

Univerzita Palackého v Olomouci

Fakulta tělesné kultury



Fakulta
tělesné kultury

AKTIVITA ETNY V POSLEDNÍCH 100 LETECH

Bakalářská práce

Autor: Martin Kufa

Studijní program: Ochrana obyvatelstva

Vedoucí práce: Mgr. Olga Halášová, Ph.D.

Olomouc 2024

Bibliografická identifikace

Jméno autora: Martin Kufa

Název práce: Aktivita Etny v posledních 100 letech

Vedoucí práce: Mgr. Olga Halášová, Ph.D.

Pracoviště: Katedra aplikovaných pohybových aktivit

Rok obhajoby: 2024

Abstrakt:

Práce se zabývá aktivitou stratovulkánu Etna v průběhu posledních sta let. Seznamuje se základními termíny z vulkanologie a představuje samotnou Etnu v průběhu historického vývoje. Hlavní část se pak soustřeďuje na záznamy o činnosti sopky za posledních sto let, porovnává jednotlivé erupce, jejich nebezpečnost pro okolí a opatření, která bylo nutné při nich udělat. Také se věnuje monitorování sopky a systému včasného varování, které existují právě proto, aby bylo především ochráněno obyvatelstvo a maximální míře možnosti i jejich majetek. Etna, jako největší evropská sopka, rozhodně stojí za podrobné zkoumání a je zároveň modelovým případem, jak by se mohly chovat další sopky, a to i ty, které se zatím jeví jako spící.

Klíčová slova:

sopka, stratovulkán, Etna, erupce, lávový proud, prachová oblaka, monitoring, ochrana obyvatelstva

Souhlasím s půjčováním práce v rámci knihovních služeb.

Bibliographical identification

Author: Martin Kufa
Title: Aktivita Etny v posledních 100 letech

Supervisor: Mgr. Olga Halášová, Ph.D.
Department: Department of Adapted Physical Activities
Year: 2024

Abstract:

The work deals with the activity of the stratovolcano Etna during the last hundred years. It introduces basic terms from volcanology and introduces Etna itself during historical development. The main part focuses on records of volcano activity over the past hundred years, comparing individual eruptions, their danger to the environment and the measures that had to be taken during them. It is also interested in monitors of the volcano and the early warning system, which exist precisely to protect the population and, to the maximum extent possible, their property. Etna, as Europe's largest volcano, is definitely worth a detailed study and is also a model case of how other volcanoes could behave, even those that so far appear to be dormant.

Keywords:

volcano, stratovolcano, Etna, eruption, lava flow, dust clouds, monitoring, population protection

I agree the thesis paper to be lent within the library service.

Prohlašuji, že jsem tuto práci zpracoval samostatně pod vedením Mgr. Olgy Halásově, Ph.D., uvedl všechny použité literární a odborné zdroje a dodržoval zásady vědecké etiky.

V Olomouci dne 22. listopadu 2023

.....

Rád bych poděkoval vedoucí bakalářské práce Mgr. Olze Halásově, Ph.D. za její trpělivost, cenné rady a věcné připomínky během vypracování bakalářské práce.

OBSAH

Obsah	7
1 Úvod	8
2 Přehled poznatků	9
2.1.1 Sopky	10
2.1.2 Vliv na změny klimatu	15
2.2 Etna.....	19
2.2.2 20. století	23
2.2.3 21. století	25
2.2.4 Aktuální stav Etny.....	33
2.3 Ochrana obyvatel před sopečnou činností.....	34
2.4 Vývoj počtu obyvatel na úpatí Etny.....	38
2.5 Rizika.....	38
3 Cíle.....	40
3.1 Hlavní cíl	40
3.2 Dílčí cíle.....	40
3.3 Výzkumné otázky případně hypotézy	40
4 Metodika	41
4.1 Metody sběru dat.....	41
5 Výsledky	42
5.1 Jaká rizika přináší sopečná činnost Etny pro obyvatele v její bezprostřední blízkosti .	42
5.2 Jaká byla četnost erupcí sopky Etny za posledních 100 let a jak probíhala migrace obyvatelstva na úpatí sopky.....	43
6 Závěry	46
7 Summary	47
8 Referenční seznam	48

1 ÚVOD

*Přítav nesmírný a nedotknut přístupem větrů
tam sice jest, ale Aetny oheň v hoře strašlivě hřímá,
někdy ona k nebesům vír dýmu vymršťuje černý
a z chomolů smolných sype hustý popela přival,
a znova vyšlehaným plamenem nebes oblohu líže.
Někdy celé skaliny, odtrhlé útrobě vlastní,
plije a roztopené kamení hází do povětří
s ohromným stonotem a řváním ze dna propasti.*

(Maro, 1927, verše 570-577)

Vulkanická neboli sopečná činnost existuje na Zemi od jejího prvopočátku. Účastnila se horotvorných procesů, vytvářela obraz budoucí krajiny a formovala planetu do její současné podoby. Způsobila také obrovské množství katastrof od vyhynutí druhů, až po lidské oběti a nedozírné škody na majetku. Staré národy věřily, že sopky projevují hněv bohů, jsou trestem za nevhodné chování lidí, a kromě obav k nim pociťovaly úctu. Staří Řekové byli přesvědčeni, že pod činnými sopkami sídlí bůh ohně Héfaistos a Římané stejného boha nazývali Vulcanus, což později dalo vznik i názvu pro sopky – vulkány. Přesto mnohé sopky již tehdy likvidovaly starověká města, stačí si například vzpomenout na rok 79, kdy erupce Vesuvu smetla z povrchu Země Pompeje a Herculaneum (Novák, 2011).

Ačkoliv jsme o dvě desítky století dál, nedokážeme sopečnou činnost regulovat o mnoho lépe než naši předci ve starověku. Nicméně proti nim přece jen máme na své straně moderní techniku, takže i když nejsme schopni přírodní katastrofy odvrátit, dokážeme se na ně alespoň připravit a tím odvrátit nejhorší následky. Problémem je ale to, že velké množství sopek se nachází v chudých zemích, které si nemohou dovolit nákladné systémy včasného varování, takže i v současné době dochází ke skutečným přírodním katastrofám, ať je to samotná erupce, následná tsunami nebo spad pyroklastických částic (ztuhlé magma i kusy hornin sopečného kužele, které jsou při explozi rozmeteny po okolí) a mračna sopečného popela (Novák, 2011).

2 PŘEHLED POZNATKŮ

Tato práce se bude věnovat Etně, jedné z aktivních evropských sopek, která se dokonce v roce 2013 dostala na seznam přírodních památek UNESCO. Práce popíše sopečnou činnost jako takovou, upřesní pojmy a objasní, jakým způsobem se podílí na změnách klimatu a celkovým změnám životního prostředí. Zaměří se na samotnou Etnu, její historii od vzniku po současnost a také na erupce, které ovlivnily život na Sicílii a v Itálii, ale i leteckou dopravu nad oblastí a pochopitelně důsledky erupcí na životní prostředí.

Důležitou součástí bude také pohled na to, jaká je prognóza samotné sopky, ale i jakým způsobem je v současnosti chráněno obyvatelstvo. Vzhledem k tomu, že sopečná činnost jako projev žhavého nitra Země nikdy neustane, je nutné být připraveni na všechny alternativy, které mohou ve spojitosti s ní nastat.

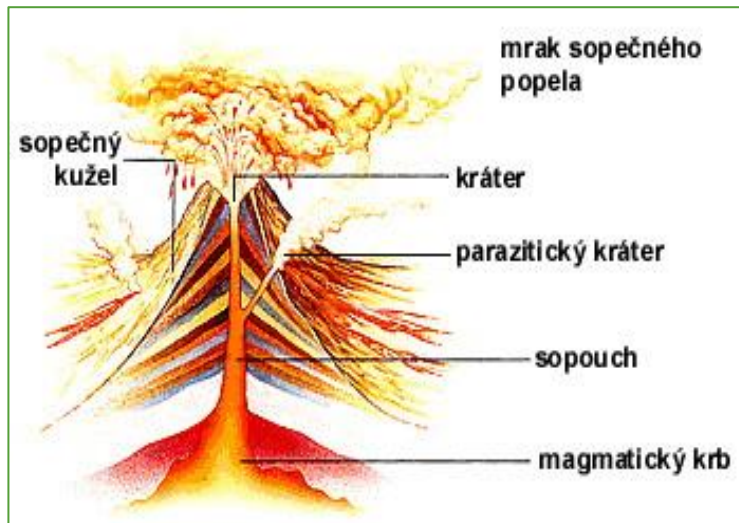
2.1 Sopečná činnost

Sopečnou činnost můžeme označit za nejviditelnější a nejefektivnější projev vnitřních energetických procesů planety Země (Obrázek 1). Probíhá už od samé existence planety a její podstatou je průnik magmatických hornin z nitra planety směrem k povrchu. Nejvíce sopek se proto vyskytuje na hraně tektonických desek a souvisí s jejich pohybem. Proto se také sopky vyskytují nejen na pevnině, ale i v oceánech. Sopečná činnost je tvořena nejen výrony magmatu, ale i různými výrony par a plynů, stojí také za aktivitou gejzírů a termálních pramenů. Samotná sopečná činnost je často doprovázena zemětřeseními, která způsobuje právě pohyb magmatu směrem k povrchu Země. Vzhledem k tomu, že magma vzniká tavením hornin za velmi vysokých teplot 650 °C–1200 °C, uvolňují se i druhotné látky jako plyny, které je směřují vzhůru (Jíra, 2010).

Zároveň také často dochází k subdukci desek a tím zvýšení tektonického tlaku nebo ke zvýšení rozpadu radioaktivních izotopů v tavených horninách, což obrovsky zvyšuje energii sopečné exploze. Tlakem a teplotou vznikne sopouch – jakýsi kanál, který vede na zemský povrch a vytvoří kráter, kterým pak vyvěrá magma a stává se lávou. Ta chladne a spolu s pyroklastikou vytvoří tvar budoucí sopky, většinou je to kužel nebo kopec. Sopka může mít více kráterů i netradiční tvary (Jíra, 2010).

Obrázek 1

Průřez sopkou



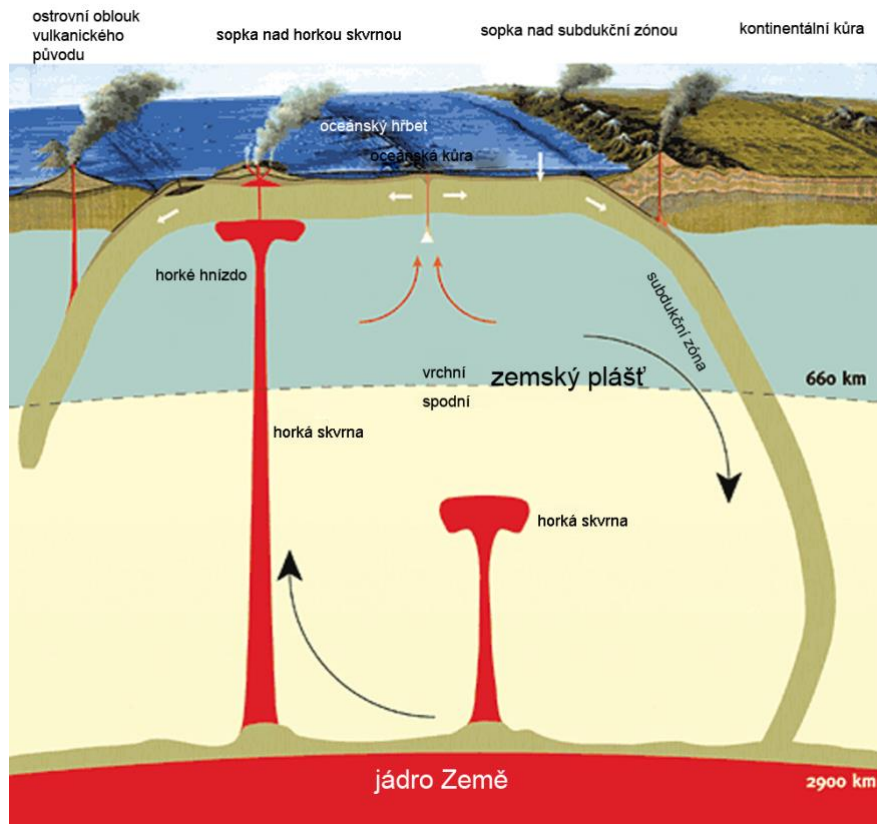
Poznámka. (Jíra, 2010)

2.1.1 Sopky

Sopečná činnost neprobíhá jen na povrchu Země, ale jedná se o rozsáhlé děje i pod mořskou hladinou. Z tohoto důvodu rozlišujeme několik různých forem této sopečné činnosti. Obrázek č. 2 dokumentuje, jakým způsobem se magma dostává na zemský povrch nebo prostupuje mořským dnem (Jíra, 2010).

Obrázek 2

Vznik sopky



Poznámka. (Jíra, 2010)

Sopky dělíme podle jejich činnosti na aktivní, vyhaslé a spící. Aktivní sopky jsou takové, které nepřestaly projevovat svou aktivitu, byť je to jen v podobě pramínku kouře, či obláčku vodních par nad kráterem. Většina aktivních sopek ale čas od času vyprodukuje i pyroklastiku nebo lávu. Za vyhaslé sopky jsou považované ty, které svou aktivitu již dlouho neprojevily a nemají již přívod magmatu z hlubiny Země. Je těžké stanovit, za jakou dobu lze sopku prohlásit za vyhaslou, protože například kaldery (tvar stratovulkánu v podobě kotlovité prohlubně tvaru kráteru o průměru několika kilometrů) supervulkánů se mohou jevit jako naprosto pusté, ale přesto po stovkách tisíc let mohou znovu ožít (Sigurdsson et al., 1999).

