami udeřit. V případě zemětřesení, které zasáhne velké oblasti, pak jsou současně informovány i další země ležící při pobřeží Tichého oceánu, při čemž většina z nich má své vlastní kvalitní varovné systémy před vlnami tsunami, jako například Japonsko. [29]

Další možnosti vylepšení vidí INETER v instalaci sirén, které by byly schopné ohrožené lidi varovat mnohem rychleji než představitelé měst a obcí, v pobřežních oblastech, na čemž spolupracuje s Civilní ochranou, dále pak ve vytvoření sítě telemetrických mareografů[30] u pobřeží Tichého oceánu a v jezerech Managua a Nicaragua. Celkem smělou vizí je sjednocení varovných systémů v zemích Karibské oblasti.

Jak bylo uvedeno v úvodu této podkapitoly, organizované varování před bahnotoky (lahary) je v Nikaragui ve fázi budování. I přes to však již dnes poměrně dobře funguje a

[30] Přístroj měřící výšku mořské hladiny.

zbývá jen dořešit několik nesrovnalostí. Tato část systému včasného varování, která opět využívá veškerého existujícího technického vybavení, se soustředí na upozorňování před lahary u vybraných nikaragujských vulkánů, a to San Cristóbal, Casita, Concepción a Mombacho. Na všech těchto vulkánech byly ze zřejmých důvodů zřízeny meteorologické stanice (viz. výše).

V tomto ohledu se sleduje převážně mocnost ukládajícího se sopečného popela a prachu při erupcích vulkánů a meteorologická předpověď v rizikových regionech. Zde je kladen důraz na případné mohutné dešťové srážky či například hurikány, které by mohly být spouštěcím mechanismem bahnotoků. Pokud je situace vyhodnocena jako nebezpečná, opět je upozorněna Civilní ochrana, která následovně vyrozumí obyvatele ohrožených regionů a má pro tyto události vypracovanou metodiku. [29]

Nedostatky vidí INETER především v poměrně slabé síti meteorologických stanic přímo u vulkánů, v neexistenci měřících přístrojů, které by byly schopné zaregistrovat pohyb laharů po svazích hned v jejich počátcích a v dlouhé prodlevě ve varování konkrétních lidí žijících v rizikových oblastech.

Dle získaných poznatků lze hodnotit z vlastního pohledu Nikaraguu jako zemi s nejlépe propracovaným systémem včasného varování ze všech středoamerických zemí. Má detailně rozpracovanou metodiku, jeho jednotlivé části se vzájemně prolínají a doplňují, spojuje teoretické poznatky s praktickými a využívá moderní techniky. Jako velmi pozitivní lze vnímat i neustálou nespokojenost se současným stavem a touhu posouvat systém jako celek kupředu a díky tomu ochránit větší počet obyčejných lidí, kteří mají často své domovy ve velmi nebezpečných oblastech. Některé zmiňované cíle můžou působit až naivně, myslím si ale, že vize je základem budoucího úspěšného fungování systému včasného varování.

Mimo běžné problémy, kterými většinou bývají nedostatek finančních a mnoha jiných zdrojů či případné pochybení lidského faktoru ve fázi rozhodování, považuji za poměrně zjevnou chybu relativně velký počet mezičlánků, které se nacházejí mezi prvním zaregistrováním blížícího se nebezpečí a varování ohrožených obyvatel. Dle mého názoru by toto varování mělo probíhat mnohem přímočařejším způsobem, jelikož v současné podobě (v drtivé většině případů prostřednictvím Civilní ochrany nebo regionálních samospráv) může dojít k výrazným časovým ztrátám, což může v krajním případě znamenat rozdíl mezi životem a smrtí. Také se tímto způsobem zvyšuje pravděpodobnost selhání, ať už lidského nebo technického.

