



ORIGINAL ARTICLE

ARTYKUŁ

## SOCIETY VERSUS THE EFFECTS OF VOLCANIC ACTIVITY ON THE SELECTED ISLANDS

### SPOŁECZEŃSTWO A SKUTKI AKTYWNOŚCI WULKANICZNEJ NA WYBRANYCH WYSPACH

**Maria Wąsowska**

The University of Warsaw / Uniwersytet Warszawski

Wąsowska M. (2015), *Społeczeństwo a skutki aktywności wulkanicznej na wybranych wyspach/ Society versus the effects of volcanic activity on the selected islands*. *Economic and Regional Studies*, vol. 8, no.2, pp. 85-97.

**Summary:** Volcanism has both positive and negative effects. The limitation of the latter ones is admittedly difficult, however, depending on the strength and frequency of events and opportunities for the communities living in these areas is real, and the steps undertaken by them are varied. Despite the risks of inhabiting the regions of active volcanism these areas are densely populated. In the endangered areas the authorities, supported by scientists, are responsible for the effective management of risk and preparation of evacuation plans, which reduces material losses, and saves the life of the inhabitants. Thus, the question is whether and how the island society living in areas directly threatened by volcanic activity can counteract its negative effects? The article makes reference to the eruptions of located on the islands volcanoes Mont Pelée (Martinique), Soufrière Hills (Montserrat), Pinatubo (Luzon) and Helgafell (Heimaey), Ruapehu (New Zealand) and Santa Barbara (Terceira).

**Keywords:** evacuation, monitoring, risk, volcano, island, threat of nature, volcanic risk management

#### Introduction

This article aims at answering the question of whether and how island societies living in areas directly threatened by volcanic activity can counteract its negative effects. It is important for the residents living on the volcanic islands to monitor volcanoes which enables predicting volcanic eruptions and volcanic risk management, and in the event of damage during an eruption, measures aimed at immediate rebuilding and return, if possible, to the state from before destruction. Importantly, for the inhabitants of the islands it is not just the volcanic eruption which is dangerous, but also the phenom-

**Summary:** Wulkanizm niesie ze sobą zarówno pozytywne jak i negatywne skutki. Ograniczenie tych drugich jest wprawdzie trudne, jednak zależnie od siły i częstotliwości zdarzeń oraz możliwości społeczeństw żyjących na tych terenach realne, a podejmowane przez nie działania zróżnicowane. Mimo ryzyka wiążącego się z zamieszkiwaniem regionów aktywnego wulkanizmu obszary te są gęsto zaludnione. Na terenach zagrożonych władze, wspierane przez naukowców, ponoszą odpowiedzialność za efektywne zarządzanie ryzykiem oraz przygotowanie planów ewakuacji, co pozwala na ograniczenie strat materialnych, czy uratowanie życia mieszkańców. Zatem czy i w jaki sposób społeczeństwa wyspiarskie zamieszkujące tereny bezpośrednio zagrożone aktywnością wulkaniczną mogą przeciwdziałać jej negatywnym skutkom? W artykule odniesiono się do erupcji znajdujących się na wyspach wulkanów: Mont Pelée (Martynika), Soufrière Hills (Montserrat), Pinatubo (Luzon), Helgafell (Heimaey), Ruapehu (Nowa Zelandia) i Santa Barbara (Terceira).

**Słowa kluczowe:** ewakuacja, monitoring, ryzyko, wulkan, wyspa, zagrożenie przyrodnicze, zarządzanie ryzykiem wulkanicznym

#### Wstęp

Celem artykułu jest odpowiedź na pytanie czy i w jaki sposób społeczeństwa wyspiarskie zamieszkujące tereny bezpośrednio zagrożone aktywnością wulkaniczną mogą przeciwdziałać jej negatywnym skutkom? Istotne znaczenie dla mieszkańców żyjących na wyspach wulkanicznych ma monitoring wulkanów umożliwiający przewidywanie wybuchów oraz zarządzanie ryzykiem wulkanicznym, a w sytuacji wystąpienia zniszczeń w wyniku erupcji, działania mające na celu jak najszybszą odbudowę i powrót, o ile to możliwe, do sytuacji sprzed zniszczeń. Co ważne, dla mieszkańców wysp groźna jest

**Address for correspondence:** mgr Maria Wąsowska, Faculty of Geography and Regional Studies, The University of Warsaw, Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warsaw, Poland; phone: +48 22 552-06-31; e-mail: m\_wasowska@wp.pl; **Full text PDF:** www.ers.edu.pl; **Open-access article.** Copyright © Pope John Paul II State School of Higher Education in Białą Podlaską, Sidorska 95/97, 21-500 Białą Podlaską; **Indexation:** Index Copernicus Journal Master List ICV 2013: 6.73; Polish Ministry of Science and Higher Education 2014: 4 points.

ena that may accompany it, such as earthquakes, lahars or tsunamis. This article is focused only on the threat of eruptions and on reducing risk resulting from volcanic eruptions. The article is a review of the literature on volcanoes, where, against the threat of eruption a total or partial evacuation of the population of the island was necessary.

Most eruptions are preceded by warning signals, making it possible to anticipate them. Research of volcanic activity allows to recognize the danger and alert the population living in the immediate vicinity. In case of the need of evacuation it is important that the communication systems are working and the risk management is efficient. For this purpose co-operation between scientists, and the authorities in the given area is necessary.

The duration of volcanic eruptions varies; more than half of the recorded on Earth eruptions lasted less than a month, 1/3 of eruptions lasted from one month to six months, and only 16 volcanic eruptions lasted more than 20 years (source: RW Decker, Decker BB, 1992, p.25-27). Such volcanoes are Stromboli and Etna located in Europe. As noted by Maślankiewicz K. (1961, p.33-34), JS Becker, WSA Saunders, CM Robertson, GS Leonard and DM Johnston (2010), and G. Philipson and others (2013) volcanoes the eruptions of which occur frequently, are generally much milder than those that erupt intermittently, and in addition their dormant periods are longer, the eruptions cause more dramatic effects, and hence more deaths. It results, among others, from the actions of people who, not feeling the tangible threat, frequently settle closer and closer to the volcanic cone. As noted by D. Paton and others (2000), the increasing population density in the threatened areas causes a significant increase in the volcanic risk.

## Volcanic risks and hazards

The terms threat and risk are often confused: and so natural hazard means the likelihood of a destructive phenomena in a particular time and particular place (UNDR0, 1979, p.5) and in the case of volcanic eruptions it depends on: the type and frequency of eruption and its strength (measured by the VEI<sup>1</sup>). In contrast, the risk represents the expected number of human losses, injuries, damage to possessions, disruption of business because of the special natural phenomenon and, consequently, the result of special risk and elements of the risk (UNDR0, 1979, p.5). Risk is undertaken by the popula-

<sup>1</sup> VEI (Volcano Explosivity Index) - index of volcanic explosivity is open, nine-point scale. It was developed in 1982 based primarily on the amount of clouds of dust and the volume coming out of the pyroclastic eruptions. (source: [www.volcano.si.edu/world/eruptioncriteria.cfm](http://www.volcano.si.edu/world/eruptioncriteria.cfm) and <http://volcanoes.usgs.gov/images/pglossary/vei.php>, data dostępu: 17.05.2013)

nie tylko erupcja wulkaniczna sama w sobie, ale również zjawiska jakie mogą jej towarzyszyć, takie jak: trzęsienia ziemi, lahary czy tsunami. W niniejszym artykule skoncentrowano się tylko na zagrożeniu wulkanicznym i ograniczaniu ryzyka, powstałych w wyniku erupcji wulkanicznych. Artykuł ma charakter przeglądu literatury dotyczącej wulkanów, w przypadku których, wobec zagrożenia erupcją konieczna była całkowita lub częściowa ewakuacja ludności zamieszkującej wyspę.

Większość erupcji poprzedzają sygnały ostrzegawcze, dzięki czemu możliwe jest ich przewidywanie. Badania aktywności wulkanów pozwalają na rozpoznanie zagrożenia i ostrzeżenie ludności zamieszkującej w ich bezpośrednim sąsiedztwie. W przypadku konieczności ewakuacji ważne jest funkcjonowanie systemów komunikacji i sprawne zarządzanie ryzykiem. W tym celu niezbędna jest współpraca między naukowcami, a władzami na danym terenie.