Kaldera v Yellowstone má periodu aktivity okolo 700 000 let. Nicméně se předpokládá, že sopky, které nebyly činné po několik tisíc let, je možné považovat za vyhaslé. Ty, u kterých se to určit nedá, jsou považovány za spící a v rámci možností jednotlivých zemí je jejich vnitřní aktivita monitorována (Sigurdsson et al., 1999).

Sigurdsson et al. (1999) dělí sopky podle:

1. Materiálu, z kterého jsou složeny:

- Tufové sopky – z nesouvislých sopečných vyvrženin (Obrázek 3).

Obrázek 3

Tufová sopka



Poznámka. (Bokr, 2004)

- Lávové sopky – vytvořené především lávovými výlevy (Obrázek 4).

Obrázek 4

Lávová sopka



Poznámka. (Felner, 2019)

- Stratovulkány – ty tvoří střídání nahromaděného pyroklastického materiálu a lávových výlevů (Obrázek 5).

Obrázek 5

Stratovulkán



Poznámka. (Anonymous, 2022)

2. Způsobu erupce:

- Centrální – magma přichází na povrch sopouchem (těchto sopek je naprostá většina)
- Lineární – se magma dostává k povrchu po tektonických strukturách a hlubokých puklinách
- Areální – při které se magmatické těleso dostane k povrchu země a protaví se do nadložních hornin.

3. Typu erupce:

- výlevné (efuzivní) - vylévají lávu z kráteru
- výbušné (explozivní) - prvotní erupce plynu

Efuzivní typy jsou typické převážně klidnými výlevy bazaltových láv, můžeme je najít nad horkými skvrnami kolem středo oceánských hřbetů, charakteristické jsou například pro Island, proto je nazýváme islandská erupce (Parfitt & Wilson, 2009).

Druhým typem projevu výlevné sopky je havajská erupce, kdy tekutá bazaltová láva vytéká klidně z jícnu sopky, případně z trhlin na jejích svazích. Tento typ je charakteristický pro horké skvrny pod oceánem, kdy sopečnou činností vznikají ostrovní řetězce tvořené mohutnými štítovými sopkami (Parfitt & Wilson, 2009).

Při havajském typu erupce dochází k vytváření toků lávy, někdy dokonce celých lávových jezer. V počátku erupce může někdy docházet i k ohnivým fontánám díky množství uvolněného plynu, které mohou dosahovat až výšky jednoho kilometru (Parfitt & Wilson, 2009).

Explozivní typy erupcí většinou dostaly název podle některé ze sopek. Strombolský typ byl pojmenován po italské sopce Stromboli. Tento typ erupce vyvrhuje plynné exploze žhavé lávy až do výše 200 m, která potom dopadá na povrch jako struska. Typické je také období silnější a slabší činnosti, nicméně sopka nikdy není nečinná. K tomuto typu sopek patří i Etna (Parfitt & Wilson, 2009).

Peléjský typ získal název po sopce Mount Pelée na ostrově Martinik. Má vysoké erupce až desítky kilometrů, ale po určité době dochází ke kolapsu dómu s lávou, a erupce se změnila z plynné exploze na silné a rychle se pohubující toky horkého plynu, hornin a popela, které navíc pohání gravitace, takže jsou jednak velmi ničivé, ale hlavně silně nevyzpytatelné (Parfitt & Wilson, 2009).

Vulkánský typ také nese název sopky, a to italského Volcana na Liparských ostrovech. Jeho erupce běžně chrlí popel do výšky 20 kilometrů, navíc na rozdíl od strombolského typu jej rozptylují na mnohem větší plochu. Sopka bývá trvale aktivní, funguje v periodické aktivitě, kdy většinou dochází jen k erupcím plynu, velmi zřídka doprovázených i výlevy tekuté lávy. K tomu dochází v případě, že viskózní láva ztuhne v jícnu sopky, takže po čase tlak plynů po čase prorazí kráter, výbuch je pak doprovázený vývrhem tefry (Parfitt & Wilson, 2009).

Pliniovský typ se sice nejmenuje po sopce, nicméně je s ní také svázán, a to s Vesuvem. Název dostal po římském filozofovi Pliniovi mladším, který velice podrobně popsal ničující erupci Vesuvu v roce 79 n. l., která zasáhla Herculaneum a Pompeje. Tato erupce bývá z hlediska exploze nejmocnější. Plyny a pyroklastika mohou být vyvrhovány až do výše 45 kilometrů. Současně dochází k silnému výronu lávových proudů (Parfitt & Wilson, 2009).

Surtseyánský typ – pojmenován po ostrově Surtsey, který vznikl v roce 1963 u pobřeží Islandu. Erupce není nijak masivní, ale dochází k vzájemnému působení horkého magmatu a mořské vody na mělčině. Tímto způsobem vznikají mnohé ostrovy sopečného původu (Parfitt & Wilson, 2009).

Vzhledem k tomu, že velikost a síla erupce potřebuje mít možnost srovnání, používá se k tomu tzv. index sopečné aktivity VEI-Volcanic Explosivity Index (Obrázek 6). Každý nárůst o jeden bod na škále znamená desetinásobný nárůst velikosti a síly erupce ve skutečnosti (Durward & Scheffel, 1996).

Obrázek 6

Index sopečné aktivity

Vulkanismus – index vulkanické aktivity

- VEI – Volcanic Explosivity Index

VEI	Výška sopečného oblaku (km)	Objem vyvrženého materiálu (m ³)	Frekvence erupce
0	< 0,1	10 ⁴	20 - 30 do roka
1	0,1 - 1,0	10 ⁶	1x za den
2	1 - 5	10 ⁷	2x za týden
3	3 - 15	10 ⁸	3x za rok
4	10 - 25	10 ⁹	1x za rok
5	> 25	10 ¹⁰	1x za 10 let
6	-	10 ¹¹	1x za 100 let
7	-	10 ¹²	1x za 1000 let
8	-	10 ¹³	1x za 10 000 000 let

Poznámka. (Seach, 2021)

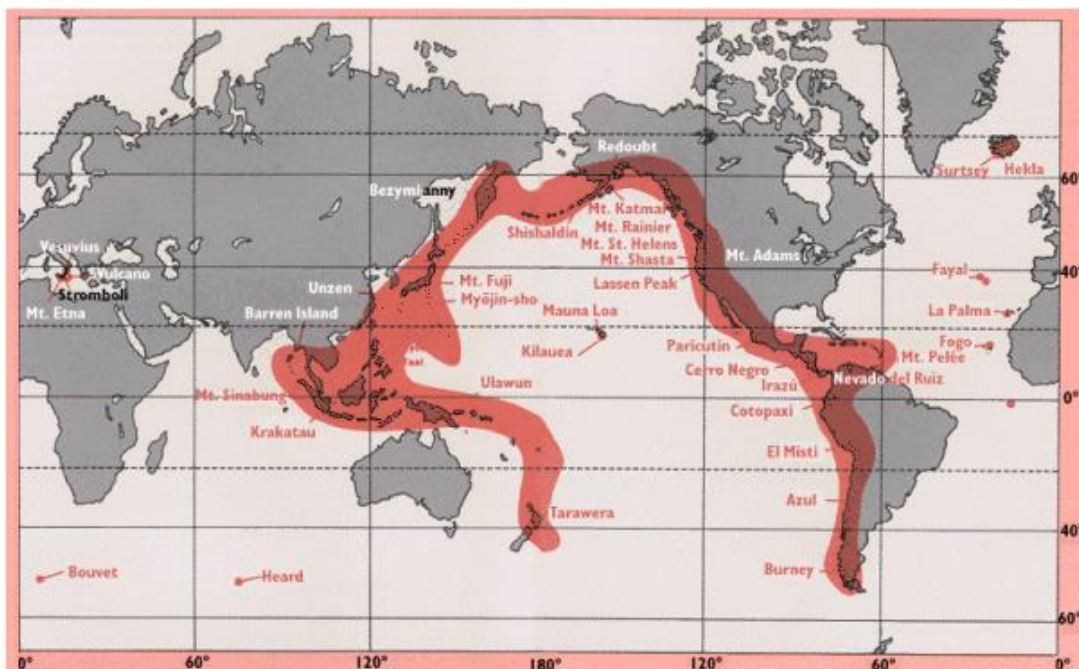
2.1.2 Vliv na změny klimatu

Hovorka (1990) tvrdí, že téma změny klimatu je v současnosti na denním pořádku. Je proto zcela logické se zabývat vlivem sopečné činnosti na životní prostředí. Ačkoliv sopky nechrlí dennodenně tuny popela a lávy a ke skutečně kolosálním erupcím dochází zřídka (viz tabulka), přesto se podílejí na změnách klimatu velkou měrou. Je to zapříčiněno především tím, že byt' jediná erupce sopky dokáže uvolnit takové množství prachový částic, že znemožní leteckou dopravu nad oblastí a částice se ve vzduchu pohybují po velmi dlouhou dobu. Nicméně je stále složité uvést konkrétní míru rozsahu vlivu na prostředí.

Vycházíme tedy především z minulosti, kde můžeme posoudit, jaký vliv přinesla erupce na tehdejší ekologické systémy. Stačí jen zmínit pravděpodobnou účast erupce supervulkánu, který se považuje za jeden z důvodů vyhynutí dinosaurů. Paleontologové, kteří se pokoušejí ztvárnit obraz tehdejšího světa, musí vycházet z pravděpodobnosti sopečné aktivity v dané oblasti na Obrázku 7 (Hovorka, 1990).

Obrázek 7

Rozložení historicky aktivních sopek na Zemi



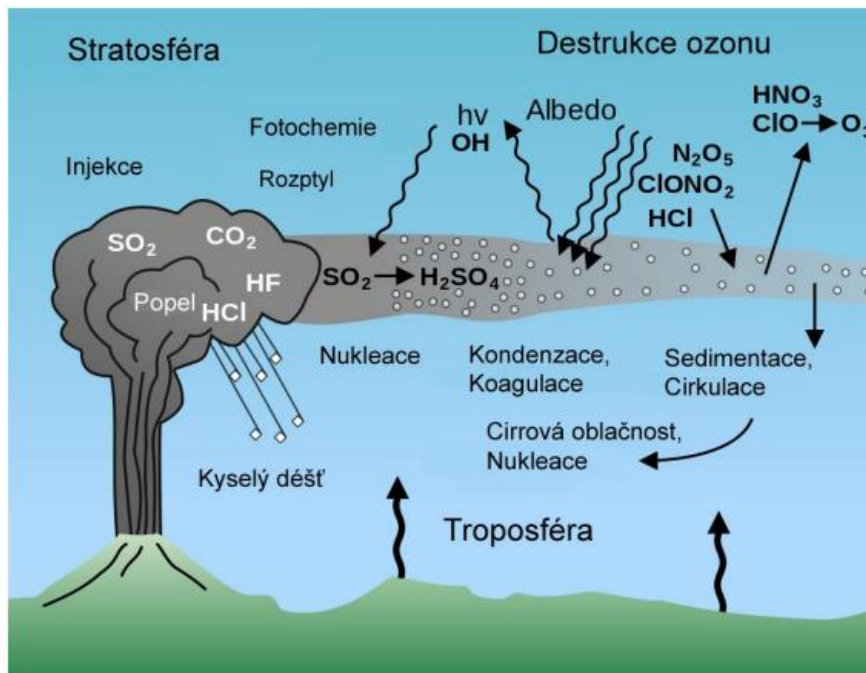
Poznámka. (Sigurdsson et al., 1999)

Vliv vulkanismu na klima je dvojího druhu. Změny se týkají buď zásahu do lokálního klimatu nebo do globálního měřítka. Tento rozměr není ovlivněn jen samotnou velikostí erupce, ale i dobou jejího trvání a obsahem látek, které byly samotnou erupcí uvolněny. Stejně tak je ukazatelem výška erupce, protože čím výše se plyny dostanou, tím větší území ovlivní. Vodní pára a oxid uhličitý vytváří skleníkový efekt, který následně zapříčiňuje oteplování atmosféry. Vodní pára ve spojení s oxidem síry pak navíc vytváří kyselinu sírovou a vrací se na zemský povrch v podobě kyselých dešťů (Parfitt & Wilson, 2009). Zde působí škody nejen na planktonu, ale i vodních živočiších, zhoršují fotosyntézu rostlin a jejich nedostatečnou výživu. Největším problémem v globálním měřítku je ale stále se zvyšující množství plynů SO_2 a CO_2 , sloučeniny dusíku zase mají vliv na některé konkrétní ekosystémy (Sigurdsson et al., 1999).

Oxid siřičitý SO_2 se přemění na kyselinu sírovou H_2SO_4 , která vytváří jemný sulfátový aerosol, který způsobuje kondenzaci v mracích (Obrázek 8). Sluneční záření se odráží zpět do vesmíru a neproniká k povrchu Země, ale zato je zachytáváno právě aerosoly ve stratosféře a vede k jejímu ohřívání. Další látky, jako dusík a chlór vytvářejí kyselinu chlorovodíkovou HCl a oxid dusičný N_2O_5 , a ty zase ztenčují a narušují ozónovou vrstvu (Hovorka, 1990).