8. Závěr

Sopečná i seismická činnost jsou v drtivé většině případů vázány na subdukční zóny, což jsou oblasti, kde dochází k podsouvání jedné či více lehčích litosférických desek pod jinou lehčí desku. Horninový materiál je pak vlivem ohromného tlaku v astenosféře roztaven a následně vytlačován puklinami a prasklinami zpět k zemskému povrchu. To je i případ současného Mexika a ve své podstatě celého západního pobřeží Severní i Jižní Ameriky, kde můžeme najít velký počet aktivních vulkánů. Menší část vulkanické aktivity je pak vázána na tzv. horké skvrny, což jsou místa zvýšených tepelných toků s původem opět v astenosféře.

V diplomové práci jsou charakterizovány nejvýznamnější sopky v zájmovém regionu (např. Popocatépetl a Paricutín), včetně jejich aktuálních projevů, které rozhodně nejsou zanedbatelné. Aktivní vulkány však velmi často ovlivňují rozsáhlá území i v jiných státech, a to prostřednictvím doprovodných jevů, kterými můžou být například prachová mračna zanesena vlivem atmosférického proudění na velké vzdálenosti, zemětřesení či vlny tsunami. Proto jsem se rovněž věnoval i charakteristikám vybraných sopek mimo uvedené zájmové území, jelikož mnoho z nich v nemalé míře ovlivňuje i oblasti v Mexiku.

Stejně jako sopečná, tak i seismická činnost je spojena hlavně se subdukčními zónami. Zemětřesení mohou být různých původů, z nichž nejobvyklejší jsou tzv. tektonická. Otřesy zemského povrchu jsou v takových situacích spojeny s náhlým uvolněním energie, která se po dlouhou dobu hromadí na styku dvou litosférických desek vlivem jejich pohybů a vzájemného tření. Ohnisko zemětřesení nacházející se ve vnitru planety Země, se označuje jako hypocentrum. Známějším pojmem je pak epicentrum, což je průmět hypocentra na zemský povrch.

V zemích Střední Ameriky jsou zaznamenávána zemětřesení praktický každý den, převážná část z nich však dosahuje jen malé síly a člověk je není schopný ani postřehnout. Občas je ale tato oblast zasažena velmi silnými otřesy, které způsobují velké škody, se kterými se obyvatelé postižených regionů vyrovnávají ještě po dlouhé roky. Podobně jako aktivní sopky, ani zemětřesení nerespektují hranice jednotlivých států a v mnoha případech negativně zasahují dokonce mnohem rozsáhlejší území. Důsledkem pak bývají mrtví, staticky narušené nebo zcela zničené budovy, sesuvy půdy, vlny tsunami, poničená infrastruktura a všeobecný chaos. Zřejmě nejničivější zemětřesení postihlo Mexiko v roce 1985, kdy bylo několik čtvrtí v jeho hlavním městě téměř srovnáno se zemí. Obdobně ale bylo postiženo i mnoho dalších měst a obcí v celé zemi.

Poslední ničivé otřesy zasáhly region Střední Ameriky v letošním roce. V lednu bylo ničivou katastrofou postiženo Haiti, které se řadí mezi nejchudší země světa a s jejími dopady se bude vyrovnávat ještě po několik let. Počátkem dubna pak bylo zaznamenáno relativně silné zemětřesení v severozápadní části Mexika při pobřeží Tichého oceánu v blízkosti hranic se Spojenými státy americkými. To však naštěstí, ve srovnání s jinými, nenapáchalo příliš velké škody.

Poměrně velká pozornost byla v diplomové práci věnována také tzv. systémům včasného varování v několika středoamerických státech, které mají za cíl do určité míry předpovědět blížící se erupci sopky nebo zemětřesení a omezit tímto způsobem škody napáchané na hmotném majetku a samozřejmě také co možná nejvíce snížit počet usmrcených lidí. Instituce zajišťující fungování těchto systémů se snaží o zapojení soukromého, nevládního i státního sektoru včetně samospráv, aby bylo dosaženo co nejefektivnější koordinace jednotlivých činností spojených s informováním potencionálně ohrožených obyvatel těchto států.