Czas trwania erupcji wulkanicznych jest zróżnicowany, ponad połowa odnotowanych na Ziemi erupcji trwała krócej niż miesiąc, 1/3 erupcji trwała od miesiąca do pół roku, a zaledwie 16 wulkanów miało erupcje, które trwały dłużej niż 20 lat (za: Decker R.W., Decker B.B., 1992, s. 25-27). Do takich właśnie wulkanów zaliczane są znajdujące się w Europie Stromboli i Etna. Jak zauważyli K. Maślankiewicz (1961, s. 33-34), J.S. Becker, W.S.A Saunders, C.M. Robertson, G.S. Leonard i D.M. Johnston (2010), czy G. Philipson i inni (2013) wulkany, których erupcje występują często, są na ogół znacznie łagodniejsze niż te, które wybuchają nieregularnie, a ponadto im okresy ich uśpienia są dłuższe, tym erupcje powodują dramatyczniejsze skutki, stąd też i więcej ofiar śmiertelnych. Wynika to między innymi z postępowania ludzi, którzy nie odczuwając namacalnego zagrożenia licznie osiedlają się coraz bliżej stożka wulkanicznego. Jak zwraca uwagę D. Paton i inni (2000) rosnąca gęstość zaludnienia w obszarach zagrożonych powoduje znaczny wzrost ryzyka wulkanicznego.

## Ryzyko i zagrożenie wulkaniczne

Określenia zagrożenie i ryzyko są często mylone: i tak zagrożenie przyrodnicze (ang. *natural hazard*) oznacza *prawdopodobieństwo wystąpienia w określonym czasie, w danym miejscu potencjalnie niszczącego zjawiska naturalnego* (UNDR0, 1979, s.5) i w przypadku erupcji wulkanicznych zależy od: typu i częstotliwości erupcji oraz jej siły (mierzonej w VEI<sup>1</sup>). Natomiast ryzyko (ang. *risk*) oznacza *spodziewaną liczbę strat ludzkich, rannych, uszkodzenia dobytku, zakłócenia działalności gospodarczej z powodu szczególnego zjawiska naturalnego i w konsekwencji wynik szczególnego ryzyka i elementów*

<sup>1</sup> VEI (Volcano Explosivity Index) – indeks eksplozywności wulkanicznej jest otwartą, dziewięciostopniową skalą. Została opracowana w 1982 roku głównie w oparciu o wysokość chmury pyłów i objętość wydobywanego się materiału piroklastycznego. ([www.volcano.si.edu/world/eruptioncriteria.cfm](http://www.volcano.si.edu/world/eruptioncriteria.cfm) i <http://volcanoes.usgs.gov/images/pglossary/vei.php>, (17.05.2013))

tion of the threatened areas and the whole of human economic activity in the area and the associated infrastructure - therefore, very simply, the higher the level of economic development and the higher the density of population the higher the risk. Assessment of the level of risk is, however, complicated due to the complexity of factors such as socio-economic conditioning, warning systems, and the nature of extreme events which has been pointed out by A. Lisowski (2000), F. Plit (2000), M. Border and W. Portrait of a Planet (2009, p. 66) and L. Baran (2012, p.32). In contrast, as indicated by I.E. Rego and A.M. Arroz (2012, p.2) behavior of the population against the dangers and risks may be different and, as pointed out by the author's research in the Azores, population moves away from the source of danger, when the phenomenon occurs regularly or frequently, and ignores threats in the case where the phenomenon is irregular or infrequent. Ignoring the threat hampers limiting the negative effects of the phenomenon, because people do not prepare for its occurrence.

Predicting the risk of eruption is facilitated by changes in their „behavior” (eg. Bulge of land - visible on aerial photographs, volcanic earthquakes, micro-shocks recorded by seismographs, or change in the composition of the gases coming out, raising the temperature of the ground surface). Reading and interpretation of changes is possible through monitoring. On the slopes and in the craters of volcanoes numerous devices (thermometers, seismographs, spadkomierze or strain gauges) are located, through which collected data are transmitted to the observatories. Modern technology (eg. Electronic spiders equipped with sensors to detect vibrations)<sup>2</sup> allows to monitor volcanic processes of the places not threatened by a volcanic eruption; the GPS is not without a significance here (Global Positioning System). There is a possibility of using helicopters, which can place the GPS instruments in the crater, or in its vicinity, depending on the degree of air dustiness. However, as W. Marzocchi and others observed (2012), not all volcanoes are monitored regularly. Those whose eruptions were not expected, weren't monitored, for example eruptions of Mount Pinatubo (Luzon, Philippines) in 1991 (VEI 6) after nearly 600<sup>3</sup>, or Sinabung (Sumatra, Indonesia) in 2010 (continues to date, VEI 2) after approx. 200 years of being dormant<sup>4</sup>.

It should be noted that volcano monitoring is conducted by both observatories located on the volcanoes, or in its immediate vicinity, as well as observatories located at a considerable distance from the observed volcanoes. In 1912, on the slopes of the Island of Hawai'i - Kilauei, Volcanic Observatory was opened (Hawaii Volcano Observatory). On the

podlegających ryzyku (UNDRO, 1979, s.5). Ryzyku podlega ludność zamieszkująca zagrożone tereny jak i cała działalność gospodarcza człowieka na danym obszarze i związana z nią infrastruktura - zatem w dużym uproszczeniu im wyższy poziom rozwoju gospodarczego i im wyższa gęstość zaludnienia tym większe ryzyko. Ocena poziomu ryzyka jest jednak skomplikowana co wynika ze złożoności czynników, takich jak uwarunkowania społeczno-ekonomiczne, systemy ostrzegania, czy charakter zdarzenia ekstremalnego na co zwracali uwagę A. Lisowski (2000), F. Plit (2000), M. Graniczny i W. Mizerski (2009, s. 66) czy L. Baran (2012, s.32). Natomiast jak wskazały I.E. Rego i A.M. Arroz (2012, s.2) zachowania ludności wobec zagrożenia i ryzyka mogą być różne i w przypadku przeprowadzonych przez te autorki badań na Azorach ludność oddala się od źródła zagrożenia, gdy zjawisko występuje regularnie lub często, bądź ignoruje zagrożenia w przypadku, gdy zjawisko jest nieregularne lub rzadkie. Ignorowanie zagrożenia utrudnia ograniczanie negatywnych skutków wystąpienia zjawiska, gdyż ludność nie przygotowuje się do jego zaistnienia.

Przewidywanie zagrożenia erupcją wulkanu ułatwiają zmiany zachodzące w ich „zachowaniu” (np. wyrzuczenia gruntu - widoczne na zdjęciach lotniczych, wulkaniczne trzęsienia ziemi, mikro-wstrząsy odnotowywane przez sejsmografy, czy zmiana składu wydobywających się gazów, podniesienie temperatury gruntu powierzchniowego). Odnotowywanie i interpretacja zmian możliwa jest dzięki monitoringowi. Na stokach i w kraterach wulkanów rozmieszczone są liczne urządzenia (termometry, sejsmografy, spadkomierze, czy tensometry), z których zgromadzone dane przekazywane są do obserwatoriów wulkanologicznych. Nowoczesna technologia (np. elektroniczne pajaki zaopatrzone w sensory wykrywające wstrząsy) (<http://www.naukawpolsce.pap.pl/aktualnosci/news,364807,elektroniczne-pajaki-na-gorze-sw-heleny.html>) pozwala zatem na monitorowanie procesów wulkanicznych z miejsc nie zagrożonych skutkami wybuchu wulkanu; nie bez znaczenia jest tu GPS (*Global Positioning System*). Istnieje bowiem możliwość użycia helikopterów, które mogą umieścić instrumenty GPS w kraterze, bądź w jego pobliżu, ale zależy to od stopnia zapylenia powietrza. Jednak, jak zauważają W. Marzocchi i inni (2012), nie wszystkie wulkany są regularnie monitorowane. Te, których erupcji się nie spodziewano, nie były monitorowane np. wybuchy Pinatubo (Luzon, Filipiny) w 1991 (VEI 6) po niemal 600 ([www.volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=273083](http://www.volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=273083)), czy Sinabung (Sumatra, Indonezja) w 2010 roku (trwa nadal, VEI 2) po ok. 200 latach uśpienia ([www.volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=261080](http://www.volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=261080)).

Należy zaznaczyć, że monitoring wulkanów prowadzony jest zarówno w obserwatoriach wulkanologicznych znajdujących się na wulkanach, czy w ich bezpośrednim sąsiedztwie, jak również w obserwatoriach znajdujących się w znacznym oddaleniu od

<sup>2</sup> <http://www.naukawpolsce.pap.pl/aktualnosci/news,364807,elektroniczne-pajaki-na-gorze-sw-heleny.html> (20.12.2013)

<sup>3</sup> [www.volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=273083](http://www.volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=273083) (20.04.2014)

<sup>4</sup> [www.volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=261080](http://www.volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=261080) (20.04.2014)

Vesuvius similar observatory was founded in the mid-nineteenth century, and it is located at an altitude of 608 m above sea level, while additionally this volcano is monitored by Vesuvian Observatory (Observatorio Vesuvio) in Naples. All these measures are aimed at reducing the risk.