Obrázek 8

Chemické procesy v ovzduší po explozi sopky

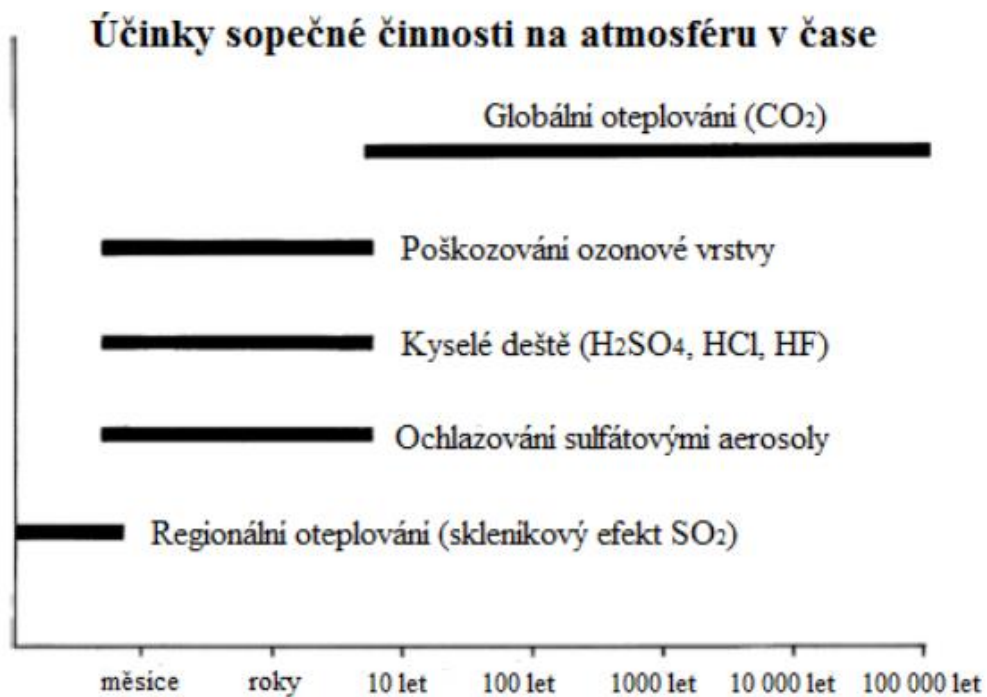


Poznámka. (Sigurdsson, 1999)

Z tabulky (Obrázek 9) vyplývá, že zatímco některé účinky odezní již po měsících od erupce, většina ale zůstává v tak vysokých vrstvách atmosféry a stratosféry, že se rozptýluje jen velmi pomalu a jedná se o proces trvající i desítku let (Hovorka, 1990).

Obrázek 9

Působení sopečné činnosti v závislosti na čase



Poznámka. (Hovorka, 1990)

2.2 Etna

Etna je nejvyšší činná sopka. Nachází se na východním pobřeží Sicílie (Obrázek 10), poblíž měst Catania a Messina. Je vysoká 3329 metrů nad mořem, nicméně ještě v roce 1981 měřila o 21 metrů více (3350), než kvůli uvolnění magmatu po erupci došlo k jejímu poklesu. Jedná se o stratovulkán. Její rozloha je 1750 km², samotná báze má obvod kolem 210 km a rozměry cca 38 × 47 km. Je to největší aktivní sopka v Itálii, dokonce 2,5krát větší než Vesuv. Její originalita byla oceněna v roce 2013, kdy Etna byla zapsána mezi přírodní památky Světového dědictví UNESCO (Rodwell, 2015).

Etna je jedna z nejvíce aktivních sopek na světě. Její aktivita se v podstatě nikdy nezastavila a projevují se různými typy sopečných erupcí od strombolského po pliniovský. Původně měla jen jeden kráter, který se po propadu po erupci v roce 1911 rozdělil a pokračovala jeho destrukce (Sigurdsson et al., 1999).

Obrázek 10

Mapa Sicílie



Poznámka. (Synek, 2005)

V současnosti má sopka vrcholy čtyři a to Voragine, Bocca Nuova, Severovýchodní a Jihovýchodní kráter. Severovýchodní kráter vznikl v roce 1911, Voragine v roce 1964, Bocca Nuova v roce 1968 a Jihovýchodní kráter v roce 1971. Vrchol Etny je po celý rok pokrytý sněhovou pokrývkou. Sopka také obsahuje několik kalder (rozsáhlý kráter o průměru několika kilometrů až desítek kilometrů) nejvýznamnější je Ellittico Caldera vzniklá před 14 000 až 15 000 roky (Bembo, 2002).

Sopka ale rozhodně není celistvým kuželem s krátery a kalderami. Přes celý kužel prochází zlomová oblast, ve které se vytvářejí tlakem a teplotou různé praskliny, kterými potom magma vyvěrá na povrch i bez erupcí. Láva zastydne a vytváří různá tělesa, jako jsou struskové nebo tufové kužele. Uvádí se, že jich je kolem tří set, ale stále vznikají nová (Rodwell, 2015).

Nad těmito puklinami často vznikají menší parazitické kužele či kužele z nasypané strusky nebo tufy, celkový počet takovýchto těles je přes tři sta. Některé z nich zcela zaschly, jiné jsou v podstatě nové malé sopky, ze kterých občas proudí i láva. Tyto větší mají dokonce i vlastní pojmenování, jako Monte Barca nebo Monti Rossi. Kvůli existenci těchto kuželů hrozí větší nebezpečí obyvatelům žijícím v okolí sopky, protože některé dosahují až velikosti desítek metrů a jejich orientace mění směr toku lávových proudů (Rodwell, 2015).

Důvod, proč je Etna tak dlouho činnou sopkou s neustálými výrony plynu a lávy, je ten, že se nachází na hraně tří zlomových systémů Monte Kumeta – Alcantara, Messina – Giardini a Tindari – Letojanni. To umožňuje magmatu zásobovat sopku neustále novým materiálem. Z neustálé činnosti plynou právě i změny ve tvaru sopky a počtu kráterů, protože každá větší erupce modifikuje samotné těleso sopky. Největší nebezpečí Etny je v tom, že se nachází v hustě obydlené oblasti, což samozřejmě znamená riziko značných materiálních škod i obětí na životech. Z tohoto důvodu byla společně s dalšími patnácti rizikovými světovými spkami zapsána do seznamu Decade Volcanoes (Sopky desetiletí). Tento seznam sopkám zajišťuje větší pozornost vědecké obce a umožní podrobný průzkum její sopečné historie, ale i dostatek financí na kvalitní systém včasného varování (Rodwell, 2015).

Vzhledem k tomu, že sopečná půda je velmi úrodná, na svazích sopky se daří jak vinné révě, tak ovocným sadům, které jsou rozmístěny v nižších oblastech svahů sopky a na jižní straně v rovině Catania (Rodwell, 2015).

2.2.1 Historické zmínky

Vzhledem k tomu, že Etna je nejvíce a nejdéle sledovaná sopka, můžeme při jejím hodnocení nebo prognózách vycházet z historických záznamů, protože informace o ní existují už takřka 2000 let. Od 17. století pak existují záznamy o jejím pravidelném sledování. Vraťme se ale na počátek. Podle údajů získaných při geologickém a seismickém zkoumání sopky pravděpodobně Etna vznikla již před 80 milióny lety v důsledku popraskání africké litosférické desky. Sám stratovulkán se pak vytvořil během masívních erupcí v době pleistocénu a holocénu (Chester et al., 1985).

Samotnou sopečnou činnost vulkánu aktivizovaly podmořské erupce, jejichž pozůstatky můžeme dodnes najít okolo města Acicestello v podobě zkamenělé polštářové lávy. Největší aktivita Etny se začala projevovat mezi 35 000 až 15 000 lety, kdy docházelo k obrovským explozivním erupcím spojeným s mohutným pyroklastickým proudem, který v podstatě samotnou sopku rozšířil i zvýšil (Chester et al., 1985).

Sopka dlouho vydržela v podstatě v neměnném tvaru, než teprve před řádově několika tisíci lety (cca 6000 př. n. l.) došlo na východním svahu hory ke katastrofickému kolapsu, který znamenal obrovský sesuv na východní straně, a vznikla kaldera o rozměrech 5 × 7 km. Existují geologické důkazy, že tsunami, vzniklá sesuvem, dorazila až na pobřeží dnešního Izraele. Sesuvy se několikrát opakovaly, naposledy došlo ke kolapsu stěny kráteru přibližně před 2000 lety (Bembo, 2002).

Vytvořila se kaldera dnes známá jako *Piano Caldera*. Předpokládá se, že vznik této dva a půl kilometru široké kaldery se odehrál v roce 122 př. n. l. ve spojitosti s tehdejší mohutnou explozivní erupcí (Bembo, 2002).

Nejstarší záznamy o erupcích Etny pocházejí ze starověku. Římští historici uvádějí, že v roce 396 př. n. l. erupce Etny zabránila Kartágincům napadnout Syrakusy během první sicílské války (Bembo, 2002). Kolem roku 122 př. n. l. pak udeřila silná explozivní erupce pliniovského typu s pyroklastickým sloupem tvořeným plyny, popelem a pevnými částicemi, která silným spadem tefry zasáhla město Catania, kde zničila střechy. Jak můžeme najít v záznamech, již tehdy římská vláda rozhodla o pomoci postižené oblasti, a to tím, že občané v oblasti nemuseli platit daně po dobu deseti let (Bembo, 2002).

V roce 1169 zemětřesení těsně před erupcí zabilo na Sicílii 15 000 lidí. Navzdory nebezpečí života v blízkosti aktivní sopky se ale lidé do svých domovů vrátili, protože půda na svazích sopky je velmi úrodná, takže znovu bylo postaveno mnoho malých vesnic u jejího úpatí. Díky kronikářům raného novověku je zachyceno i období od roku 1600, kdy popisují více než 30 erupcí různé síly a typu (Bembo, 2002).

K nejsilnější došlo roku 1669, kdy opět nepostiženějším bylo město Catania. Navíc země běsnila už před příchodem erupce, kdy došlo k silnému zemětřesení, a dokonce se otevřela trhlina z Nicolosi až k centrálnímu kráteru. V této trhlině se vytvořily kužely malých sopek, které začaly aktivně chrlit lávu po celé délce trhliny (Chester, 1985).

Erupce v roce 1669 a zemětřesení z roku 1693 na východní Sicílii byla největší historickou erupcí Etny, která měla průtokové pole o rozloze cca 40 km² a maximální délka toku cca 17 km, zatímco ten druhý, k němuž došlo jen o 24 let později, zabil 11 000-20 000 z odhadovaných 20–27 000 obyvatel Catanie a mnoho dalších v menších osadách. Pomocí kombinace terénního výzkumu, dobových zpráv a archivních pramenů jsou autoři schopni vyvodit řadu závěrů. Za první erupce z roku 1669, ačkoli nezabila ani nezranila, byla ekonomicky nejničivější z historických erupcí. Přestože zasáhla omezenou oblast, záplava lávou znamenala, že půda byla po staletí účinně sterilizována a v předindustriálním hospodářství založeném na zemědělství nemohlo dojít k rychlé obnově bez vnější pomoci ze strany státu (Branca, 2015).

Několik erupcí během příštích několika týdnů zabilo více než 20 000 lidí a tisíce dalších bez domova. Většina obětí se mohla zachránit útekem, ale zůstala v marném pokusu zachránit své město. Kronika popisuje, jak Etna, když začala dunět a chrlit plyn, obyvatelé zvyklí na erupce se ani neznepokojovali. Tentokrát ale plyn obsahoval jedovaté složky a kolem 3000 lidí žijících přímo a svazích zemřelo na otravu plynem. Poté přišla emise popela a roztavené lávy. Popel se dokonce objevil až v jižní části Itálie, což bylo i 100 kilometrů daleko. Láva začala proudit po jižní straně hory směrem k městu Catania, které v té době mělo 20 000 obyvatel. Hrdinný obyvatel města, Diego de Pappalardo, dal dohromady tým 50 mužů a vydali se na Etnu, kde se pokusili odklonit lávový proud mimo město (Chester, 1985).

Muži pochopitelně neměli žádné speciální obleky, jen kravské kůže namočené ve vodě, ale i tak se dostali až k tekoucí lávě a dlouhými železnými tyčemi, kleštěmi a lopatami dokázali prorazit otvor ve ztvrdlé lávové stěně. Velká část proudu začala téct z nové díry, což se nelíbilo obyvatelům druhého města, Paterna, protože kdyby lávový proud zesílil, ohrozil by jejich město. Nicméně zatímco de facto bojovali s Catánci, proražená díra pomalu chladla a znovu se uzavřela. Obyvatelé doufali, že se už láva zastaví a že je ochrání starobylé kamenné obranné zdi města (Chester, 1985).

Láva velice rychle tato opevnění zničila a usmrtila asi 17 000 obyvatel. Nebyli navíc jediní. Erupce zničila 14 měst a vesnic. Kromě škod na životech zanechala přes 27 000 lidí bez střechy nad hlavou. Po této katastrofě bylo vydáno rozhodnutí, že se zakazuje zasahování do přirozeného toku lávy (Chester, 1985).

Roku 1669 došlo po mohutné erupci k sesuvu, na jehož místě postupně vznikl kráter široký až 500 metrů. Byl nazván Centrálním kráterem. Tento kráter byl aktivní až do roku 1869, kdy vypadal, že vyhasl. Již v červenci 1763 v něm ale došlo k zatím nejsilnější zdokumentované erupci, při které lávová fontána tryskala až do výšky přes 3 kilometry a lávový proud se plazil 5 km (Chester, 1985).

Centrální kráter postupně rostl a na přelomu 19. a 20. století měřil od 150 do 200 metrů. Mezi roky 1916 až 1922 se pak v severní části kráteru ze zastydlého materiálu vytvořil kužel, který postupně kráter zaplnil, až vznikla v podstatě rovná terasa, která ale byla později zničena další erupcí (Chester, 1985).

Mezi roky 1916 až 1922 se pak v severní části kráteru ze zastydlého materiálu vytvořil kužel, který postupně kráter zaplnil, až vznikla v podstatě rovná terasa, která ale byla později zničena další erupcí (Chester, 1985).