O varovném systému je ale podle mého názoru možné mluvit jen v souvislosti s Nikaraguou, protože v dalších zmiňovaných státech se jedná spíše o monitorování či mapování endogenních procesů. V každém případě je pozitivním faktem, že odpovědní lidé si uvědomují nebezpečí, které může na relativně dlouhý časový interval poznamenat sociální i ekonomický rozvoj jejich země, a mají vůli změnit současný stav.

Klíčová slova: Mexiko, Střední Amerika, subdukční zóna, vulkanismus, litosférické desky, zemětřesení, systémy včasného varování.

9. Summary

This thesis called *Endogenous risk phenomena in Mexico* has as the general aim describe volcanic and seismic activity, their reasons and impacts on this territory. The first partial aim shows few examples of volcanic activity in the area of the middleamerican countries, the second one characterizes destructive earthquakes in last twenty five years in the same region. The last partial aim describes function of early warning systems in Mexico, Guatemala, El Salvador and Nicaragua. They are supposed to predict oncoming natural hazards as an eruption of the volcanoe, earthquake or tsunami and the way how to reduce number of killed inhabitants and property damages.

Mexico and other states in the Middle America are situated in very dangerous area which has been called subduction zone. This zone is boundary of Pacific, Cocos, Northamerican and Caribbean litospheric plates where the first two of them get under the third and fourth mentioned (you can see this situation very well on the Picture no. 3). This is the main reason why are eruptions of the volcanoes and earthquakes in described territory so frequent.

Impacts of these endogenous risks are very often catastrophical for people in disabled areas. Many of them are killed, their houses are damaged or ruined, they do not have enough drinking water and food, traffic and other infrastructure are also involved etc. Mankind is not able to predict exactly when and where the next eruption or earthquake will be, but have many experience from the past which can help us at least to estimate these catastrophes and this way save many lifes.

Key words: Mexico, Middle America, subduction zone, volcanism, litospheric plates, earthquake, early warning systems.

10. Seznam použitých zdrojů:

1. BusinessInfo.cz-Oficiální portál pro podnikání a export. *Základní informace o teritoriu Mexiko* [online]. c1997-2010, [cit. 2010-02-21]. Dostupné z: <http://www.businessinfo.cz/cz/sti/mexiko-zakladni-informace-o-teritoriu/1/1000581/>.

2. BusinessInfo.cz-Oficiální portál pro podnikání a export. *Základní informace o teritoriu Guatemala* [online]. c1997-2010, [cit. 2010-02-27]. Dostupné z: <http://www.businessinfo.cz/cz/sti/guatemala-zakladni-informace-o-teritoriu/1/1001431/>.

3. Centro Nacional de Prevención de Desastres. *Atlas Nacional de Riesgos* [online]. Nedatováno. [cit. 2010-04-22]. Dostupné z: <http://www.cenapred.gob.mx/es/Atlas/>.

4. Centro Nacional de Prevención de Desastres. *Dirección de Instrumentación* [online]. Nedatováno. [cit. 2010-04-22]. Dostupné z: < http://www.cenapred.gob.mx/es/Instrumentacion/>.

5. Centro Nacional de Prevención de Desastres. *Dirección de Investigación* [online]. Nedatováno. [cit. 2010-04-22]. Dostupné z: < http://www.cenapred.gob.mx/es/Investigacion/>.

6. CIA-The World Factbook. *CIA-The World Factbook – Cuba* [online]. Nedatováno, poslední revize 4. 2. 2010 [cit. 2010-02-27]. Dostupné z: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/cu.html>.

7. CIA-The World Factbook. *CIA-The World Factbook – El Salvador* [online]. Nedatováno, poslední revize 1. 4. 2010 [cit. 2010-04-13]. Dostupné z: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/es.html>.

8. CIA-The World Factbook. *CIA-The World Factbook – Guatemala* [online]. Nedatováno, poslední revize 4. 2. 2010 [cit. 2010-02-27]. Dostupné z: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/gt.html>.

9. CIA-The World Factbook. *CIA-The World Factbook – Haiti* [online]. Nedatováno, poslední revize 4. 2. 2010 [cit. 2010-02-27]. Dostupné z: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/ha.html>.