### Ways to prevent and prepare the population for the occurrence of extreme events

Due to their limited area volcanic islands are particularly vulnerable to the adverse effects of volcanic phenomena. The easiest way to reduce risk is to limit the risk of land use, which is not always possible. Regardless of the area, thanks to the development of technology, it is possible to monitor volcanoes. Volcanologists use these devices for the measurement of physical and chemical changes in a volcano, including deformation of ground. On the basis of the research, maps are being developed with areas at risk in the event of an eruption. USGS (United States Geological Survey) distinguishes four basic levels (in accordance with the increase of hazard): green, yellow, orange and red.<sup>5</sup>As noted by J.-C. Gillard and C.J.L. Dibben (2008, s.166) known methods of management in case of natural disasters can be used in the management of risks in the face of volcanic eruptions. The need to improve the monitoring, area planning of volcanic areas, protection of the population and evacuation systems is recognized by the governments within the territories where there are volcanoes, as well as by international organizations, and volcanologist institutes.

The years 1989-1999 were announced by the UN General Assembly (United Nations General Assembly) as the International Decade for Natural Disaster Reduction, and the day October 10 is the International Day for Disaster Reduction. In 1994, at the World Conference on Disaster Reduction in Yokohama a document containing guidelines for disaster prevention, preparation for their occurrence and mitigating their effects was prepared. In 2005, in Hyogo (Kobe Prefecture), Japan, a conference with representatives of 168 countries on how to reduce disasters, including activities related to the dangers of volcanic eruptions was held.

The project MIAVITA (Mitigate and Assess risk from Volcanic Impact on Terrain and human Activities) funded by the European Commission, which brings together an international, multi-disciplinary (including earth sciences, social sciences, information technology) team of researchers of organizations: Philippines Institute of Volcanology and Seismology (PHIVOLCS), the French Bureau of Geological and Mineral Survey (BRGM), the Italian National Institute of Geophysics and Volcanology

obserwowanych wulkanów. W 1912 roku na stokach znajdującej się na wyspie Hawaïi – Kilauei otworzono obserwatorium wulkaniczne (*Hawaii Volcano Observatory*). Na Wezuwiuszu takie obserwatorium, powstało już w połowie XIX wieku, znajduje się na wysokości 608 m n.p.m. i dodatkowo wulkan ten jest monitorowany przez Obserwatorium Wezuwiańskie (*Observatorio Vesuvio*) w Neapolu. Wszystkie te działania mają na celu ograniczenie ryzyka.

### Sposoby przeciwdziałania i przygotowanie ludności na wystąpienie ekstremalnego zjawiska

Ze względu na ograniczoną powierzchnię wyspy wulkaniczne są szczególnie narażone na negatywne skutki zjawisk wulkanicznych. Najprostszym sposobem zmniejszenia ryzyka jest ograniczenie zagospodarowania terenów zagrożonych, co nie zawsze jest możliwe. Niezależnie od obszaru, dzięki rozwojowi techniki, możliwe jest monitorowanie wulkanów. Wulkanolodzy wykorzystują urządzenia pozwalające na pomiar fizycznych i chemicznych zmian zachodzących w wulkanie, w tym deformacje gruntu. Na podstawie badań opracowywane są mapy stref zagrożonych w przypadku erupcji. USGS (*United States Geological Survey*) wyróżnia cztery podstawowe poziomy (zgodnie ze wzrostem zagrożenia): zielony, żółty, pomarańczowy i czerwony ([www.volcanoes.usgs.gov/activity/alertsystem/](http://www.volcanoes.usgs.gov/activity/alertsystem/)). Jak zauważają J.-C. Gillard i C.J.L. Dibben (2008, s.166) znane sposoby zarządzania w przypadku wystąpienia klęsk żywiołowych można zastosować w zarządzaniu w obliczu zagrożeń erupcjami wulkanicznymi. Potrzebę ulepszenia monitoringu, planowania przestrzennego na terenach wulkanicznych, zabezpieczenia ludności oraz systemów ewakuacji dostrzegają rządy państw, na których obszarze znajdują się wulkany, organizacje międzynarodowe, a także instytuty wulkanologiczne.

Lata 1989-1999 Zgromadzenie Ogólne ONZ (United Nations General Assembly) ogłosiło Międzynarodową Dekadą Ograniczania Klęsk Żywiołowych, a dzień 10 października jest Międzynarodowym Dniem Ograniczania Klęsk Żywiołowych. W 1994 na Światowej Konferencji Redukcji Klęsk Żywiołowych w Jokohamie przygotowano dokument zawierający wytyczne dotyczące zapobiegania klęskom żywiołowym, przygotowania na ich wystąpienie oraz łagodzenia ich skutków. W 2005 roku w Hyogo (w prefekturze Kobe) w Japonii odbyła się konferencja z udziałem przedstawicieli 168 krajów na temat ograniczenia katastrof, w tym działań związanych z zagrożeniami wynikającymi z erupcji wulkanów.

Znaczący wydaje się być finansowany przez Komisję Europejską projekt MIAVITA (*Mitigate and Assess risk from Volcanic Impact on Terrain and human Activities*), który zrzesza międzynarodowy, wielodyscyplinarny (m.in. nauki o Ziemi, nauki społeczne, technologie informacyjne) zespół naukowców m.in. z organizacji: Filipiński Instytut Wulkanologii

<sup>5</sup> [www.volcanoes.usgs.gov/activity/alertsystem/](http://www.volcanoes.usgs.gov/activity/alertsystem/) (17.04.2014)

(INGV) seems to be noteworthy.<sup>6</sup> The basic objectives within MIAVITA (2008-2012) include the prevention (risk mapping, identification of possible scenarios of destruction), crisis management (monitoring and improving the functioning of early warning systems and communications) and reconstruction after a disaster. Work under this project would help decision-makers to take action to allow for efficient volcanic risk management. The result of the work is a handbook on volcanic hazard assessment and disaster management, released in 2012. What is worth mentioning, is that this handbook is written in such a way as to provide a basis to create one's own strategy of action in a crisis situation regardless of the level of economic development of the area, and in addition, it was made to create a bridge between researchers and those involved in the management of volcanic risk areas. Conducting research in this project also indicates the importance of international cooperation in risk assessment and volcanic risk management. The international community is not indifferent to the disasters. A perfect example is offered by the United States government financial support (100 000 USD) for people evacuated from towns located on the slopes of the volcano Sinabung (Sumatra, Indonesia) where the direct volcanic threat took place in February 2014 for the creation of a monitoring network<sup>7</sup>.

Thanks to predicting volcanic eruptions, both inhabitants of these areas, and tourists wandering the slopes of volcanoes, can rely on warnings and avoid the dangers associated with them. Thus, an important role is played by the warning systems and of importance here are also the media and communication (information transfer rate). Moreover, educational campaigns among the local community, schools, etc., training related, for example to behavior in case of fallout of ash, or ways of securing homes (sealing of windows, etc.) are conducted. In the context of the effectiveness of warning systems and, consequently, the number of victims in the event of an eruption, it is important to trust in the institutions responsible for the management and co-operation between the authorities such as national and local governments and local communities. As noted by I.E. Rego and A.M. Arroz (2012) IRGC (International Risk Governance Council) pays special attention to the communication between all the parties concerned with the threat – thus, understanding and trust between the public and scientists and policy makers. A good example of the government „supporting” the inhabitants of areas affected by the eruption of a volcano, in addition to financial support for the reconstruction was the provision of tax credits by the Italian government, after the eruption of Mount Etna in 2001<sup>8</sup>. Escape routes are being developed for such events as the eruption of Mount Vesuvius in 1995 as

i Sejsmologii (PHIVOLCS), francuskie Biuro Badań Geologicznych i Mineralnych (BRGM), czy włoski Narodowy Instytut Geofizyki i Wulkanologii (INGV) ([www.miavita.brgm.fr](http://www.miavita.brgm.fr)). Podstawowymi celami w ramach MIAVITA (2008-2012) jest zapobieganie (mapowanie ryzyka, określanie możliwych scenariuszy zniszczeń), zarządzanie kryzysowe (poprawa monitoringu i funkcjonowania systemów wczesnego ostrzegania oraz łączności) i odbudowa po katastrofie. Prace w ramach tego projektu miały pomóc decydującym w podejmowaniu działań pozwalających na sprawne zarządzanie ryzykiem wulkanicznym. Efektem pracy jest wydany w 2012 roku podręcznik dotyczący oceny zagrożenia wulkanicznego oraz zarządzania w sytuacji katastrofy. Co warto zaznaczyć, podręcznik ten napisany jest w taki sposób, aby dać podstawy do stworzenia własnej strategii działań w sytuacji kryzysowej bez względu na poziom rozwoju gospodarczego obszaru, ponadto ma on tworzyć swego rodzaju pomost między naukowcami a osobami zajmującymi się zarządzaniem na obszarach ryzyka wulkanicznego. Prowadząc badania w ramach tego projektu wskazano również, jak ważna jest współpraca międzynarodowa w ocenie ryzyka i zarządzania ryzykiem wulkanicznym. Społeczeństwo międzynarodowe nie jest obojętne na katastrofy. Doskonałym przykładem jest zaoferowanie przez rząd Stanów Zjednoczonych wsparcia finansowego (100 000 USD) dla osób ewakuowanych z miejscowości położonych na stokach wulkanu Sinabung (Sumatra, Indonezja) w strefie bezpośredniego zagrożenia trwającymi procesami wulkanicznymi w lutym 2014 roku oraz na rzecz stworzenia sieci monitoringu ([www.thejakartapost.com](http://www.thejakartapost.com)).