2.2.2 20. století

Erupce roku 1928 začala v listopadu vysoko na severovýchodní straně sopky, ale níže se otevřela další trhlina, ze které začala proudit další láva. Po dvou dnech se otevřela ještě jedna, takže lávový proud tek l již třemi směry. Spodní trhlina se ale otevřela přímo nad vesnicí Mascali, která byla lávou během dvou dnů zcela zničena, přežil pouze kostel a pár budov v severní části obce. Láva zasáhla i zastávku v Mascali a poškodila trať mezi Messinou a Catanií. Roku 1928 došlo ke zničení železniční stanice v Castiglione. Erupce vážně ovlivnila úrodu a lesy a poškodila vesnici Cerro a Catena na předměstí Linguaglossa (Rodwell, 2015).

Na začátku erupce se předpokládalo, že bude v ohrožení jen S. Alfio. Později, když byly ohroženy Mascali a další osady, bylo státními úředníky zorganizováno náhradní ubytování, které se nacházelo mimo jiné ve školách, kostelech, železničních stanicích. Ale většina lidí našla útočiště u příbuzných, přátel a pronajatých bytech (Rodwell, 2015).

Rodiny se s katastrofou vyrovnaly racionálním způsobem, bez nějaké větší paniky. Zveřejněné zprávy a týdeníky ukazovaly, jak si lidé klidně zachraňují svůj majetek. Dokonce i střešní tašky a okenní rámy. Spořádaným, i když rezignovaným způsobem (Rodwell, 2015).

Někteří pozorovatelé erupce uvedli, že v Mascali měli lidé spoustu času naplánovat svou záchrannou operaci a evakuaci, která začala dlouho předtím, než láva dorazila do města. Pomáhali vojáci, a tak lidé měli přístup k vojenské dodávce nebo vagónu. Duchovní, kteří prováděli duchovní rituály a poskytovali podporu těm, kteří utrpěli nějaké ztráty, hráli významnou roli při evakuaci (Dibben, 1999).

Nejhorší ale bylo, že tragédii mnoha stovek rodin zneužil fašistický režim Benita Musolinioho k vlastní propagandě. Vesnice Mascali byla vybudována na jiném místě a nad sochou Ježíše Krista před přeživším kostelem byla umístěna pochodeň – tehdejší symbol italských fašistů (Chester et al., 1985).

V letech 1930–1940 docházelo k opakovaným menším erupcím, které měly za následek vznik několika menších kuželů. Z nich nejvýznamnější, protože existuje doposud, byl právě kužel, ze kterého později vznikl dnešní kráter Voragine. V roce 1964 došlo k erupcím v prasklině pod tímto kráterem, což vedlo k výronu nového materiálu a definitivnímu uzavření původního Centrálního kráteru (Vulkan Ätna, 2022).

V roce 1968 pak vznikl další současný kráter, Bocca Nuova. Jeho vznik byl velmi náročný na spotřebu materiálu, protože z původního průměru se kráter o šíři 8 metrů se za 30 let existence zvětšil až na 350 metrů, kterých dosáhl v roce 1997. Zvětšení kráteru také znamenalo snížení nadmořské výšky Etny na 3310 metrů. Postupně docházelo k tuhnutí materiálu v kráteru, ale zcela vyhasl, či byl vyplněn až v roce 1999 (Vulkan Ätna, 2022).

Dva zbývající krátery jsou nejmladší a také se jedná o výsledek kolapsu. Začaly vznikat podobně jako výsledek kolapsu kužele na svahu sopky. Severovýchodní kráter se začal tvořit v 50. letech a trvalo mu v podstatě dvacet let, než se dotvořila i jeho hlavní část. Mezi lety 1991 až 1993 ale došlo k sérii kolapsů, které kráter zmenšily a v roce 1998 se při silné erupci kráteru Voragine došlo k sesuvu jižního svahu. Severovýchodní kráter je charakteristický velice silnými zvykovými efekty při erupcích. Jihovýchodní kráter začal vznikat v roce 1971, ale až do roku 1978 to vypadalo, že vyhasl. Ještě téhož roku se ale postaral o šest erupcí. Je typický tím, že se projevuje převážně lávovými fontánami. Nejvyšší velikosti i výšky dosáhl v roce 2001, a to 3300 metrů nad mořem (Parfitt & Wilson, 2009).

Rok 1971 se celkově nesl v duchu destrukce. Láva nejdříve zničila observatoř z 19. století a poté lanovku vedoucí k vrcholu. Ve vážném ohrožení byly i obce Sant Alfio a Fornazzo, jejichž obyvatelé byli včas evakuováni. Láva se naštěstí zastavila v dostatečné vzdálenosti od obcí. Další města ohrožená lávovým proudem měla také štěstí. Randazzo těsně uniklo zničení rychlými lávovými proudy v roce 1981, naštěstí je charakteristika přírodního terénu mírně odklonila a prohnaly se těsně vedle města. Zafferano takové štěstí nemělo, protože v letech 1992 a 1993 láva směřovala přímo do něj (Rubin, 2008).

Naštěstí již bylo možné využít moderní techniku, takže nejprve do cesty lávy byly postaveny kamenné valy, které měly pomoci vytvořit tuhnoucí lávové jezero, ale to se plnilo rychleji, než stihlo tuhnout a hráze prorazilo. Proto byly následně použity výbušniny, které měly za úkol přerušit lávové kanály, což se podařilo. Po zničení hlavního lávového tunelu láva začala téct novým uměle korytem, které jí odvedlo daleko od Zafferana (Rubin, 2008).

Všechny čtyři krátery se mezi lety 1995 až 2001 probudily k aktivitě. Nicméně právě to, že byly aktivní najednou, znamenalo, že se odčerpala síla vložená do jediného kráteru, takže nedošlo k ohrožení obyvatelstva a až do roku 2001 dokonce ani lávovému výlevu. Výlev, který nastal na jaře 2001, byl ze sedmi prasklin na jižním svahu, byl velice silně sledován, protože jednak byla erupce poměrně dobře viditelná právě orientací na svahu a jednak v té době v Itálii probíhalo jednání G8, takže všichni reportéři, kteří původně přijeli kvůli státníkům, si nenechali ujít příležitost nasnímat erupce. Na výron lávy doplatila nová horní stanice lanovky a také některé domky sloužící jako zázemí pro turisty (Mindat.org, 2021).

2.2.3 21. století

Po erupci v roce 2001 (Obrázek 11), poměrně brzy následovaly další. Na podzim 2002 a na přelomu roku se odehrály další silné erupce, přičemž jedna byla nejsilnější za posledních 150 let. A to jak havajského, tak strombolského typu erupce. Byla dokonce viditelná z vesmíru. Erupce byla tak silná proto, že došlo ke kontaktu magmatu s podzemní vodou, což mělo za následek nárůst vnitřního tlaku. Popel a pyroklastický prach se dostaly až k řeckému ostrovu Kefalonia (přes 600 km daleko) a do Lybie (Ralph, 2000).

Během trvalé erupce, ke které došlo v říjnu až listopadu 2002, dopadlo obrovské množství sopečného popela na hustě obydlenou oblast jihovýchodně od Etny v provincii Catania – největšího města poblíž sopky s více než 300 000 obyvateli. Pád sopečného popela způsobil rozsáhlé škody na infrastrukturách a zdraví zasažené populace (Lombardo et al., 2013; Barsotti, 2010).

Obrázek 11

Erupce Etny 2001



Poznámka. (Vesuvanka, 2021)

Sesuv východního svahu o dva metry, který nastal, znamenal jak poškození budov na něm, tak zničení turistické stanice Piano Provenzana a část stanice Etna Sud, která již byla jednou zničena erupcí v roce 1983. Záznam erupce byl dokonce použit později, v roce 2005 ve filmu *Star Wars: Epizoda III* (Ralph, 2000).

Na rok a půl se Etna v podstatě uklidnila a vrátila se "k normálu", tedy k drobnějším výlevům lávy ve vyšších oblastech, kde nic neohrozily. Ve druhé polovině roku 2006 se probudil Jihovýchodní kráter a došlo silnějším erupcím, na které navázaly čtyři lávové fontány vždy zhruba po 14 dnech v období od března do května 2007. Poté sopka přešla na strombolský typ erupce a začala chrlit popel (Parfitt & Wilson, 2009).

V říjnu pak oblast Jihovýchodního kráteru hlasitě explodovala, láva byla chrlena až do výše kolem 400 metrů a pyroklastika dopadala na okolní města i vesnice. K ránu se situace uklidnila, ale i tak muselo zůstat uzavřeno letiště v Catanii, aby nedošlo k ohrožení leteckého provozu. Kráter se ale odmlčel jen na měsíc a koncem listopadu znova předvedl svou sílu v podobě šest hodin trvající erupcí (Parfitt & Wilson, 2009).

Poté nastal relativní klid až do 10. května 2008, kdy se po čtyřhodinovém chrlení lávy dostalo několik lávových proudů až do oblasti Valle del Bove, nicméně svou roli sehrálo i špatné počasí, ve kterém láva rychle chladla, takže naštěstí nezpůsobila velké škody. Jako by si to ale Etna chtěla vynahradiť, hned 13. května ráno spustila novou erupci, kterou doprovázelo 200 menších zemětřesení (Rubin, 2008).

Dokonce došlo opět k narušení pláště sopky. Otevřely se dvě nové praskliny ve výšce 2650 a 3050 metrů, a to strombolským typem erupcí, které začaly vyvrhovat velké množství pyroklastiky i lávových proudů, jež začaly opět klesat do Valle del Bove (Rubin, 2008).

Muselo dojít k evakuaci vesnice Milo, ale naštěstí láva zakončila svůj postup asi 3 kilometry od vesnice. Postupně znovu narůstalo chrlené množství popela, ale lávové proudy se vylévaly jen na několik set metrů, takže neohrožovaly obydlené oblasti. Nad sopkou se vytvořilo mračno z popela, které další 14 dní zhoršovalo ovzduší kolem sopky. 8. června ale znovu došlo k náhlému zvýšení aktivity a dalším strombolským erupcím a vzniku 4 km dlouhého lávového proudu. Výlevy pokračovaly až do léta, kdy postupně slábly. Listopad 2008 přinesl další "překvapení" v podobě erupcí na opačném svahu Etny, které naštěstí neměly takovou sílu, ale o to déle, více než půl roku, trvaly (Rodwell, 2015).

K další erupci strombolského typu v Jihozápadním kráteru došlo 7. listopadu 2009, která byla jen o den později následována zemětřesením o síle 4,4 (Ralph, 2000).

Vytvořila se nové kolapsová jáma, ze které vyvěraly především horké plyny, ale občas vyletovaly i kameny. Měření ukázala, že tlak uvnitř sopky sílí, ale další erupce nepřišla. 25. srpna 2010 došlo k erupci větracího otvoru u kráteru Bocca Nuova. Výbuch byl neočekávaný a pravděpodobně byl způsoben náhlým uvolněním plynu a par zachycených pod zátkou kolapsového materiálu, která ucpávala průduchy. Výbuchy tohoto typu bývají jednak nečekané a jednak ničivé, takže bylo štěstí, že nedošlo k žádným zraněním (Smithsonian Institution, 2013).

Zprávy z toho dne srovnávaly výbuch s obdobným v roce 1971, který zabil několik turistů, takže přístup do oblasti byl dočasně preventivně uzavřen (Novák, 2011).

Sopka dlouho neodpočívala a už 12. ledna 2011 ve večerních hodinách předvedla erupci s 3500 m vysokými lávovými fontánami a dlouhým lávovým proudem. Fontány trvaly nepřetržitě hodinu a třičtvrtě, proud směřoval do Valle del Bove, ale naštěstí se dostal jen do výšky 1630 m. Popel se dostal až na jižní pobřeží Sicílie. Erupce najednou skončila tak rychle, jak začala, takže panovaly obavy, že se erupce ještě vrátí, což potvrdili i vědci monitorující sopku (Novák, 2011).

Přesto sopka sbírala síly až do 12. srpna, kdy byly zaznamenány první seismické otřesy a brzy ráno se také objevily emise plynů. Postupně se aktivita zvyšovala až do strombolské formy, ke které se přidal výlev lávy opět směrem k Valle del Bove. Lávový proud dosáhl délky 2,9 km, sopečný oblak se rozptýlil směrem na jihovýchod a tefra dopadla na města Zafferana a Milo.

Dopadla také až na jónské pobřeží do oblasti mezi městy Giarre a Acireale. Na další projevy nebylo potřeba čekat dlouho. Od února se začaly vracet amplitudy výronů jak lávy, tak popela, které nabíraly na síle během léta (Novák, 2011).

Potom ale jako by ustala činnost sopky a situace se opět uklidnila. Večer 2. října 2012 oznámila observatoř Etna (astrofyzikální observatoř na Etně (Mihulka, 2016)), že zaznamenala zvyšující se aktivitu. Ráno se objevila slabá strombolská aktivita v kráteru Bocca Nuova ze stejného otvoru v jihovýchodní části kráteru, který byl aktivní v červenci a srpnu (Novák, 2011).

V příštích dnech se aktivita pomalu zintenzivňovala a nad starým kuželem se během července až srpna vytvořil malý nový kužel, který se následně téměř úplně zhroutil. 5. října začal proudit nový lávový proud z nového kužele strusky v Bocca Nuova, stejně jako se vytvořil stálý oblak plynu nad kráterem. Amplituda sopečného třesu se rychle zvýšila večer 6. října a současně se zesílila erupční aktivita. Láva tekla směrem k Z části dna kráteru a pulzovaly lávové fontány. Intenzita erupční aktivity i amplituda sopečného třesu vyvrcholily těsně po půlnoci 7. října a z blízkých obydlených oblastí byla pozorována silná záře kráteru. Některé z lávových proudů stoupaly vysoko nad okraj kráteru. Aktivita poklesla v 04:30 a následující den klesla na nejnižší úroveň zaznamenanou po mnoho týdnů (Smithsonian Institution, 2013).