10. CIA-The World Factbook. *CIA-The World Factbook – Mexico* [online]. Nedatováno, poslední revize 17. 2. 2010 [cit. 2010-02-21]. Dostupné z: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/mx.html>.

11. CIA-The World Factbook. *CIA-The World Factbook – Nicaragua* [online]. Nedatováno, poslední revize 4. 2. 2010 [cit. 2010-02-27]. Dostupné z: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/nu.html>.

12. Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres. *Sistemas de Alerta Temprana* [online]. Nedatováno. [cit. 2010-04-20]. Dostupné z: < http://conred.gob.gt/sats>.

13. Česká geologická služba. *Geologická encyklopedie* [online]. c2007, [cit. 2010-03-09]. Dostupné z: < http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl>.

14. Česká televize. *Česká pomoc Haiti: 86 milionů, lékaři i nemocnice* [online]. c2010, [cit. 2010-03-04]. Dostupné z: <http://www.ct24.cz/domaci/80866-ceska-pomoc-haiti-86-milionu-lekari-i-nemocnice/>.

15. DEMEK, J.: *Obecná geomorfologie*. 1. vydání. Praha: Academia, 1988. 480 s.

16. Dirección General de Estadística y Censos. *Resultados VI Censo de Población y V de Vivienda* [online]. Nedatováno, [cit. 2010-04-13]. Dostupné z: <http://www.censos.gob.sv/util/datos/Resultados%20VI%20Censo%20de%20Poblaci%F3n%20V%20de%20Vivienda%202007.pdf>.

17. DUCHÁČ, M.: *Charakteristika a důsledky vulkanické aktivity v Mexiku*. Olomouc, 2007.

18. FŇUKAL, M. a SZCZYRBA, Z.: *Geografie Latinské Ameriky* [online]. Nedatováno, [cit. 2010-02-21]. Dostupné z: <http://rgla.upol.cz/>.

19. Geo-Forschungs-Zentrum Potsdam. *GFC – EMS-98* [online]. Nedatováno, poslední revize 3. 12. 2009 [cit. 2010-03-10]. Dostupné z: <http://www.gfz-potsdam.de/portal/gfz/Struktur/Departments/Department+2/sec26/projects/04_seismic_vulnerability_scales_risk/EMS-98>.

20. Geo-Forschungs-Zentrum Potsdam. *Kurzform+EMS-98+Tschechisch+PDF* [online]. [cit. 2010-03-10]. Dostupné z: <http://www.gfz-potsdam.de/portal/gfz/Struktur/Departments/Department+2/sec26/resources/Dokumente/Texte/Kurzform+EMS-98+tschechisch+PDF?binary=true&status=300&language=de>.

21. Geofyzikální ústav AV ČR, v.v.i. *Často kladené otázky* [online]. c2005 [cit. 2010-03-16]. Dostupné z: <http://www.ig.cas.cz/cz/o-nas/popularizace/casto-kladene-otazky/>.

22. HOVORKA, D.: *Sopky: vznik-produkty-dôsledky*. 1. vydání. Bratislava: Veda, 1990. 156 s. ISBN 80-224-0014-9.

23. Incorporated Research Instituions for Seismology. *Plates.* [online]. c2009, [cit. 2010-03-27]. Dostupné z: <http://www.iris.edu/seismon/imgs/plates.gif>.

24. INEGI-Instituto Nacional de Estadística, Geogeafía e Informática. *Superficie continental e insular del territorio nacional* [online]. c2010, [cit. 2010-02-21]. Dostupné z: <http://mapserver.inegi.gob.mx/geografia/espanol/datosgeogra/extterri/frontera.cfm?c=154>.

25. INEGI-Instituto Nacional de Estadística, Geogeafía e Informática. *Censos y Conteos de Población y Vivienda* [online]. c2010, [cit. 2010-04-21]. Dostupné z: <http://www.inegi.org.mx/sistemas/TabuladosBasicos/Default.aspx?c=10398&s=est>.