Dzięki możliwości przewidywania erupcji wulkanów zarówno mieszkańcy tych okolic, jak i turyści wędrujący po stokach wulkanów, mogą liczyć na ostrzeżenia i uniknąć niebezpieczeństwa z tym związanego. Zatem istotną rolę odgrywają systemy ostrzegania ludzi, a duże znaczenie mają tu media i łączność (szybkość przekazania informacji). Prowadzone są też kampanie edukacyjne wśród społeczności lokalnej, w szkołach itp., szkolenia dotyczą np. zachowania się w przypadku opadu popiołów, czy sposobów zabezpieczania domów (uszczelnianie okien itp.) W kontekście sprawności funkcjonowania systemów ostrzegania, a co za tym idzie i liczby ofiar w przypadku erupcji, duże znaczenie ma również zaufanie do instytucji odpowiedzialnych za zarządzanie oraz współpraca między władzami tak krajowymi jak i lokalnymi i społecznościami lokalnymi. Jak zauważają I.E. Rego i A.M. Arroz (2012) IRGC (*International Risk Governance Council*) zwraca szczególną uwagę na komunikację między wszystkimi stronami, których dotyczy zagrożenie – więc porozumieniu i zaufaniu między społeczeństwem a naukowcami i decydentami. Dobrym przykładem na działania rządu „wspierające” mieszkańców terenów, które ucierpiały w wyniku erupcji wulkanu, oprócz wsparcia finansowego przeznaczonego na odbudowę jest

<sup>6</sup> [www.miavita.brgm.fr](http://www.miavita.brgm.fr) (22.04.2014)

<sup>7</sup> [www.thejakartapost.com](http://www.thejakartapost.com) (21.04.2014)

<sup>8</sup> <http://geography.learnontheinternet.co.uk/topics/etna.html> (27.04.2010)

the Extraordinary National Plan for Vesuvius (NEPVA). However, without the cooperation of local communities, even the best plans to limit the damage caused by volcanic processes (eg. fallout of volcanic ash), and best prepared evacuation systems do not give the desired results. It should be noted that the volcanic risk management is closely related to the management of people, the knowledge about human behavior in a situation of both peace and potential eruption is therefore important.

M.S. Davis, T. Ricci and L.M. Mitchell (2005), who studied risk perception around volcanoes Mount Vesuvius and Etna noted that saving lives and reducing losses and damage to the population depends on adequate preparation for its occurrence. The emphasis is on warnings about expected activity, as well as the ability to cope in stressful situations (eg. evacuation) and supply necessary products for the survival (water and food). It is also necessary to know about the dangers and risks, which is communicated through the use of newsletters, videos (eg. before the expected eruption of the volcano Sinabung in Sumatra); it is also important to educate children and youth.

### Volcanic risk management

Zygmunt Madeja (2014, p.15) notes that emergency management is a specific form of governance. Emergency management must be pre-planned and properly organized both in terms of coordinating activities and preparation of appropriate services and the population itself in order for it to bring desired results. In developing strategies for dealing with the eruption it is important to know human behavior in crisis situations. Previously mentioned Z. Madeja (2014, p.17) cites the results of the study of American scientists G. White and J. Haas from 1967, which showed that people very often react to uncertainty in one of two ways: some are trying to change the „unpredictable” into the „knowable” by imposing certain order where there is none, others reject any knowledge about the dangers of nature and treat them as a phenomenon unique and / or unpredictable. An example of the second approach is carried out by the I.E. Rego and A.M. Arroz (2012) in the Azores study that showed passivity of the local community in taking action to prepare for an earthquake and volcanic eruptions. The authors of this study have highlighted often negative attitudes to institutions responsible for prevention and management during the crisis, seeing in it one of the causes of the passivity. However, in the same study it was reported that the proportion of the

udzielenie np. przez włoski rząd ulg podatkowych, po erupcji Etny w 2001 roku (<http://geography.learnontheinternet.co.uk/topics/etna.html>). Opracowywane są drogi ewakuacyjne np. w przypadku erupcji Wezuwiusza plan ewakuacji z 1995 roku jako Nadzwyczajny Narodowy Plan dla Wezuwiusza (NEPVA). Jednak bez współpracy z lokalnymi społecznościami nawet najlepsze plany ograniczania szkód powstałych w wyniku procesów wulkanicznych (np. opadu popiołu wulkanicznego), czy najlepiej przygotowany system ewakuacji ludności nie da pożądanego efektów. Należy zaznaczyć, że zarządzanie ryzykiem wulkanicznym jest ściśle związane z zarządzaniem ludźmi, ważna jest zatem znajomość zachowań ludzkich w sytuacji zarówno spokoju jak i potencjalnej erupcji.

Badający percepcję ryzyka wulkanicznego w okolicy Wezuwiusza i Etny M.S. Davis, T.Ricci i L.M. Mitchell (2005) odnotowali, że ocalenie życia oraz zmniejszenie strat i obrażeń ludności zależy od odpowiedniego przygotowania do jego wystąpienia. Istotne są zarówno ostrzeżenia o spodziewanej aktywności, jak również umiejętność radzenia sobie w stresujących sytuacjach (np. ewakuacji) oraz zapotrzeniu w niezbędne do przetrwania produkty (wodę i żywność). Niezbędna jest również wiedza o zagrożeniu i ryzyku, która przekazywana jest przy użyciu biuletynów informacyjnych, filmów (np. przed spodziewaną erupcją wulkanu Sinabung na Sumatrze), ważna jest też edukacja dzieci i młodzieży szkolnej.

### Zarządzanie ryzykiem wulkanicznym

Zygmunt Madeja (2014, s.15) zauważa, że *zarządzanie kryzysowe jest szczególną formą sprawowania władzy*. Zarządzanie w sytuacjach kryzysowych, aby przynosiło pożądane efekty, musi być wcześniej zaplanowane i odpowiednio zorganizowane zarówno od strony koordynowania działań, jak i przygotowania odpowiednich służb i ludności. W opracowywaniu strategii postępowania w przypadku erupcji duże znaczenie ma wiedza na temat postępowania człowieka w sytuacjach kryzysowych. Wcześniej wspomniany Z. Madeja (2014, s.17) przytacza wyniki przeprowadzonych w 1967 roku badań amerykańskich naukowców G. White'a i J. Haas'a, które *wykazały, że bardzo często ludzie reagują na niepewność w jeden z dwóch sposobów: niektórzy usiłują zmienić „nieprzewidywalne” w „poznawalne”, narzucając pewien ład tam, gdzie go nie ma, inni odrzucają jakąkolwiek wiedzę o zagrożeniach przyrodniczych i traktują je jako zjawiska niepowtarzalne i/lub nieprzewidywalne*. Przykładem potwierdzającym drugą postawę są przeprowadzone przez I.E. Rego i A.M. Arroz (2012) na Azorach badania, które wykazały bierność społeczności lokalnej w podejmowaniu działań przygotowujących do wystąpienia trzęsień ziemi i wybuchów wulkanów. Autorki tego badania zwróciły uwagę na niejednokrotnie negatywny stosunek ludności do instytucji odpowiedzialnych za prewencję

population believes, however, that the preparation of a crisis situation is possible due to the knowledge of the risks and behavior during the event. Zygmunt Madeja (2014, p. 27) drew attention to the fact that there is still consent of the researchers on the importance of conscious events with the experience of them, because it has been shown that people can be aware of the threat, but interpret its nature in a different way. Thus, taking into account the kind of human adaptation to the risks, in crisis situations we should undertake a systematic assessment of the relationship „man - threat”. In this relationship what is worth highlighting is the importance of human attitudes towards messages presented by the relevant departments - perception of risk and public reaction to the information about a threat. It must be remembered that it is primarily the authorities in power that are responsible for the responses to threat prevention. Due to time pressure, response procedures in emergency situations should be as polished and tidy as possible, because their effectiveness depends on it. Ultimately, the role of decision-makers is crucial for communities living in areas at risk, so they should be comprehensively prepared to make decisions in the event of a disaster. As W. Marzocchi notes (2012) extensive knowledge of economics, social sciences and interpersonal communication is key, while J.C. Gillard and C.J.L. Dibben (2008) show the importance of local factors that have a substantial impact on the perception of the risk.