Rok 2013 přinesl rekordních 21 erupcí! První přišla hned v lednu a její hlavní fáze trvala zhruba 5 hodin. Skládala se z prudkých pulzujících lávových fontán dosahujících výšky 300–600 m, bouřlivých výbuchů obřích magmatických bublin, které vyvrhovaly velké zářící pruhy kapaliny rozstříkané na stovky metrů v radiálních směrech, k tomu se objevilo několika lávových proudů. První lávový proud vytekl z pukliny mezi starým a novým JV kráterem a putoval na jih až k bývalé oblasti Torre del Filosofo, druhý tok z východní trhliny kužele cestoval na východ a zahýbal směrem do Valle del Bove a třetí tok vytekl na severovýchodním směrem k Valle del Leone. SV pokračoval v produkci častých strombolských erupcí ráno poté, které byly velice hlasité a na pohled velkolepé (Volcano Discovery, 2021).

Po několika měsících erupčního klidu se Etna probudila 5. července 2014, kdy slabá výbušná aktivita a emise lávy začaly proudit ze dvou nových průduchů umístěných v nadmořské výšce 3020 m na kuželu Severovýchodního kráteru. V následujících týdnech se aktivita strombolských erupcí zintenzivňovala a 25. července se otevřel další průduch v nadmořské výšce 3080 m produkující silné a hlasité výbuchy a také malé lávové proudy Na severozápadním svahu údolí Valle del Bove vzniklo lávové pole o délce 2,4 km. Aktivita utichla u průduchů poblíž severovýchodního kráteru, aby se objevila na jihovýchodní straně (Puglisi, 2016).

Ráno 10. srpna začala láva vycházet z průduchu vysoko na východnímkuželu a erupce strombolského typu se stala prakticky nepřetržitou a napájela oblak zředěného popela. Lávové proudy dosáhly nadmořské výšky asi 2050 m poblíž hory Simone v údolí Valle del Bove. Než se ale stačily stát nebezpečím, 15. srpna během noci aktivita náhle úplně přestala (Puglisi, 2016).

Aktivita roku 2015 vyvrcholila 3. prosince, kdy došlo k erupci v kráteru Voragine. Ten vychrlil lávovou fontánu, která dosahovala výšky 1 km, a oblak popela, který dosahoval výšky 3 km. V následujících dnech oblak popela dosáhl výšky 7 km, což opět vedlo k přerušení činnosti letiště Catania na několik hodin. Sopečný oblak prošel nad městem Messina a poté se začal šířit směrem k oblasti Kalábrie, kde spad scoria a lapilli zasáhl širokou oblast na horních a středních svazích sopky. Zatímco 15 km od vrcholu sopečný popel hojně padal na oblast mezi vesnicemi Mojo a Gaggi, docházelo k významnému spadu popela i v oblasti od Letojanni do Messiny podél Jónského moře až po Milazzo a dále na západ podél dlouhého Tyrhénského moře (Volcano Discovery, 2016).

Podle Národního institutu geofyziky a vulkanologie se jednalo o největší erupci za posledních dvacet let (Anonymous, 2015). První erupce Etny v roce 2016 se rychle měnila a zahrnovala tři ze čtyř kráterů. Jako první začal chrlit popel Severovýchodní a po něm nový Jihovýchodní kráter, ke kterým se přidal Voragine s krátkou, ale prudkou fází lávové fontány. Poté se erupce stala dominantně výbušnou a vytvořila proud lávy z puklinového otvoru na dolním východním křídle nového severovýchodního kráteru, který směřoval opět do Valle del Bove. Strombolská erupce ze severovýchodního kráteru se během noci zvýšila a ráno začala produkovat husté oblaky popela (Volcano Discovery, 2016).

Brzy ráno 18. května začala relativně slabá aktivita u dalšího průduchu na východním křídle nového severovýchodního kráteru. Už kolem 13. hodiny se aktivita rychle přesunula k vrcholovému kráteru Voragine, kde začala silná strombolská erupce s pulzující lávovou fontánou včetně vystřelování žhavých kamenných bomb přes okraje kráteru. Odpoledne se pak objevil mohutný lávový proud z bočního průduchu Jihovýchodního kráteru. Nad Voragine se oblak popela zvýšil na 3000-3500 m nad vrcholem a vítr ho unášel na jihovýchod. Erupční činnost byla doprovázena seismickými otřesy a v některých místech dokonce deformací země. Postupně se strombolská aktivita snížila a přešla do emise tmavého popela, aby po dvou dnech skončila (Smithsonian Institution, 2013).

V roce 2017 sopka začala vybuchovat 27. února a od té doby silněla, neustále vypouštěla proudy lávy a vyvrhovala kameny a popel vysoko do vzduchu. Erupce 16. března 2017 zranila 10 lidí, včetně televizního štábu stanice BBC poté, co při kontaktu se sněhem explodovalo magma. Tým se sice rychle evakoval, ale proudění lávy smíchané s párou způsobilo obrovský výbuch, který skupinu zasypal vroucími kameny a párou. Jedná se o erupci, při které magma obvykle

přichází do styku s podzemní vodou, v tomto případě sněhem, a sníh se okamžitě odpařuje na páru. To má za následek rychlou expanzi a explozi okolního popela a hornin. Tento nebezpečný typ erupce může být extrémně smrtelný, v tomto případě však nikdo neutrpěl trvalá zranění. Mnoho lidí bylo zraněných. Jednalo se o poranění hlavy, popáleniny, řezné rány a modřiny, osm z nich bylo evakuováno z hory záchrannými týmy, ale všichni přežili (Nace, 2017).

V noci na pátek 24. srpna 2018 začala Etna po měsících zase chrlit lávu. Sopka se podle italského Národního institutu pro geofyziku a vulkanologii k životu probudila už na konci července, ale láva se začala objevovat až později a vytvořila lávové fontány až do výšky 150 metrů. Nicméně nedošlo k žádným neočekávaným překvapením a vypadalo to, že rok 2008 bude klidnější. Etna ale měla nachystané ještě jedno překvapení, a to přímo na Vánoce. Již ráno 24. prosince se objevila seismická vlna doprovázená velkými emisemi sopečného popela. V tu chvíli nikdo netušil, že erupce budou trvat čtyři dny a bude je provázet zemětřesení o síle až 4,3 stupně (Etna Experience, 2019).

Nejprve v 9.30 se otevřela erupční trhlina na východní straně Jihovýchodního kráteru a rozšířila se směrem k Valle del Bove. Po ní následovala druhá trhlina mezi novým Jihovýchodním kráterem a Severovýchodním kráterem, která vyvolala další strombolskou erupci. Obě dohromady vytvořily takový oblak prachu, že byl vidět ze vzdálenosti několika kilometrů. Popel navíc začal padat na města Zafferana a Catania, takže musel být přerušen i provoz na letišti. Do údolí Valle del Bove začal proudit lávový proud celou noc z 26. a 27. prosince a provázelo ho celonoční zemětřesení, které dosáhlo až síly 4,8. Muselo být evakuováno 600 lidí z nejhroženějších obcí (Etna Experience, 2019).

Stejně tak byly zřízeny dočasné přístřešky pro ty, jejichž domy byly poškozeny nebo se příliš báli jít domů. Nejméně 10 lidí bylo zraněno a další vyhledali lékařskou pomoc kvůli záchvatům paniky nebo šoku. Část hlavní silnice byla uzavřena, stejně jako železnice podél pobřeží Jónského moře. Města pod sopkou byla posetá sutinami, poničené byly i mnohé památky (Mindat.org, 2021).

Ačkoliv jsou obyvatelé Sicílie na aktivitu Etny zvyklí, mnozí ještě nikdy v životě nezažili takovou demonstraci její síly. 9. září 2019 se po jednodenním sopečném třesu objevila láva vytékající ze severovýchodního kráteru. Pak se aktivita mírně zastavila, aby znovu propukla 16. června. Od 18. června se začaly v Severovýchodním kráteru objevovat erupce, které rychle zesilovaly. Kolem druhé hodiny v noci již byly lávové fontány vysoké několik stovek metrů. Další lávový proud začal proudit z jižního okraje Jihovýchodního kráteru (Etna Unlimited, 2021).

Podobnost nejnovějších událostí a jejich poměrně pravidelný výskyt při podobném, ale klesajícím trendu naznačuje, že sopka je opět ve fázi rytmického chování krátkotrvajících, ale silných epizod lávových fontán, které na sebe navazují v intervalech kolem 36–40 hodin.

Očekávalo se, že bude následovat silnější erupce, ale sopka se odmlčela až do 7. prosince, kdy se v jihovýchodních i jihovýchodních kráterech najednou objevily erupce, které postupně zesilovaly. Kolem 17. hodiny začaly z jihovýchodního kráteru vystřelovat žhavé lávové bomby a objevila se i aktivita v kráterech Bocca Nuova a Voragine s podobnou intenzitou. Jako v předchozích týdnech. Naštěstí se neopakovala situace z předchozího roku a nedošlo ke zraněním, ani k velkým materiálním škodám (Etna Unlimited, 2021).

Výraznější aktivita se objevila zase až v prosinci 2020 (Obrázek 12). Nejprve došlo k novým strombolským erupcím v Jihovýchodním kráteru, při kterém se uvolňovaly nejen lávové toky, ale docházelo i k velmi silnému sopečnému rachotu a také k otřesům. Na Catanii se snesl doslova déšť popela, kterým zčernaly auta, balkony a ulice. Večer Národní institut pro geologii a vulkanologii oznámil, že se objevil i nárůst aktivity v Severovýchodním kráteru. Došlo také ke zvýšení amplitudy sopečného třesu, který během půl hodiny přešel ze střední na vysokou úroveň a lávový proud, který se rozšířil v jihozápadním směru. Etna, která byla původně zcela pokrytá sněhem, během noci zčernala popelem. Italové na sociálních sítích začali vtipkovat, že Etna chtěla oslavit noc světla zasvěcenou sicilské svaté Lucii. Vysoké lávové fontány byly totiž k vidění nejen na Sicílii, ale i z pevninské Itálie. Jihovýchodní kráter změnil v důsledku výbuchů svůj tvar, takže se poněkud pozměnil i vzhled samotné sopky (Etna Unlimited, 2021).

Obrázek 12

Erupce Etny v prosinci 2020



Poznámka. (Hubač, 2023)

Do rána navíc napadl nový sníh, takže kontrast mezi popelem, sněhem a lávou, která na něm jiskřila, poskytl jedinečnou podívanou, kterou kazila jen epidemie covid-19, která nedovolovala vyjít z domu po 22. hodině. Vzhledem k tomu, že díky počasí láva rychle chladla, kromě spadu popela nedošlo k žádnému ohrožení obyvatel (Volcano Discovery, 2021).

Etna ale dlouho neodpočívala. Hned začátkem února došlo k několika drobným epizodám, ale již pátý paroxym v řadě v noci z 22. na 23. února přinesl strombolskou erupci. Prachová oblaka se začala objevovat nad všemy čtyřmi krátery a byla provázena sopečným třesem. Národní institut oznámil, že se sopka nabíjí a obyvatelstvo se má připravit na další ohnivou show. Fontány ohně se začaly objevovat pravidelně každých 35–48 hodin a brzy se dostavila 6. erupce. Ta byla doprovázená rostoucím sopečného třesu a zesílením aktivity jihovýchodního kráteru, kde lávová fontána dosáhla výšky 500–700 metrů a lávové proudy začaly stékat do Valle del Bove. Kolem 00:30 pak dosáhla aktivita vrcholné fáze s velmi vysokými lávovými fontánami přesahujícími výšku 1000 m! Působivý erupční sloupec popela a páry vzrostl na více než 10 km výšky ve tvaru téměř kruhového deštníkového mraku, který se tyčil nad východní Sicílií. Kolem jedné hodiny se činnost náhle uklidnila, aby v časných ranních hodinách došlo v JV kráteru k sérii silných výbuchů a sopka se po celkem 17 erupcích rozhodla na chvíli odpočívat (Smithsonian Institution, 2021).

V noci z 24. na 25. dubna a následně ráno 26. dubna došlo v Jihovýchodním kráteru ke dvěma silným strombolským erupcím a sopečný třes začal vykazovat pomalý nárůst. Ten skutečně narůstal velmi pomalu a trvalo až do 19. května, než došlo k další epizodě v oblasti Severovýchodního kráteru. Velmi slabá a přerušovaná strombolská aktivita se objevila kolem jedenácté hodiny večerní a začala se rychle zvyšovat spolu s prudkým nárůstem sopečného třesu na vysoké hodnoty. Ve 23:45 již nepřetržitě vysoké lávové fontány dosahovaly několik stovek metrů, oblak popela vystoupal až do 6000 metrů nad mořem. Poté se vylily lávové proudy směrem na jihozápad. Poprvé za dobu současného zaznamenávání vsopečné aktivity se k Etně nečekaně přidala i Stromboli, takže obě sopky vytvořily poměrně nebezpečnou situaci jak pro leteckou, tak i námořní dopravu, protože popel vytvořil obrovská mračna a ta se ještě rozptýlila po okolí (Smithsonian Institution, 2021).

2.2.4 Aktuální stav Etny

V oblasti Etny se současné erupční centrum sopky nachází mnoho kilometrů daleko od toho původního, který vznikl před téměř padesáti nebo šedesáti tisíci lety. Vůbec první magmatické emise byly lokalizovány pod mořem v oblasti vesnice Acitrezza a nábřeží města Catania. Dnes jsou všechny tyto oblasti považovány za nejkrásnější pobřeží východní Sicílie pro obytné i turistické účely (Antronico & Marincioni, 2018).

Etna patří k hlavním turistickým lákadlům jak Sicílie, tak i jihovýchodní Itálie a společně se Stromboli se těší obrovskému zájmu turistů, kterých je každoročně až milion. V roce 2002 bylo dokonce otevřeno nové muzeum v Nikósii, které je věnované Etně (Obrázek 13).