26. Instituto Nacional de Estadística. *XI Censo Nacional de Población y VI de Habitación (Censo 2002)* [online]. Nedatováno, poslední revize 7. 9. 2009 [cit. 2010-02-27]. Dostupné z: <http://www.ine.gob.gt/index.php/demografia-y-poblacion/42-demografiaypoblacion/75-censo2002>.

27. Instituto Nacional de Información de Desarrollo. *VII Censo de Población y IV de Vivienda, Censo 2005* [online]. Nedatováno, [cit. 2010-02-27]. Dostupné z: < http://www.inide.gob.ni/censos2005/ResumenCensal/Resumen2.pdf>.

28. Instituto Nacional de Sismologia, Vulcanología, Meteorología e Hidrologia. *Fuego* [online]. Nedatováno. [cit. 2010-04-10]. Dostupné z: <http://www.insivumeh.gob.gt/geofisica/fuego1.htm>.

29. Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales – INETER. *Dirección General de Geofísica-Alerta Temprana* [online]. c2005 [cit. 2010-04-22]. Dostupné z: <http://www.ineter.gob.ni/geofisica/sistemas-alerta_temprana.htm>.

30. Japan Meteorogical Agency. *Earthquake information* [online]. c.2002. 27. 10. 2009 [cit. 2010-03-10]. Dostupné z: <http://www.jma.go.jp/en/quake/quake_singendo_index.html>.

31. KAŠPAR, O.: *Dějiny Karibské oblasti*. Praha: Nakladatelství Lidové noviny, 2002. 261 s. ISBN 80-7106-557-9.

32. KUKAL, Z.: *Přírodní katastrofy*. 1. vydání. Praha: Horizont, 1982. 256 s.

33. KUKAL, Z.: *Vznik pevnin a oceánů*. 1. vydání. Zbraslav nad Vltavou: Academia, 1973. 254 s.

34. Lietuvos Energetikos Institutas. *Design of Structures, Components, Equipment and Systems* [online]. c2005-2009 [cit. 2010-03-10]. Dostupné z: <http://www.lei.lt/insc/sourcebook/sob3.pdf>.

35. Mapa světa.info. *Stredni_amerika*. [online]. Nedatováno, [cit. 2010-03-27]. Dostupné z: <http://www.mapasveta.info/amerika/images/stredni_amerika.jpg>.

36. Mexico. *Mexico, Map of Mexico.* [online]. c2009, [cit. 2010-03-27]. Dostupné z: <http://www.mexico.vg/wp-content/uploads/2008/02/mexico-map-of-mexico.gif>.

37. MOŁDAVA, T., a kol.: *Státy světa: mapy, státní symboly, základní údaje, obyvatelstvo, hospodářství, státní zřízení, historie, hlavy států.* 2.vydání. Havlíčkův Brod: Fragment, 2002. 424 s. ISBN 80-7200-669-X.

38. National Geographic. *Haiti Earthquake "Strange," Strongest in 200 Years* [online]. c1996-2010, poslední revize 13. 1. 2010 [cit. 2010-03-04]. Dostupné z: <http://news.nationalgeographic.com/news/2010/01/100113-haiti-earthquake-red-cross/>.

39. Oficina Nacional de Estadísticas. Cuba. *Anuario Estadístico de Cuba-2008* [online]. c2006, [cit. 2010-02-27]. Dostupné z: <http://www.one.cu/aec2008/esp/01_tabla_cuadro.htm>.

40. Servicio Nacional de Estudios Territoriales. *SNET – Tsunami* [online]. Nedatováno [cit. 2010-04-24]. Dostupné z: <http://www.snet.gob.sv/ver/oceanografia/monitoreo/tsunamis/>.

41. Servicio Nacional de Estudios Territoriales. *SNET – Vigilancia Sísmica* [online]. Nedatováno [cit. 2010-04-24]. Dostupné z: <http://www.snet.gob.sv/ver/sismologia/vigilancia/>.

42. Servicio Nacional de Estudios Territoriales. *SNET – Vigilancia Volcánica* [online]. Nedatováno [cit. 2010-04-24]. Dostupné z: <http http://www.snet.gob.sv/ver/vulcanologia/vigilancia/>.