As previously noted the decision to evacuate is made by the authorities on behalf of the community and for political reasons it tends to be delayed - every such solution affects the activity in a given area and is associated with economic costs. Too early and misguided decision to evacuate (loss of trust in scientists and decision makers, doubts in the event of another evacuation) may even be the beginning of the end of decision-makers' being in power, and the decision made too late or not made at all, often becomes catastrophic, as a perfect example the eruption of Saint Pierre in Martinique in 1902 might be mentioned (no evacuation and the death of approx. 30,000 people).

According to W. Marzocchi and others (2012) decision-making should be based on the model of costs and losses. It is important to quickly identify the needs and efficiently conduct the rescue operation, including the need for a good knowledge of the terrain on which to perform the intervention in a crisis situation. Zygmunt Madeja (2014, p. 30) noted that the resistance of the people to the withdrawal from the area of operation of a natural disaster is an additional problem for crisis management units, because it increases the quantity and quality ranges of the needs of both victims as well as those of the rescue teams and aid staff. It should, however, be noted that the losses resulting from volcanic eruptions are not the greatest from the perspective of global losses as a result of extreme events<sup>9</sup> However, it should

in management in the course of a crisis, upatrując w nim jedną z przyczyn bierności. Przy czym w tych samych badaniach odnotowano, że część ludności uważa jednak, że przygotowanie na sytuację kryzysową jest możliwe dzięki znajomości zagrożenia i sposobów zachowania w trakcie jego wystąpienia. Zygmunt Madeja (2014, s. 27) zwrócił uwagę na to, iż *brak jest nadal zgody badaczy co do znaczenia związków świadomości zdarzeń z doświadczaniem ich, ponieważ wykazano, że ludzie mogą być świadomi zagrożenia, ale w odmienny sposób interpretują jego naturę.* Zatem biorąc pod uwagę swego rodzaju przystosowywanie się człowieka do zagrożeń, w sytuacjach kryzysowych należy dokonywać systematycznej oceny relacji człowiek – zagrożenie. W przypadku tej relacji warto podkreślić znaczenie postaw człowieka wobec komunikatów przedstawianych przez odpowiednie służby – percepcja zagrożenia i reakcja społeczeństwa na informacje o zagrożeniu. Należy pamiętać, że to przede wszystkim organy sprawujące władzę ponoszą odpowiedzialność za podejmowane w obliczu zagrożenia działania prewencyjne. Ze względu na presję czasu procedury reagowania w sytuacjach kryzysowych powinny być maksymalnie dopracowane i uporządkowane, bo od tego zależy ich skuteczność. W ostatecznym rozrachunku rola decydentów jest kluczowa dla społeczności zamieszkującej tereny zagrożone, stąd powinni oni być kompleksowo przygotowani do podejmowania decyzji w razie wystąpienia katastrofy. Jak zwraca uwagę W. Marzocchi (2012) ważna jest rozległa wiedza z ekonomii, nauk społecznych i komunikacji interpersonalnej, a J.-C. Gillard i C.J.L. Dibben (2008) wskazują na znaczenie czynników lokalnych, które mają niebagatelny wpływ na postrzeganie ryzyka.

Jak już wcześniej zauważono decyzję o ewakuacji w imieniu społeczności podejmują władze i ze względów politycznych bywają one odwlekane w czasie – każde takie rozwiązanie wpływa na działalność na danym obszarze i wiąże się z kosztami ekonomicznymi. Przedwczesna i nietrafiona decyzja o ewakuacji (strata zaufania do naukowców i decydentów, wątpliwości w przypadku kolejnej ewakuacji) może nawet być początkiem końca będących wtedy u władzy decydentów, natomiast decyzja podjęta zbyt późno lub nie podjęta wcale, często staje się katastrofalna w skutkach, czego doskonałym przykładem jest wybuch wulkanu Mount Pelée na Martinice w 1902 roku (brak ewakuacji i śmierć ok. 30000 osób).

Według W. Marzocchi i innych (2012) podejmowanie decyzji powinno opierać się na modelu kosztów i strat. Ważne jest szybkie rozpoznanie potrzeb oraz sprawne przeprowadzenie akcji ratunkowej, w tym celu potrzebna jest dobra znajomość terenu, na którym ma być przeprowadzona interwencja w sytuacji kryzysowej. Zygmunt Madeja (2014, s. 30) zauważył, że *opór tych ludzi przed wycofaniem się z terenu działania klęski żywiołowej jest dodatkowym problemem dla sztabów zarządzania kryzysowego, ponieważ większa ilościowo oraz jakościowo zakresy potrzeb*

<sup>9</sup> Further on this written by I.A. Riezanow, 1986

be emphasized that they are locally very important for the economy of the area and for its people. It is of particular importance for the residents of the islands with natural barriers in the form of water surrounding the island.

In order to reduce losses, relevant programs are also prepared as well as guidance documents for those living in areas vulnerable to the effects of activity of the volcano eruption. The basis for spatial plans of the volcanic areas and for the evacuation plans is the creation of hazard maps (as pointed out by W. Marzocchi et al, 2012). In contrast, D. Paton, L. Smith and D.M. Johnston (2000) indicates that the risk can be reduced by taking appropriate, sometimes small actions, such as sealing off windows and air conditioners, or payments from the insurance and financial support from the state budget to allow the necessary repairs and purchase of new equipment that has been damaged or destroyed; while adequate preparation, such as food, water supplies, owning a radio allow for fulfilling basic needs during a volcanic eruption. It is important to make appropriate predictions, the above-mentioned monitoring and warning systems, which often would adequately protect against anticipated threats are expensive, however, societies, as noted by Z.W. Kundzewicz and P. Matczak (2010), are not willing to reduce consumption.

### **Losses and benefits associated with living in the immediate vicinity of the volcano**

Volcanic phenomena have a dual character. The population of the area in the immediate vicinity of volcanoes live in areas at risk of the harmful effects of the volcanic processes. As noted by H. Gaudru (2005, p. 1), since the eighteenth century approximately 100,000 people died due to 9 major volcanic eruptions in the islands. They suffered death as a result of both direct (outflow of lava, ash fallout and other pyroclastic materials, hot clouds of toxic gas fumes), and secondary effects (lahars, landslides, tsunamis) of volcanic actions.

However, the negative effects of volcanic eruptions may go far beyond the area of the phenomenon - an example is Eyjafjoell eruption in Iceland in 2010. As a result of the emission of gases and volcanic ash many airports were temporarily closed all over Europe, which led to very large financial losses not only suffered by the airlines but also by entities in other areas, eg. tourism. The losses of the airlines

zarówno ofiar, jak również osób z ekip ratowniczych i pomocowych. Warto, jednak zaznaczyć, że straty wynikające w erupcji wulkanicznych nie należą do największych z perspektywy globalnych strat powstałych w wyniku zjawisk ekstremalnych<sup>2</sup>, jednak należy podkreślić, że w skali lokalnej są one bardzo istotne zarówno dla gospodarki tego obszaru jak i dla zamieszkującej go ludności. Szczególne znaczenie ma to właśnie dla mieszkańców wysp ograniczonych naturalną barierą w postaci otaczającej wyspę wody.