(http://www.culture.gov.cy/dmiculture/da/da.nsf/DMLindex_gr/DMLindex_gr?OpenDocument)

Obrázek 13

Muzeum v Nikósii



Poznámka. (Raddato, 2019)

Na vrcholky je totiž možné se vydat, i když na vlastní nebezpečí, do určitých částí jen s průvodcem. Přístup na Etnu zajišťují čtyři silnice, které vedou do dvou hlavních turistických center. V celé oblasti okolo sopky se nachází národní park, který vznikl v roce 1987 a byl především reakcí na vzrůstající turistický ruch a neukázněné turisty. V národním parku je nutné respektovat pravidla, takže nedochází k takovému poškozování přírody i samotné sopky. Sopečné erupce nepřinášejí jen negativa, ale sopečný materiál je velice úrodný, což způsobuje,

že je možné obdělávat i nižší svahy sopky, kde se velmi dobře daří vinné révě a různým druhům ovoce (Smith, 2002).

2.3 Ochrana obyvatel před sopečnou činností

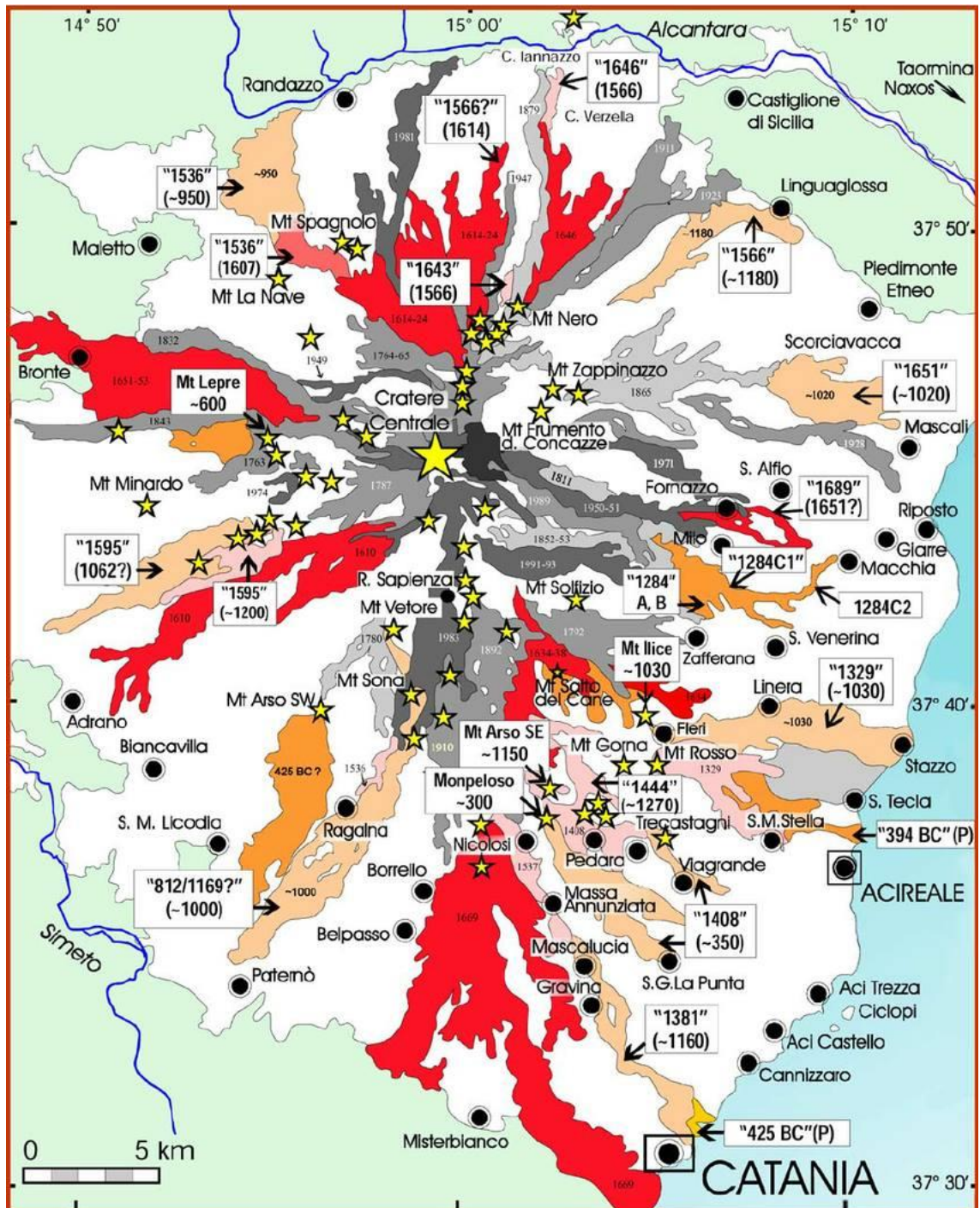
V oblasti Etny existuje systém včasné výstrahy, který má varovat obyvatelstvo v případě náhlého nebezpečí způsobeného erupcí. Mezi vážná nebezpečí zasahující velké oblasti patří spad tefry (sopečný materiál pyroklastického charakteru) vznikající během erupce. Menší částice jsou schopné cestovat desítky kilometrů, kde pak padají a zasypávají oblasti částicemi v podobě prachu a lapill (nejčastější bazická tělesa, řadící se do pyroklastického materiálu). Tento oblak představuje nebezpečí jak pro leteckou dopravu, tak v případě silného spadu i pro spádové oblasti, kde narušuje automobilovou dopravu a může způsobit i zřícení střech budov (Volcano Hazard Program, 2021).

V současnosti v oblasti existuje systém, který poloautomaticky vyhodnocuje potenciální nebezpečí spadu tefry a směru větru a v případě potřeby informuje příslušné orgány civilní správy (Volcano Hazard Program, 2021).

Pro účely předpovědi a ochrany se sestavují mapy sopečného ohrožení (Obrázek 14), které vznikají na základě historických statistik erupcí. Mapa potom ukazuje, jaké oblasti jsou více ohrožené, jaké méně a kde je vysloveně risk se nacházet v době zvýšené aktivity sopky. Tato místa jsou předpokládanými místy dopadu pyroklastiky, lávových proudů a podobně (Smith, 2002).

Obrázek 14

Mapa sopečného ohrožení



Poznámka. (NAS Sigonella, 2016)

Riziko zvýšené aktivity sopky se stanovuje z různých měření vulkánu a jejich změn, jako je změna seismické aktivity, povrchu, tepla nebo změny plynů v sopce nebo nad ní, především nárůst koncentrace síry v plynech. Přesto některé erupce přicházejí nečekaně, protože se k nim sopka "chystá" ve větší hloubce, než jsme schopni v současnosti monitorovat, jak dokládá Obrázek 15 (Smith, 2002).

Obrázek 15

Monitoring sopky

Seismická aktivita	nárůst seismické aktivity v okolí sopky slyšitelné projevy dunění a praskání
Deformace povrchu	nadouvání vrcholových partií sopky změny sklonu svahů
Tepelné změny	nárůst teploty povrchu vlivem blízkosti magmatu nárůst teploty kráterových jezer a termálních pramenů nárůst intenzity činnosti fumarol odumírání vegetace na svazích sopky tání ledovců a sněhové pokrývky
Geochemické změny	nárůst koncentrace SO ₂ změny chemického složení termálních pramenů
Hydrologické změny	nárůst průtoku termálních pramenů nárůst průtoku ledovcových toků
Geofyzikální změny	změny v rozložení magnetického pole rekrytalizace starších hornin při postupu magmatu
Další ukazatele	změna v chování zvířat (vyšší citlivost na změny fyzického prostředí)

Poznámka. (Volcano Hazard Program, 2021)

Sama ochrana obyvatelstva v ohrožených zónách je dvojího typu. První je aktivní. Tedy například ochlazování lávových proudů nebo jejich odklánění. Jde o snahu ochránit i budovy, turistické zázemí, lanovky, letiště a podobně. Druhý je pasivní a spočívá v ochraně obyvatel, nikoliv jejich majetku – tedy evakuaci (Volcano Hazard Program, 2021).

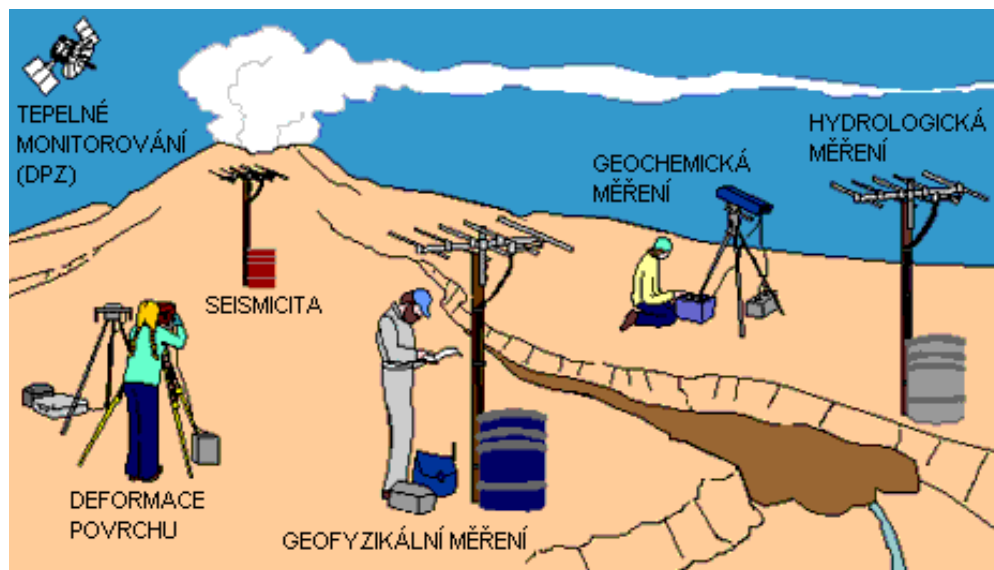
K evakuaci se přistupuje tehdy, pokud již není jiné řešení nebo není čas jej realizovat. Problémem je také to, že i přes všechny výstrahy a mapy ohrožení se mnoho lidí usídluje pod činnými sopkami. Důvodů je několik. Jednak často nemají na výběr, protože není dostatek místa jinde, jako tomu bývá např. na Havaji. Navíc úrodná země na svazích sopky přitahuje zemědělce (Volcano Hazard Program, 2021).

Obzvláště u sopek, které mívají dlouhé periody mezi erupcemi (Vesuv), jsou někteří lidé přesvědčeni, že když se sopka tak dlouho neprojevovala, tak už ani nezačne. To je ovšem omyl, který by například v případě Vesuvu zlikvidoval minimálně milion životů, protože jen v obcích na jeho svazích žije kolem 600 000 lidí. Neapol pak má takřka milion obyvatel, s městečky v okolí je to dokonce 3,3 miliony lidí. Takové množství v žádném případě není možné urychleně evakuovat (Volcano Hazard Program, 2021).

Etna se projevuje několika druhy nebezpečí, ať už se jedná o erupce, úniky sopečných plynů, gravitačními kolapsy či spadem tefry do okolí. Různé formy nebezpečí mají rozdílný rozsah, množství materiálních škod, při nejhorším také zranění a ztrát na životech. Obrázek 16 znázorňuje techniky sledování nárůstu sopečné aktivity, díky kterým je v současnosti již dostupná možnost předpovědi takové události a tím i případná obrana proti nim (Giles, 2019).

Obrázek 16

Techniky sledování nárůstu aktivity sopky



Poznámka. (Anonymous, 2002)

Nejčastější možností je bojovat s lávovými proudy, které by jinak směřovaly do obydlených oblastí. Ačkoliv dříve platil zákon o zákazu zasahování do toku lávy, dnes existují prostředky, kterými se dá proti lávě bojovat, ať to jsou různé chemické způsoby chlazení, či malé cílené výbuchy na vytvoření koryta vedoucího do neškodné oblasti nebo na vytvoření hráze. Vše je o to jednodušší, že již existuje nejen monitoring samotné sopky, ale je možné ji aktuálně pozorovat i při dění, ať se jedná o drony, leteckou službu nebo dokonce satelity (Giles, 2019).

2.4 Vývoj počtu obyvatel na úpatí Etny

Na úpatí sopky Etna byly obydlené oblasti v historických dobách opakovaně zaplavovány proudy lávy. Nárůst populace se i navzdory tomu v oblasti kolem Etny za posledních 150 let téměř ztrojnásobil. V posledních padesáti letech došlo k rozšiřování měst hlavně v okolí města Catania. Došlo tomu i navzdory velmi zjevným hrozbám ze sopečné činnosti a dostupnosti bezpečnějších míst pro výstavbu (Dibben, 2008).

Lidé se do těchto měst stěhují ze stejných důvodů, proč se lidé na celém světě stěhují z měst, aby zlepšili kvalitu svého života. Zdá se, že lidé žijící v těchto rozšířených městech, jako například Trecastagni, vnímají sopečné hrozby jen v omezené míře. To platí zejména pro ty, kteří se do města přistěhovali.

2.5 Rizika

Sopečné erupce jsou velkou hrozbou pro všechny, kteří žijí v blízkosti sopek (Obrázek 17). Etna je díky své časté aktivitě nebezpečná hned v několika směrech. Při erupcích dochází ke znečištění ovzduší vlivem sopečného popela, který může způsobit velké zdravotní komplikace především starším osobám, ale i úhyn zvířat a jiných živých organismů (Lombardo et al., 2013).

Obrázek 17

Nejaktivnější a nejnebezpečnější sopky na světě



Poznámka. (Shimanovskadm.ru, 2021)

Výlevné erupce jsou zvláště nebezpečné pro majetek obyvatel, který se nepodaří před vytékající lávou ochránit nebo přemístit a je definitivně zničen. Při erupci dochází k ohrožení obyvatel padajícími kameny, žhavými mračny a nedílnou součástí jsou i častá zemětřesení (Sigurdsson et al., 1999).