43. Servicio Sismológico Nacional. *El Sismo de 1985* [online]. Nedatováno. [cit. 2010-04-13]. Dostupné z: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/world/events/1985_09_19.php>.

44. Smithsonian Institution. *Global Volcanism Program Michoacán-Guanajuato, Monthly Reports* [online]. Nedatováno. [cit. 2010-04-14]. Dostupné z: < http://www.volcano.si.edu/world/volcano.cfm?vnum=1401-06=&volpage=var >.

45. Smithsonian Institution. *Global Volcanism Program, Acatenango, Monthly Reports* [online]. Nedatováno. [cit. 2010-04-10]. Dostupné z: <http://www.volcano.si.edu/world/volcano.cfm?vnum=1402-08=&volpage=var>.

46. Smithsonian Institution. *Global Volcanism Program, Colima, Monthly Reports* [online]. Nedatováno. [cit. 2010-04-10]. Dostupné z: <http://www.volcano.si.edu/world/volcano.cfm?vnum=1401-04=&volpage=var&VErupt=Y&VSources=Y&VRep=Y&VWeekly=Y#bgvn_2309>.

47. Smithsonian Institution. *Global Volcanism Program, Colima, Summary* [online]. Nedatováno. [cit. 2010-04-10]. Dostupné z: <http://www.volcano.si.edu/world/volcano.cfm?vnum=1401-04=>.

48. Smithsonian Institution. *Global Volcanism Program, Fuego, Monthly Reports* [online]. Nedatováno. [cit. 2010-04-10]. Dostupné z: <http://www.volcano.si.edu/world/volcano.cfm?vnum=1402-09=&volpage=var>.

49. Smithsonian Institution. *Global Volcanism Program, Fuego, Summary* [online]. Nedatováno. [cit. 2010-04-10]. Dostupné z: < http://www.volcano.si.edu/world/volcano.cfm?vnum=1402-09=>.

50. Smithsonian Institution. *Global Volcanism Program, Izalco, Summary* [online]. Nedatováno. [cit. 2010-04-12]. Dostupné z: < http://www.volcano.si.edu/world/volcano.cfm?vnum=1403-03=>.

51. Smithsonian Institution. *Global Volcanism Program, Izalco, Monthly Reports* [online]. Nedatováno. [cit. 2010-04-12]. Dostupné z: < http://www.volcano.si.edu/world/volcano.cfm?vnum=1403-03=&volpage=var>.

52. Smithsonian Institution. *Global Volcanism Program, Michoacán-Guanajuato, Summary* [online]. Nedatováno. [cit. 2010-04-14]. Dostupné z: <http://www.volcano.si.edu/world/volcano.cfm?vnum=1401-06=>.

53. Smithsonian Institution. *Global Volcanism Program, Pico de Orizaba, Summary* [online]. Nedatováno. [cit. 2010-04-10]. Dostupné z: < http://www.volcano.si.edu/world/volcano.cfm?vnum=1401-10=>.

54. Smithsonian Institution. *Global Volcanism Program, Popocatépetl, Summary* [online]. Nedatováno. [cit. 2010-04-10]. Dostupné z: <http://www.volcano.si.edu/world/volcano.cfm?vnum=1401-09=>.

55. Smithsonian Institution. *Global Volcanism Program, Popocatépetl, Monthly Reports* [online]. Nedatováno. [cit. 2010-04-10]. Dostupné z: <http://www.volcano.si.edu/world/volcano.cfm?vnum=1401-09=&volpage=var#bgvn_1912>.

56. Smithsonian Institution. *Global Volcanism Program, Popocatépetl, Monthly Reports* [online]. Nedatováno. [cit. 2010-04-10]. Dostupné z: <http://www.volcano.si.edu/world/volcano.cfm?vnum=1401-09=&volpage=var&VErupt=Y&VSources=Y&VRep=Y&VWeekly=Y>.

57. Smithsonian Institution. *Global Volcanism Program, San Cristóbal, Monthly Reports* [online]. Nedatováno. [cit. 2010-04-12]. Dostupné z: <http://www.volcano.si.edu/world/volcano.cfm?vnum=1404-02=&volpage=var>.