W celu ograniczenia strat przygotowywane są również odpowiednie programy i wydawane dokumenty z wytycznymi dla osób zamieszkujących tereny zagrożone skutkami działalności wulkanu. Podstawą dla planów zagospodarowania przestrzennego obszarów wulkanicznych oraz planów ewakuacji ludności jest tworzenie map zagrożenia (na co zwracają uwagę W. Marzocchi i inni, 2012). Natomiast D. Paton, L. Smith i D.M. Johnston (2000) zaznaczają, że ryzyko można ograniczyć podejmując odpowiednie nieraz drobne działania, takie jak uszczelnianie okien i klimatyzatorów, czy wypłaty z ubezpieczeń i wsparcie finansowe z budżetu państwa pozwalające na przeprowadzenie niezbędnych napraw i zakup nowego wyposażenia, które uległo uszkodzeniu i zniszczeniu; natomiast odpowiednie przygotowanie, takie jak zgromadzenie żywności, wody, posiadanie łączności radiowej pozwala na zaspokojenie podstawowych potrzeb podczas trwania erupcji wulkanu. Istotne jest przygotowanie odpowiednich prognoz, wspomnianych wyżej systemów monitoringu i ostrzegania, które niejednokrotnie pozwoliłyby odpowiednio zabezpieczyć się przed przewidywanymi zagrożeniami, ale są to jednak działania kosztowne, a społeczeństwa, jak zwraca uwagę Z.W. Kundzewicz i P. Matczak (2010), nie są skłonne do ograniczania konsumpcji.

### **Straty i korzyści związane z życiem w bezpośrednim sąsiedztwie wulkanu**

Zjawiska wulkaniczne mają dualny charakter. Ludność zamieszkująca tereny w bezpośrednim sąsiedztwie wulkanów żyje na obszarach zagrożonych negatywnymi skutkami procesów wulkanicznych. Jak zauważył H. Gaudru (2005, s. 1) od XVIII wieku w 9 większych erupcjach wulkanicznych na wyspach zginęło około 100 tysięcy osób. Poniosły one śmierć zarówno w wyniku bezpośrednich (wypływ lawy, opad popiołów i innych materiałów piroklastycznych, gorące chmury, wyziewy trujących gazów), jak i wtórnych skutków (lahary, osunięcia gruntu, tsunami) działania wulkanów.

Jednak negatywne skutki erupcji wulkanów mogą wykraczać daleko poza obszar wystąpienia zjawiska – przykładem jest erupcja wulkanu Eyjafjoell na Islandii w 2010 roku. W wyniku emisji do atmosfery gazów i pyłów wulkanicznych niemal w całej Europie czasowo zamknięto wiele lotnisk, co pociągnęło za

<sup>2</sup> więcej o tym pisał I.A. Riezanow, 1986



themselves were estimated at \$ 400 million per day<sup>10</sup>. However, mainly people living near the volcano live in an immediate danger, which is mainly related to lava, pyroclastic materials, toxic fumes and earthquakes coming from volcanic lahars and volcanic ash fallout threatens them. And it is the latter danger that led to the serious losses in agriculture in Catania province in Sicily in 2002. Although these losses were considerably less significant than those in the case of closure of airports, but on a local scale they were quite enormous: as much as 80% of the crops of vegetables and 50% of the crops of oranges were lost - which was estimated at 140 million euros in losses<sup>11</sup>. Damages caused as a result of volcanic eruptions occur in both rich and poor countries. Rich countries, however, have greater possibilities to provide the necessary material assistance and resources in the event of disaster for reconstruction, they also create the possibility of loss compensation faster and potentially provide better organization of aid and the rebuilding. Awareness of the risks at the impossibility of eliminating them forces the communities living near volcanoes to prepare for their increased activity.

As noted by W. Marzocchi and others (2012), volcanic hazards are tolerated by the people, in return for the benefits they gain while living in their neighborhood. They can make use of the benefits such as fertile volcanic soil, building materials, minerals, or geothermal energy and others. Rainfall of volcanic ash which does not exceed 5 mm of thickness improves soil quality by enriching its mineral components.<sup>12</sup> Referring to the example of Iceland, thanks to its geothermal energy it is possible to use in a cool, moderate, maritime climate the fertile volcanic soil for the cultivation of vegetables, and even citrus fruits in greenhouses. In Iceland, geothermal energy is used for central heating of houses, and since 2000 it constitutes more than 85% of the energy sources used for this purpose<sup>13</sup>. Not without significance for the population of the areas where there are active volcanoes is the development of tourism, as these areas are target tourist destinations, the fact emphasized, among others, by Jędrusik, Makowski and Plit (2010). The volcanic nature of the islands is often considered a factor enhancing the attractiveness of the area, which may be shown on the example of the Kuril Islands, as described by Wites T. (2009). Proper preparation of tourist facilities also allows to gain large revenues from tourism in the region. As noted by A. Scarth (1999), warnings of the possibility of a volcanic eruption often cause an increase in the number of tourists. The economy on many volcanic islands is based mainly on the tourism sector, and volcanic eruptions can lead to dam-

sobą bardzo duże straty finansowe nie tylko linii lotniczych, ale też w innych dziedzinach np. w turystyce. Straty samych linii lotniczych szacowane były na 400 milionów USD dziennie (<http://www.newsweek.pl/artykuly/sekcje/biznes/paraliz-ruchu-lotniczego-spowodowal-1-7-miliarda-dolarow-strat,57072,1>). Natomiast w bezpośrednim zagrożeniu żyją przede wszystkim ludzie mieszkający w pobliżu wulkanu, a zagraża im głównie wydobywająca się lava, materiały piroklastyczne, trujące wyziewy, trzęsienia ziemi o genezie wulkanicznej, lahary, opad popiołu wulkanicznego. I to właśnie ten ostatni doprowadził do znacznych strat np. w rolnictwie w prowincji Katanania na Sycylii w 2002 roku. Straty były wprawdzie nieporównywalnie niższe niż te w przypadku zamknięcia lotnisk, jednak w skali lokalnej były wręcz olbrzymie: utracono bowiem aż 80% upraw warzyw i 50% upraw pomarańczy – co oszacowano na 140 mln euro (<http://volcanoes.usgs.gov/ash/agric/index.html>). Zniszczenia powstałe w wyniku erupcji wulkanicznych mają miejsce zarówno w krajach bogatych jak i biednych. Kraje bogate mają jednak większe możliwości materialne, aby nieść niezbędną w przypadku katastrofy pomoc i środki na odbudowę, wiąże się to również z szybszą możliwością kompensacji strat oraz potencjalnie lepszą organizacją pomocy i odbudowy. Świadomość zagrożeń przy niemożliwości ich eliminacji wymusza na społecznościach żyjących w pobliżu wulkanów przygotowanie się na ich wzmożoną działalność.

Jak zauważa W. Marzocchi i inni (2012) zagrożenia wulkaniczne są tolerowane przez ludzi, w zamian za korzyści, jakie osiągają oni żyjąc w ich sąsiedztwie. Mogą korzystać z dobrodziejstw takich jak: żyzne gleby wulkaniczne, materiały budowlane, surowce mineralne, czy energia geotermalna i inne. Opady popiołu wulkanicznego nie przekraczające 5 mm grubości podnoszą jakość gleb poprzez wzbogacanie ich w składniki mineralne (<http://volcanoes.usgs.gov/ash/agric/index.html>). Odnosząc się do przykładu Islandii, dzięki energii geotermalnej możliwe jest wykorzystanie w klimacie umiarkowanym chłodnym morskim żyznych gleb wulkanicznych w uprawie szklarniowej – warzyw, a nawet owoców cytrusowych. Na Islandii energia geotermalna służy do ogrzewania pomieszczeń, od 2000 roku to ponad 85% źródeł energii wykorzystywanej w tym celu ([www.nea.is/geothermal/direct-utilization/greenhouses/](http://www.nea.is/geothermal/direct-utilization/greenhouses/)). Nie bez znaczenia dla ludności zamieszkującej obszary, gdzie znajdują się czynne wulkany jest również rozwój turystyki, gdyż tereny te stanowią cel destynacji turystycznych, co podkreślają m.in. Jędrusik, Makowski i Plit (2010). Wulkaniczny charakter wysp niejednokrotnie uznawany jest za czynnik podnoszący atrakcyjność obszaru, o czym, na przykładzie Wysp Kurylskich, pisał T. Wites (2009). Odpowiednie przygotowanie zaplecza turystycznego dodatkowo pozwala na czerpanie dużych dochodów z turystyki w danym regionie. Jak zauważa A. Scarth (1999), ostrzeżenia o możliwości

<sup>10</sup> <http://www.newsweek.pl/artykuly/sekcje/biznes/paraliz-ruchu-lotniczego-spowodowal-1-7-miliarda-dolarow-strat,57072,1> (15.05.2010)

<sup>11</sup> <http://volcanoes.usgs.gov/ash/agric/index.html> (17.03.2010)

<sup>12</sup> <http://volcanoes.usgs.gov/ash/agric/index.html> (12.01.2014)

<sup>13</sup> [www.nea.is/geothermal/direct-utilization/greenhouses/](http://www.nea.is/geothermal/direct-utilization/greenhouses/) (12.02.2010)

aging infrastructure and scaring off some tourists, while attracting others (eg. at Stromboli).