Během erupce bývají zaznamenány vyšší hladiny suspendovaných částic přetrvávajících dlouhou dobu v atmosféře. Tyto částice jsou schopny zhoršit zdravotní stav populace. Jedná se zejména o kardiovaskulární onemocnění, které postihuje především starší osob (Fano et al., 2005).

Sopečný popel, ačkoliv nemusí být akutně toxický, může také způsobit řadu zdravotních problémů. Od respiračních problémů až po náhlé úmrtí způsobené asfyxií v důsledku akutního podráždění dýchacích cest. Nejvíce jsou ohroženy osoby, s již existujícími respiračními poruchami, jako je astma (Lombardo et al., 2013).

Navíc je zde problém v podobě sopečného pruhu v jižní Itálii, kdy existuje reálná možnost, že při velké podzemní činnosti se mohou probrat i další sopky, takže pokud by se k Etně a Stromboli přidal Vesuv a případně sopky na Liparských ostrovech, zkáza by byla neskutečná. Zahynuly by stovky tisíc lidí, pokud ne přímo miliony, stovky měst by byly zničeny a nadlouho by byl poškozen i klimatický ráz oblasti (Sigurdsson et al., 1999).

Vyšší koncentrace sopečných plynů v místě erupcí může způsobit vážná poškození organismů jak u lidí, tak u zvířat a dalších organismů. Jedovaté a toxické plyny jsou nebezpečím pro dýchací cesty, uvolněné radioaktivní látky způsobují zvýšené riziko onkologických onemocnění. Rostliny přestávají mít schopnost kontroly růstu. Navíc i na ně působí toxicita plynů, například síry. Vědci dokonce dokázali, že některá masová vymírání druhů také byla spojena s obrovskou produkcí jedovatých sopečných plynů (Smithsonian Institution, 2013).

Sopečný popel může mít podobně negativní dopady na lidské životy a obživu jako sopečný plyn. Spad tefry může ovlivnit lidské zdraví, způsobit poškození místních sídel a infrastruktury, ovlivnit ekonomiku. Kromě toho může dlouhodobý pobyt sopečných aerosolů v atmosféře ovlivnit globální klima. Z těchto důvodů je zvládnutí dopadů důležitým cílem nouzového plánování během vulkanické krize (Barsotti et al., 2010).

3 CÍLE

3.1 Hlavní cíl

Hlavním cílem bakalářské práce je zkoumání sopečné činnosti Etny v posledních 100 letech.

3.2 Dílčí cíle

- 1) Vysvětlení základních pojmů a procesů odehrávajících se při sopečné činnosti.
- 2) Objasnění rizik a nebezpečí, která sebou nese sopečná činnost.
- 3) Ochrana obyvatel před sopečnou činností

3.3 Výzkumné otázky

- 1) Jaká rizika přináší sopečná činnost Etny pro obyvatele v její bezprostřední blízkosti?
- 2) Jaká byla četnost erupcí sopky Etny za posledních 100 let a jak probíhala migrace obyvatelstva na úpatí sopky?

4 METODIKA

4.1 Metody sběru dat

Jako metody sběru dat byly zvoleny vyhledávání a analyzování odborné literatury. Použité zdroje pochází od českých a zahraničních autorů. Informace jsem vyhledával v publikacích v tištěné podobě i v odborných člancích v podobě digitální. Následně jsem poznatky syntetizoval.

5 VÝSLEDKY

V následujících dvou podkapitolách se budu věnovat odpovědím na výzkumné otázky. V první části poukážu na rizika, která přináší sopečná činnost Etny pro obyvatele v její bezprostřední blízkosti. Druhá část se bude týkat četnosti erupcí Etny a migrace obyvatelstva na jejím úpatí a okolí.

5.1 Jaká rizika přináší sopečná činnost Etny pro obyvatele v její bezprostřední blízkosti

V této kapitole popisují, jaké představuje sopečná aktivita nebezpečí pro celé své okolí. Nejen, že bezprostřední okolí je ohroženo lávovými proudy, žhavými bombami v podobě padajících kamenů, pyroklastickým proudem, otřesy půdy a žhavými mračny. Dokonce i vzdálenější oblasti bývají zasaženy spadem sopečného popela. V případě skutečně mohutné erupce, případně při pádu části korpusu sopky do moře může také dojít k obrovským vlnám tsunami, které by v případě Etny dosáhly nejen na pobřeží Itálie, ale i Řecka, Španělska a přelily by se přes všechny blízké ostrovy (Sigurdsson et al., 1999).

Výlevné erupce sopky Etna mohou poškodit lidské zdraví, majetek a služby víc než kdykoli předtím. Analýza nebezpečí proudění lávy a její distribuce v okolí sopky Etna z roku 2013 ukázala, že jsou mnohem nebezpečnější, než se dříve očekávalo (Giles, 2019).

Sopečné plyny jsou zákeřná a často přehlížená nebezpečí. Účinky sopečných plynů na život mohou být přímé, jako je udušení, respirační onemocnění a popáleniny kůže. Nebo nepřímé, např. regionální hladomor způsobený ochlazením, které je důsledkem přítomnosti sulfátových aerosolů vstříkovaných do stratosféry během explozivních erupcí. I když se jedná o celkově méně úmrtí než některé jiné formy sopečného nebezpečí, historie ukázala, že sopečné plyny se často podílejí na malých smrtelných událostech v různých sopečných a geotermálních oblastech. Sopečné plyny si za posledních 600 let přímo vyžádaly životy více jak 2000 lidí. Další miliony lidí byly zasaženy sopečným plynem s účinky od podráždění dýchacích cest přes neurologické dopady až po neúrodu a hladomor (Tanguy et al., 1998).

Sopečný popel je také obrovským rizikem pro leteckou dopravu. Nebezpečnost popela je dána jeho vlastnostmi – tvrdostí, teplotou tání, tvarem a velikostí. Největší riziko je proto nasátí popela tryskovými motory. Popel má teplotu tání kolem 1 000 °C, což je méně, než produkují spalovací komory motorů. Popel je díky tomu přetaven do sklovitého materiálu, který se ukládá v horké části motoru, kde postupně tuhne a stává se v podstatě spojovacím materiálem (International Civil Aviation Organization, 2007).

Sekundárními efekty sopečného popela potom mohou být praskliny a deformace lopatek, různorodá poškození statoru, rotoru, vedení vzduchu, vedení paliva a další (International Civil Aviation Organization, 2007).

Stejně tak popel obrušuje sklo, které získává mléčné zabarvení a ztrácí průhlednost, poškozují přístroje, antény a další elektronické vybavení letadla. Stejně tak je problémem při přistávání na jakémkoliv letišti, které bylo zasaženo sopečným popelem, protože nikdy není možné ho dokonale uklidit z přistávacích ploch (International Civil Aviation Organization, 2007).

Výsledky měření na různých obydlených místech v okolí sopky, včetně města Catania, a na klíčové infrastruktuře, jako jsou letiště a hlavní silnice, ukazují, jak jsou města a infrastruktura na východní straně sopky výrazně více vystavena nebezpečím souvisejícím s popelem než ty na západní straně, v souladu se statistikami větru (Barsotti et al., 2010).

K nejkritičtější nedávným událostem došlo v roce 2001 a v letech 2002-2003, během nichž přetrvávající mrak popela ovlivnil spodní boky Etny na několik týdnů. Během podzimu 2002 představoval dlouhotrvající spad popela různá nebezpečí na úbočích Etny a pro městské oblasti. Například ve výroční zprávě o kvalitě ovzduší sestavené Úřadem pro znečištění životního prostředí obce Catania koncentrace PM₁₀ vykázala 10–20násobný nárůst v důsledku spadu sopečného popela (Barsotti et al., 2010).

5.2 Jaká byla četnost erupcí sopky Etny za posledních 100 let a jak probíhala migrace obyvatelstva na úpatí sopky

V této kapitole popisují četnost erupcí Etny a migraci obyvatel v její blízkosti. Erupce Etny mají několik vzorů. Většina se vyskytuje na vrcholu, kde jsou čtyři odlišné krátery. Severovýchodní kráter, Voragine, Bocca Nuova a Jihovýchodní kráter. K dalším erupcím dochází na bocích, které mají více než 300 průduchů v různých velikostech. Od malých děr v zemi až po velké krátery o průměru stovky metrů. Erupce vrcholů mohou být vysoce výbušné a velkolepé, ale jen zřídka ohrožují obydlené oblasti kolem sopky. Naproti tomu erupce na boku mohou zasahovat až do výšky několika set metrů, blízko nebo dokonce hluboko v obydlených oblastech. Tím jsou ohroženy vesnice a malá města ležící kolem nebo na kuželech minulých bočních erupcí (Antronico & Marincioni, 2018).

Od roku 1600 došlo k nejméně 60 erupcím na bocích sopky a bezpočtu erupcí na jejich vrcholcích. Téměř polovina z nich se odehrála od počátku 20. století. Od roku 2000 měla Etna čtyři boční erupce. Odehrály se v letech 2001, 2002–2003, 2004–2005 a 2008–2009. Erupce

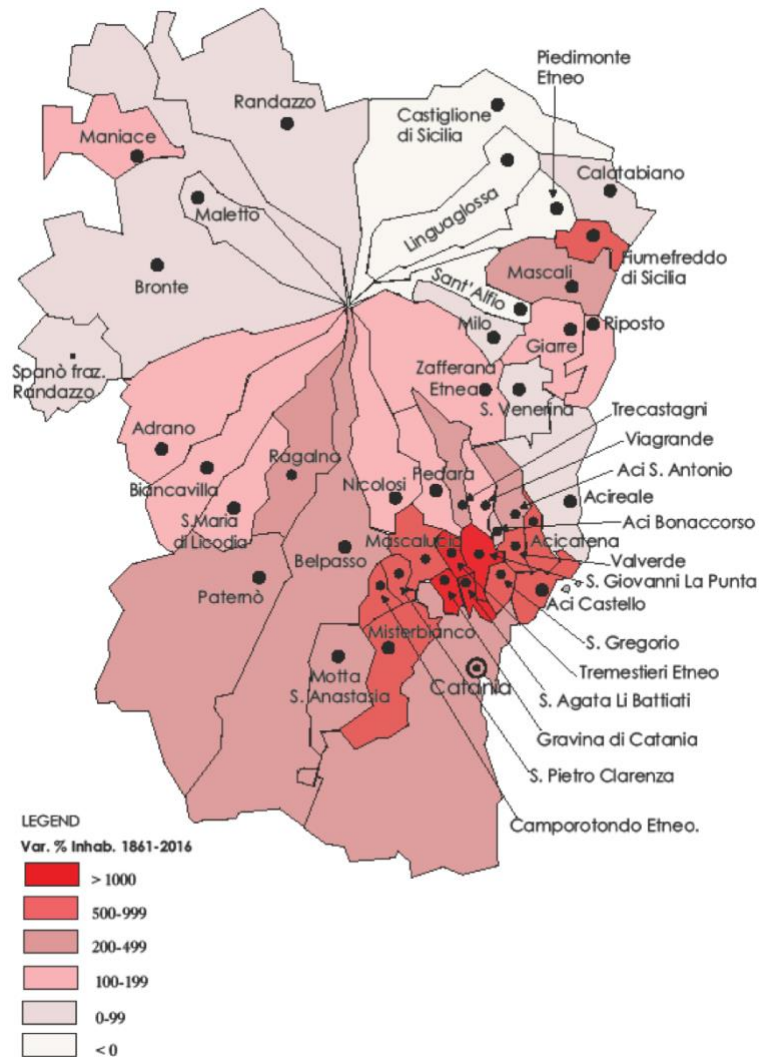
na vrcholech se zaznamenány v letech 2006, 2007–2008, leden–duben 2012, v červenci–říjnu 2012, v prosinci 2018 a znovu v únoru 2021 (Antronico & Marincioni, 2018).

Jižní a jihovýchodní svahy Etny vykazují silný nárůst obyvatel od roku 1861-2016 (Obrázek 18). Tato oblast zahrnuje obce, jejichž rostoucí počet je zahrnut v rozmezích 200-499 %, 500-999 % a více než 1 000 %. Zejména obce blíže k městu Catania čelily zásadnímu nárůstu obyvatel, kteří se integrovali do hustě urbanizované oblasti. Důležitými zvláštnostmi jsou vesnice, které čelily nárůstu populace o 500-999 % a ty s nárůstem více než 1000 % (Antronico & Marincioni, 2018).

Všechny se nacházejí v blízkosti města Catania. Pozoruhodné jsou rysy vesnic Gravina di Catania (+1 765,62), Sant'Agata li Battiati (+1 731,41), Tremestieri Etneo (+1 687,45) a San Giovanni La Punta (+1 326,73). Tyto vesnice jsou dnes integrovanou součástí urbanizované oblasti kolem Catanie, jejíž počet obyvatel (313 396) je nižší než počet obyvatel v roce 1971 (400 048). Tyto údaje naznačují, že mnozí obyvatelé Catanie se raději „vrátili“ a koupili si domy v malých vesnicích v blízkosti místa svého zaměstnání a denně dojížděli (Antronico & Marincioni, 2018).

Obrázek 18

Procentuální nárůst obyvatel mezi lety 1861–2016



Poznámka. (Antronico & Marincioni, 2018)

6 ZÁVĚRY

Etna je bezesporu největší přírodní monument na ostrově Sicílie, možná i na celém apeninském poloostrově. Patří k nejstarším sopkám, které se podílely na tvorbě naší Země již v dávné minulosti a dodnes je velkým turistickým lákadlem. Miliony turistů se ročně přijedou podívat na víc jak 3 000 metrů vysoký gigant na východním pobřeží Sicílie, který i díky častým erupcím neustále mění svou výšku. K její popularitě přispěl i fakt, že byla zařazena na seznam přírodních památek UNESCO v roce 2013. Právem se stala rájem vulkanologů, protože je téměř neustále aktivní. Její úrodné svahy často přitahují také zemědělce, kteří hustě osídlili úpatí Etny a její okolí.