58. Smithsonian Institution. *Global Volcanism Program, San Cristóbal, Summary* [online]. Nedatováno. [cit. 2010-04-12]. Dostupné z: <http://www.volcano.si.edu/world/volcano.cfm?vnum=1404-02=>.

59. Smithsonian Institution. *Volcanoes of the Word.* [online]. Nedatováno, [cit. 2010-04-04]. Dostupné z: <http://www.volcano.si.edu/world/find_regions.cfm>.

60. STRAHLER, Alan, STRAHLER, Arthur: *Introducing physical geography.* 4th edition. New York: John Wiley, 2006. 728 s. ISBN 0-471-67950-X.

61. U.S. Geological Survey National Earthquake Information Center. *Earthquake Hazard Programs: Significant Earthquakes in 1995* [online]. Nedatováno, poslední revize 29. 6. 2007. [cit. 2010-04-10]. Dostupné z: <http://neic.usgs.gov/neis/eq_depot/1995/>.

62. U.S. Geological Survey National Earthquake Information Center. *Earthquake Hazard Programs: Earthquake Report: El Salvador* [online]. Nedatováno, poslední revize 30. 3. 2004. [cit. 2010-04-18]. Dostupné z: <http://neic.usgs.gov/neis/eq_depot/2001/eq_010113/>.

63. U.S. Geological Survey National Earthquake Information Center. *Earthquake Hazards Program: Mexico. Seismicity map* [online]. Nedatováno, poslední revize 26. 10. 2009. [cit. 2010-04-18]. Dostupné z: < http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/world/mexico/seismicity.php>

64. U.S. Geological Survey National Earthquake Information Center. *Earthquake Hazards Programs: Earthquake Report* [online]. Nedatováno, poslední revize 18. 4. 2010. [cit. 2010-04-18]. Dostupné z: <http://neic.usgs.gov/neis/last_event/world_mexico.html>.

65. U.S. Geological Survey National Earthquake Information Center. *Magnitude 7,2-Baja California, Mexico* [online]. Nedatováno, poslední revize 12. 4. 2010. [cit. 2010-04-18]. Dostupné z: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/2010/ci14607652/#details>.

66. U.S. Geological Survey National Earthquake Information Center. *Historic Earthquakes, Michoacan, Mexico* [online]. Nedatováno, poslední revize 29. 3. 2010. [cit. 2010-04-13]. Dostupné z: < http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/world/events/1985_09_19.php>.

67. USGS. *Earthquakes-General Interest Publication* [online]. Nedatováno, poslední revize 23. 10. 1997 [cit. 2010-03-09]. Dostupné z: <http://pubs.usgs.gov/gip/earthq1/how.html>.

68. USGS. *Magnitude 7.0 – Haiti region* [online]. Nedatováno, poslední revize 2. 3. 2010 [cit. 2010-03-04]. Dostupné z: <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/recenteqsww/Quakes/us2010rja6.php#summary>.

69. USGS. *Major Volcanoes in Mexico - Map* [online]. Nedatováno, poslední revize 3. 6. 2002 [cit. 2010-04-10]. Dostupné z: <http://vulcan.wr.usgs.gov/Volcanoes/Mexico/Maps/map_mexico_volcanoes.html>.

70. USGS. *The Richter Magnitude Scale* [online]. Nedatováno, poslední revize 27. 10. 2009 [cit. 2010-03-10]. Dostupné z: <http://earthquake.usgs.gov/learn/topics/richter.php>.

71. USGS. *USGS Release: USGS Updates Assessment of Earthquake Hazard and Safety in Haiti and the Carribean* [online]. c2010, poslední revize 23. 2. 2010 [cit. 2010-03-04]. Dostupné z: < http://www.usgs.gov/newsroom/article.asp?ID=2413>.

72. ZWETTLER, O.: *Lexikon zemí.* Praha: Fortuna Print, 2002. 503 s. ISBN 80-7309-988-8.