It is worth noting that J. Becker, L. Smith, D. Johnston and A. Munro (2001) also pointed out that people who perform certain professions could benefit from a volcanic eruption or earthquake. The example which they set forth was the eruption of Ruapehu between 1995-1996 in the Northern Island of New Zealand, when the representatives of industries such as veterinary services, information services, road construction and water and sewage piping, hydraulic enterprises, etc., benefited from the situation, as it triggered the increase in demand for services in this area.

### Significant volcanic eruptions on the islands

According to a study of G. Philipson and others (2013) time of unrest of stratovolcanoes ranges from two days to two months, while a longer period of unrest is characteristic for clypeal volcanoes. In the case of proper risk management organization it allows to warn communities living in areas at risk and, if necessary, ensures smooth evacuation. In the years 1973-2004 on 14 volcanic islands 17 eruptions occurred, in case of which it was decided to carry out the evacuation of its inhabitants. According to data collected by H. Gaudru (2005, p. 1-2) in the years between 1973 and 2004 the largest evacuation occurred in connection with the eruption of the Soufrière Guadeloupe in 1976 in Guadeloupe – where 72,000 people were evacuated. Volcanoes which are considered to be extinct, which after years of peace resume their activity, are considered a serious problem. Because of the limited human and financial resources, such volcanoes are not constantly monitored. The following section contains selected examples of volcanic eruptions, which resumed their activities after years of being dormant, and the eruptions were so dangerous that required the evacuation of people living within their vicinity.

The example which is often mentioned, due to the scale of the destruction and survival of only two people, is a volcanic eruption (VEI 4) in Martinique (France) in 1902 after approx. 50 years of peace. As a result of a violent explosion and fallout clouds of hot gas and dust, within a few minutes the whole Saint Pierre city was destroyed and except for the previously mentioned survivors the entire population was killed - as noted by R.W. Decker and B.B. Decker (1991) - about 40,000 people. In the case of the eruption there was a significant oversight on the part of the authorities and the scientific committee who, despite clear signs of impending eruption, ignored the danger. This decision had a political aspect - it took place before new elections for provincial governor

wybuchu wulkanu często powodują nawet wzrost liczby turystów. Gospodarka na wielu wyspach wulkanicznych obejmuje bowiem głównie sektor turystyczny, a wybuchy wulkanów mogą prowadzić do uszkodzenia infrastruktury oraz odstraszyć część turystów, podczas gdy innych przyciągają (np. na Stromboli).

Warte odnotowania jest, iż J. Becker, L. Smith, D. Johnston i A. Munro (2001) zwrócili też uwagę, że osoby wykonujące pewne profesje mogą zyskać na erupcji wulkanu czy trzęsieniu ziemi. Przytoczyli oni przykład erupcji Ruapehu 1995-1996 roku na Wyspie Północnej Nowej Zelandii, kiedy to korzyści odnieśli przedstawiciele takich branż jak: służby weterynaryjne, usługi informacyjne, budownictwo drogowe i wodnokanalizacyjne, przedsiębiorstwa hydrauliczne itp., czego przyczyną był wzrost zapotrzebowania na usługi z tego zakresu.

### Znaczące erupcje wulkanów na wyspach

Według badań G. Philipson'a i innych (2013) czas niepokoju stratowulkanów waha się od 2 dni do 2 miesięcy, dłuższym okresem niepokoju charakteryzują się wulkany tarczowe. W przypadku prawidłowej organizacji zarządzania ryzykiem pozwalają na ostrzeżenie społeczności zamieszkującej zagrożone tereny i w razie potrzeby sprawne przeprowadzenie ewakuacji. W latach 1973-2004 na 14 wyspach wulkanicznych doszło do 17 erupcji, w związku z którymi zdecydowano się na przeprowadzenie ewakuacji zamieszkującej tam ludności. Według danych zgromadzonych przez H. Gaudru (2005, s. 1-2) w latach 1973-2004 do największej ewakuacji doszło w związku z erupcją Soufrière Guadeloupe w 1976 roku na Gwadelupie – ewakuowano 72 tysiące osób. Poważny problem stanowią wulkany uważane za wygasłe, które po latach spokoju wznowiają swoją aktywność. Bowiem ze względu na ograniczone możliwości personalne i finansowe takie wulkany nie są ciągle monitorowane. Poniżej wybrano przykłady wybuchów wulkanów, które wznowiły swoją działalność po latach uśpienia, a erupcje były na tyle groźne, że wymagały ewakuacji ludności zamieszkującej w ich otoczeniu.

Często podawanym, ze względu na skalę zniszczeń oraz ocalenie zaledwie dwóch osób, jest wybuch wulkanu (VEI 4) na Martynice (Francja) w 1902 roku po ok. 50 latach spokoju. W wyniku gwałtownego wybuchu i opadu chmury gorących gazów i pyłu w ciągu kilku minut zniszczone zostało całe miasto Saint Pierre i poza wcześniej wspomnianymi ocalonymi zginęła cała ludność – jak podają R.W. Decker i B.B. Decker (1991) – nawet około 40 tysięcy osób. W przypadku tej erupcji doszło do znacznego niedopatrzania ze strony władz i komisji naukowej, które mimo wyraźnych objawów nadchodzącej erupcji zlekceważyły niebezpieczeństwo. Decyzja ta miała aspekt polityczny – działo się to przed nowymi wyborami na gubernatora prowincji i ówczesny guber-

and the governor in place at that time, in order to get the support of the residents decided not to evacuate the people despite the high risk. Disregard to threats led to one of the greatest tragedies in the history of volcanic eruptions. As a result of the sacrifice of 40 000 human lives, people around the world saw how important it is to observe volcanoes and respond in the event of a real threat. Since 1903 regular observations of activity of Mont Pelée have been conducted.

On the other hand, located in a densely populated area Mount Pinatubo (Philippines, Luzon), gave no signs of activity for about 600 years until April 1991, when the volcano (VEI 6) began to emit gases and volcanic ash - this information has been transmitted to the volcanic observatory in Manila. Such a resumption of activity by the volcano caused immediate reaction of scientists and led authorities to evacuate people from the areas which were potentially at a direct risk - finally about 60,000 people were evacuated. Despite this, still about 800 people were killed<sup>14</sup>.

Like the Philippine volcano Pinatubo, in 1995 the Soufrière Hills (VEI 3) on the island of Monserrat resumed its activity after a long period of being dormant (a little over 300 years). In 1988 the volcanic hazard assessment was drawn up for the island which consisted in one third of a volcano. It is worth noting that in this case some people did not see the threat, and limiting access to agricultural fields was seen as unreasonable. Consistent actions of authorities allowed, however, to avoid the worst - population living in the zone of immediate danger was evacuated.

An interesting example of an effective opposition to the lava flowing out of the newly formed crater on the volcano Helgafell Eldfell (VEI 3) on the island of Heimaey (Iceland), despite the fact that since the previous eruption only 10 years had passed, were efforts to save the port and fish processing plants on the island Heimaey (Vestmannaeyjar Archipelago) in 1973. In this regard, sea water was used which was brought to the front of the stream of lava with the use of special pumps imported from the USA. Pouring water onto the lava reduced the speed of its flow. Finally, the action was a success, and the port and fish processing plants were saved from destruction forming the basis for the economic well-being of the population on the island. Saving of the key facilities for the residents allowed for the return of the majority of the population which had been evacuated during the eruption.<sup>15</sup> Actions carried out at Heimaey were a reaction to the occurrence of the eruption, while in the North Island of New Zealand, as pointed out by J.S. Becker, W.S.A. Saunders, C.M. Robertson, G.S. Leonard and D.M. Johnston (2010), a sort of preventive action involving the construction of embankments targeted at redirecting lahars threatening the tech-

nator chcąc uzyskać poparcie mieszkańców, mimo dużego zagrożenia, nie zdecydował się na ewakuację. Lekceważenie zagrożenia doprowadziło do jednej z największych tragedii w dziejach erupcji wulkanicznych. Skutkiem ofiary życia 40 tysięcy osób było uświadomienie ludziom na całym świecie jak ważne jest obserwowanie wulkanów i reagowanie w przypadku realnego zagrożenia. Od 1903 roku rozpoczęto też regularne obserwacje aktywności Mont Pelée.