Se stále větší migrací je třeba upozornit na nebezpečí v podobě zdravotních problémů v důsledku jedovatých sopečných plynů uvolněných do ovzduší, které způsobují problémy dýchacích cest. V neposlední jsou velkým problémem radioaktivní látky, které mají vliv na onkologická onemocnění. Sopečný popel je také obrovským rizikem pro leteckou dopravu a infrastrukturu.

Navzdory velkému nebezpečí, které skýtá život v blízkosti sopky, přinášejí sopečné erupce i pozitiva. Sopečný materiál je velice úrodný, což způsobuje, že je možné obdělávat i nižší svahy sopky, kde jsou ideální podmínky pro pěstování vinné révy a různých druhů ovoce.

Díky osídlení ostrova lidmi, kteří se odedávna zajímali o vědění a toužili porozumět přírodním zákonům, máme poměrně podrobné znalosti o chování Etny, jejích erupcích a také katastrofách, které se jí podařilo způsobit. Během posledních sto let se přidalo i pravidelné vědecké sledování sopky všemi dostupnými prostředky, a to právě proto, že se nachází v osídlené oblasti. Práce se proto věnovala největším známým excesům Etny jak v historii, tak především v posledních sto letech. Při podrobném zkoumání se ukázalo, že Etna, stejně jako některé další trvale aktivní sopky, v posledních padesáti letech zintenzívnila nejen své projevy, ale i četnost erupcí a jejich síly.

Existují různé projekty, které vycházejí z využití geotermální energie sopek, což by v podstatě byl naprosto čistý, ekologický způsob získávání elektřiny, teplé vody a podobně. Ale v současnosti jsou, zatím, všechny projekty doslova ještě "v plenkách" a navíc vyžadují pouze specifické typy sopek, ve kterých probíhá umírněná aktivita.

7 SUMMARY

Etna is undoubtedly the largest natural monument on the island of Sicily, perhaps even on the Apennine peninsula. It belongs to the oldest volcanoes that participated in the creation of our Earth already in the ancient past and is still a great tourist attraction. Millions of tourists come every year to see the more than 3000-meter-high giant on the eastern coast of Sicily which thanks to frequent eruption is constantly changing its height. The fact that it was included in the list of UNESCO natural monument in 2013 also contributed to its popularity. It has rightly become a paradise for volcanologists, as it is most constantly active. Its fertile slopes also often attract farmers who have densely populated the foothills of Etna and its surroundings.

With more and more migration there is a need to draw attention to the danger of health problems due to the poisonous volcanic gases released into the air which cause respiratory problems. Last but not least radioactive substance that affect oncological diseases are a big problem. Volcanic ash is also a huge risk to air transport an infrastructure. Despite the great danger of living near a volcano, volcano eruptions also bring positives. The volcanic material is very fertile which makes it possible to cultivated even the lower slopes of the volcano where the conditions are for growing vines and various types of fruit.

Thanks to the settlements of the island by people who have long been interested in knowledge and eager to understand the laws of nature we have a detailed knowledge of the behavior of Etna, its eruption and also the disaster it has managed to cause. During the last hundred years, regular scientific monitoring of the volcano by all available means has been added, precisely because it is located in populated area. The work was therefore devoted to the largest known excesses of Etna both in history and especially in the last hundred years. A detailed examination revealed that Etna, like some often permanently active volcanoes, has intensified not only its manifestations but also the frequency of eruptions and their strength in the last fifty years.

There was various project that are based on the use of geothermal energy from volcanoes, which would basically be a completely clean, ecological way of obtaining electricity, hot water, and the like. But at the moment, all the projects are literally still "in their infancy" and they only require specific types of volcanoes in which there is moderate activity.

8 REFERENČNÍ SEZNAM

- Anonymous. (2015). *Italy's Etna in most dramatic eruption in 20 years*. Retrieved 14. 3. 2021 from <https://phys.org/news/2015-12-italy-etna-eruption-years.html>
- Anonymous. (2021). *Sopečná činnost*. Retrieved 13. 6. 2021 from <https://www.sci.muni.cz/~herber/volcano.htm>
- Anonymous. (2022). *Sopečná zima*. Retrieved 19. 10. 2023 from <https://sopky-island.estranky.cz/clanky/cim-nam-hrozi-sopky-/sopecna-zima/>
- Antronico, L., & Marincioni, F. (2018). *Natural hazards and disaster risk reduction policies*. Itálie: Il Sileno Edizioni.
- Barsotti, S., Andronico, D., Neri, A., Carlo del, P., Baxter, P. J., Aspinall, W. P., & Hincks, T. (2010). *Quantitative assessment of volcanic ash hazards for health and infrastructure at Mt. Etna (Italy) by numerical simulation*. Retrieved 2. 12. 2023 from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377027310000557#preview-section-abstract>
- Bembo, P. (2002). *De l'Etna*. Clermont-Ferrand: PU Clermont.
- Bokr, P. (2004). *Sopečná činnost a sopky*. Retrieved 14. 3. 2021 from <http://www.gweb.cz/clanky/clanek-60/>
- Branca, S., Azzaro, R., De Beni, E., Chester, D., & Duncan, A. (2015). *Impacts of the 1669 eruption and the 1693 earthquakes on the Etna Region (Eastern Sicily, Italy): An example of recovery and response of a small area to extreme events*. Retrieved 2. 12. 2023 from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377027315002280>
- Dibben, CH. J. L. (2008). *Leaving the city for suburbs- The dominance of 'ordinary' decision making over volcanic risk perception in the production of volcanic risk on Mt Etna, Sicily*. Retrieved 2. 12. 2023 from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0377027307004209>
- Etna Experience. (2019). *The eruption of Mount Etna on the 24th December 2018*. Retrieved 16. 3. 2021 from <https://www.etnaexperience.com/the-eruption-of-moun-etna-on-the-24th-december-2018/>
- Etna Unlimited. (2021). *Mount etna eruption december 2020*. Retrieved from 9. 6. 2021 from <https://www.etnaunlimited.com/mount-etna-eruption-december-2020/>
- Fano, V., Cernigliaro, A., Scodotto, S., Cuccia, M., Forastiere, F., Nicolosi, A., Oliveri, C., Scillieri, R., Distefano, P., & Perucci, C. A. (2005). *Health effect of invironmental contamination due to volcanic ash of Mount Etna in autumn 2002*. Retrieved 29. 11. 2023 from <https://europepmc.org/article/med/16454411#impact>

- Felner, P. (2019). *Vše o sopkách a zajímavosti o sopkách světa*. Retrieved 14. 3. 2021 from <https://www.cksen.cz/blog/vse-o-sopkach-a-zajimavosti-o-sopkach-sveta/>
- Giles, K. (2019). *Living at the Edge of an Active Volcano: Risk from Lava Flows on Mount Etna*. Retrieved 27. 11. 2023 from <https://www.geosociety.org/GSA/News/pr/2019/19-45.aspx>
- History.com Editors. (2021). *Mount Etna begins rumbling*. Retrieved 7. 6. 2021 from <https://www.history.com/this-day-in-history/mount-etna-erupts>
- Hovorka, D. (1990). *Sopky: Vznik – produkty – dosledky*. Bratislava: SN
- <https://www.volcanodiscovery.com/etna/news/20061/Etna-volcano-Sicily-Italy-activity-update-Activity-summary-2-6-Oct-2012-brief-episode-of-strombolian.html>
- Hubač, J. (2023). Etna opět řádí. *Na Sicílii "pršel" popel!* Retrieved 29. 10. 2023 from <https://www.pocasiaradar.cz/zpravy-o-pocasi/etna-opet-radi-na-sicilii-prsel-popel-letecke-spojeni-muselo-byt-preruseno--429340bd-7369-4c2a-b4dc-a1c686d77ded>
- Chester, D. K., Duncan, A. M., Guest, J. E., & Kilburn, C. R. J. (1985). *Mount Etna: the anatomy of a volcano*. Stanford: Stanford University Press.
- International Civil Aviation Organization. (2007). *Manual of volcanic ash, Radioactive material and Toxic Chemical Clouds*. Retrieved 10. 6. 2021 from <https://skybrary.aero/sites/default/files/bookshelf/2997.pdf>
- Jíra, J. (2010). *Sopky*. Retrieved 13. 6. 2021 from <https://planety.astro.cz/zeme/1952-sopky>
- Lombardo, D., Ciancio, N., Campisi, R., Di Maria, A., Bivona, L., Poletti, V., Mistretta, A., Biggeri, A. & Di Maria, G. (2013). *A retrospective study on acute health effects due to volcanic ash exposure during the eruption of Mount Etna (Sicily) in 2002*. Retrieved 30. 11. 2023 from <https://link.springer.com/article/10.1186/2049-6958-8-51#citeas>
- Maro, P. V. (1927). *Aeneida*. Praha: J. Otto – Ottovo nakladatelství.
- Mihulka, S. (2016). *Italský pozemní teleskop ASTRI bude pozorovat gama záření ze sopky Etny*. Retrieved 26. 11. 2023 from <https://www.stoplusjednicka.cz/italsky-pozemni-teleskop-astri-bude-pozorovat-gama-zareni-ze-sopky-etny>
- Mindat.org. (2021). *Messina Province, Sicily, Italy*. Retrieved 6. 6. 2021 from <https://www.mindat.org/loc-23887.html>
- Nace, T. (2017). *Europe's Largest Active Volcano Mount Etna Erupts - Nearly Kills BBC Crew*. Retrieved 16. 3. 2021 from <https://www.forbes.com/sites/trevornace/2017/03/20/europes-largest-active-volcano-mount-etna-just-erupted-nearly-kills-bbc-crew/?sh=5b9c0e187956>
- NAS Sigonella. (2016). *Volcano Preparedness*. Retrieved 26. 11. 2023 from https://www.facebook.com/nassigonella/photos/a.449916548335/10154556108948336/?type=3&locale=es_LA&checkpoint_src=any

- Novák, J. A. (2011). *Smrtící sopky*. Praha: XYZ.
- Parfitt, E. A., & Wilson, L. (2009). *Fundamentals of Physical Volcanology*. New Jersey: Blackwell Publishing company.
- Puglisi, G. (2016). *Final report summary MED-SUV-MEDiterranean SUpersite Volcanoes*. Retrieved 14. 3. 2021 from <https://cordis.europa.eu/project/id/308665/reporting/it>
- Raddato, C. (2019). *Cyprus Museum, Nicosia*. Retrieved 29. 5. 2022 from <https://www.worldhistory.org/image/10239/cyprus-museum-nicosia/>
- Ralph, J. (2000). *Metropolitan City of Messina*. Retrieved 14. 3. 2021 from <https://www.mindat.org/loc-23887.html>
- Rodwell, G. F. (2015). *Etna*. Londýn: Forgotten books.
- Rubin, K. (2008). *Sopky a zemětřesení na vlastní oči*. Praha: Nakladatelství Slovart.
- Seach, J. (2021). *Frequency of Volcanic Eruptions*. Retrieved 19. 10. 2023 from <http://volcanolive.com/vei.html>
- Shimanovskadm.ru. (2021). *Nejznámější a největší sopky na světě. Název sopek. Sopky Země: seznam, foto*. Retrieved 10. 6. 2021 from <https://shimanovskadm.ru/cs/cruises/samye-znamenitye-i-bolshie-vulkany-v-mire-nazvanie-vulkanov.html>
- Sigurdsson, H., Vespermann, D., & Schmincke, H. (1999). *Encyclopedia of Volcanoes*. NY: Academic Press.
- Smith, K. (2002). *Environmental Hazards: Assessing Risk And Reducing Disaster*. Londýn: Routledge.
- Smithsonian Institution. (2013). *Etna volcano activity updates*. Retrieved 14. 3. 2021 from <https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=211060>
- Smithsonian Institution. (2021). *Worldwide Holocene Volcano and Eruption Information*. Retrieved 4. 6. 2021 from <https://volcano.si.edu/>
- Synek, L. (2005). *Sicílie "homeless"*. Retrieved 19. 10. 2023 from <https://www.lukassynek.cz/sicilie/sicilie.html>
- Tanguy, J.C., Ribière, C., Scarth, A., & Tjetjep, W. S. (1998). *Victims from volcanic eruptions: a revised database*. Německo: Bulletin of volcanology.
- Vesuvanka, J. (2001). *Etna – ráj vulknoidů*. Retrieved 19. 10. 2023 from http://druidova-mysteria.cz/MISTA_SILY/STREDOHORI_JANA/ETNA_RAJ_VULKANOLOGU.htm
- Volcano Discovery. (2016). *Etna volcano update: First paroxysm from summit craters in 2016*. <https://www.volcanodiscovery.com/etna/news/57633/Etna-volcano-update-First-paroxysm-from-summit-craters-in-2016.html>

- Volcano Discovery. (2021). *Etna volcano – eruption update*. Retrieved 14. 3. 2021 from <https://www.volcanodiscovery.com/etna/current-activity.html>
- Volcano Hazard Program. (2021). *Comprehensive monitoring provides timely warnings of volcano reawakening*. Retrieved 10. 6. 2021 from <https://www.usgs.gov/programs/VHP/comprehensive-monitoring-provides-timely-warnings-volcano-reawakening>
- Volcano Hazard Program. (2021). *Comprehensive monitoring provides timely warnings of volcano reawakening*. Retrieved 13. 6. 2021 from <https://www.usgs.gov/programs/VHP/comprehensive-monitoring-provides-timely-warnings-volcano-reawakening>
- Vulkan Ätna. (2022). *Vulkan Ätna – Etna*. Retrieved 18. 6. 2023 from <https://www.volcanoetna.com>