Natomiast znajdujący się na gęsto zaludnionym obszarze Pinatubo (Filipiny, Luzon), nie dawał oznak aktywności przez około 600 lat aż do kwietnia 1991 roku, kiedy z wulkanu (VEI 6) zaczęły wydobywać się gazy i popioły wulkaniczne - informacje o tym zostały przekazane do obserwatorium wulkanologicznego w Manili. Takie wznowienie działalności przez wulkan spowodowało natychmiastową reakcję naukowców i władz doprowadziła do ewakuacji ludności z terenów bezpośrednio zagrożonych wybuchem - ostatecznie ewakuowano około 60 tysięcy osób. Mimo to zginęło około 800 osób ([www.national-geographic.pl/artykuly/pokaz/wulkany/3/](http://www.national-geographic.pl/artykuly/pokaz/wulkany/3/)).

Podobnie jak filipiński wulkan Pinatubo, również Soufrière Hills (VEI 3) na wyspie Monserrat w 1995 roku wznowił swoją działalność po długim okresie uśpienia (po nieco ponad 300 latach). W 1988 roku sporządzono ocenę zagrożenia wulkanicznego na zajmowanej w 1/3 przez wulkan wyspie. Warto zaznaczyć, że i w tym przypadku część osób nie dostrzegła zagrożenia, a ograniczenie dostępu do pól uprawnych było postrzegane jako nieuzasadnione. Konsekwentne postępowanie władz pozwoliło jednak na uniknięcie katastrofy - ewakuowano ludność zamieszkującą w strefie bezpośredniego zagrożenia.

Interesującym przykładem na skuteczne przeciwstawienie się potokom lawy wypływającej z nowo powstałego na wulkanie Helgafell krateru Eldfell (VEI 3) na wyspie Heimaey (Islandia), mimo że od ostatniej erupcji minęło tylko 10 lat, były działania mające na celu uratowanie portu i przetwórnicy rybnych na wyspie Heimaey (Archipelag Vestmannaeyjar) w 1973 roku. W tym celu wykorzystano wodę morską, która przy wykorzystaniu specjalistycznych, sprowadzonych z USA pomp była doprowadzana do czoła potoku lawowego. Polewanie lawy wodą zmniejszyło tempo jej płynięcia. Ostatecznie odniesiono sukces i ocalono od zniszczenia port i przetwórnice rybne będące podstawą gospodarowania ludności na wyspie. Ocalenie kluczowych dla mieszkańców obiektów pozwoliło na powrót większości ewakuowanej w trakcie erupcji ludności (<http://www.iceland.pl/artyk/031115artyk2.html>, [http://www.islandia.org.pl/artykuly/2002/wybuch\\_wulkanu\\_na\\_heimaey.html](http://www.islandia.org.pl/artykuly/2002/wybuch_wulkanu_na_heimaey.html)). Działania prowadzone na Heimaey były reakcją na wystąpienie erupcji, natomiast na Północnej Wyspie Nowej Zelandii, jak zwrócili uwagę J.S. Becker, W.S.A. Saunders, C.M. Robertson, G.S. Leonard i D.M. Johnston (2010), prowadzone są swego rodzaju działania prewencyjne polegające na budowie nasypów mających na celu przekierowanie laharów

<sup>14</sup> [www.national-geographic.pl/artykuly/pokaz/wulkany/3/](http://www.national-geographic.pl/artykuly/pokaz/wulkany/3/) (20.04.2014)

<sup>15</sup> Information source: źródło: <http://www.iceland.pl/artyk/031115artyk2.html> i [http://www.islandia.org.pl/artykuly/2002/wybuch\\_wulkanu\\_na\\_heimaey.html](http://www.islandia.org.pl/artykuly/2002/wybuch_wulkanu_na_heimaey.html) (27.11.2013)

nical infrastructure and the population was conducted. Another important measure was to increase and strengthen the road bridge in the village of Whakapapa before the lahar of 2007.

The above examples of volcanic island catastrophes, those with dramatic outcomes and such, in which thanks to the fast response and efficient evacuation the catastrophes were avoided, only confirm the need for monitoring volcanoes.

## Conclusions

The benefits of living in volcanic areas (such as fertile soil), despite the risks involved, lead to population growth within the volcanic areas, causing an automatic increase in the risk of volcanic eruption threat. Volcanic eruptions can have both direct and indirect effects.

Insular populations living in areas directly threatened by volcanic activity can counteract its negative effects, because the technical and scientific progress allows to predict eruptions. Monitoring volcanoes and crisis management is particularly important in the islands due to the inhabited land limited by water barrier and used by the population.

So far, people failed to reduce the strength of the explosion, but it is possible to a certain degree to adapt local communities by introducing appropriate land use regulations, as well as providing immediate help which is the result of efficient and deliberate crisis management. In emergency situations efficient evacuation is often the only way to save the life of people living on volcanic islands. It is also necessary to coordinate the activities undertaken by the researchers and the administrative authorities. Not without significance is also the confidence of the people in the institutions responsible for the safety and management of the area.

Volcanoes considered as dormant are not monitored regularly, and just after waking up, they turn out to be very dangerous for the unprepared population. The international community recognizes the problem of volcanic risk management, and an example of taking action is a MIAVITA project. However, even the best monitoring and evacuation plans will not bring the desired effects, if people do not take action to prepare for the eruption.

zagrożających infrastrukturze technicznej oraz ludności. Innym ważnym działaniem było podwyższenie i wzmocnienie mostu drogowego w miejscowości Whakapapa przed laharem z 2007 roku.

Powyższe przykłady erupcji wulkanów wyspiarskich katastrofalnych w skutkach oraz takie, których dzięki szybkiej reakcji i sprawnej ewakuacji udało się uniknąć potwierdzają konieczność monitoringu wulkanów.

## Wnioski

Korzyści płynące z zamieszkiwania obszarów wulkanicznych (m. in. żyzne gleby), mimo istniejącego zagrożenia, prowadzą do wzrostu liczby ludności obszarów wulkanicznych powodując automatyczny wzrost ryzyka wulkanicznego. Erupcje wulkaniczne mogą mieć zarówno skutki bezpośrednie, jak i pośrednie.

Społeczeństwa wyspiarskie zamieszkujące tereny bezpośrednio zagrożone aktywnością wulkaniczną mogą przeciwdziałać jej negatywnym skutkom, bowiem możliwości techniczne i postęp nauki pozwalają na przewidywanie erupcji. Monitoring wulkanów oraz zarządzanie kryzysowe jest szczególnie istotne na wyspach ze względu na ograniczoną barierą wodną powierzchnię zamieszkiwaną i użytkowaną przez ludność.

Dotychczas nie udało się zmniejszyć siły wybuchu, jednak można w pewnym stopniu przystosować lokalne społeczności przez wprowadzenie odpowiednich przepisów użytkowania ziemi, jak również udzielanie natychmiastowej pomocy będące efektem sprawnego i przemyślanego zarządzania kryzysowego. W sytuacjach zagrożenia często jedynym sposobem na ocalenie życia ludności zamieszkującej wyspy wulkaniczne jest sprawna ewakuacja. Niezbędna jest też koordynacja działań podejmowanych przez naukowców i władze administracyjne. Nie bez znaczenia jest tu również zaufanie ludności do instytucji odpowiedzialnych za bezpieczeństwo i zarządzanie na danym obszarze.

Wulkany uważane za uśpione nie są regularnie monitorowane, a właśnie one po przebudzeniu okazują się być bardzo groźne dla nieprzygotowanej ludności. Społeczność międzynarodowa dostrzega problem zarządzania ryzykiem wulkanicznym, a przykładem na podejmowanie działań jest projekt MIAVITA. Jednak nawet najlepszy monitoring i plany ewakuacji nie przyniosą pożądanych skutków, jeżeli ludność nie podejmie działań mających na celu przygotowanie się do erupcji.

## References/ Literatura:

1. Auken M.R., Sparks R.S.J., Siebert L., Crossweller H.S. i Ewert J. (2013), *A statistical analysis of the global historical fatalities record*, Journal of Applied Volcanology, t. 2, z. 2, s. 1-24
2. Baran L. (2012), *O doniosłości medycyny katastrof i ratunkowej w społeczeństwie ryzyka*, Ostry dyżur, 2012, t. 5, z. 3-4, s. 31-35.
3. Becker J., Smith R., Johnston D., Munro A. (2001), *Effects of the 1995-1996 Ruapehu eruptions on communities in central North Island, New Zealand, and people's perceptions of volcanic hazards after the event*, Australian Journal of Disaster and Trauma Studies, t. 1 <http://trauma.massey.ac.nz/trauma/issues/2001-1/beker.htm> (08.12.2013).

4. Biernacki W., Bokwa A., Działek J., Padło T. (2009), *Społeczności lokalne wobec zagrożeń przyrodniczych i klęsk żywiołowych*, IGI GP UJ, Kraków.
5. De Boer J.Z., Sanders D.Th. (2002), *Volcanoes in Human History The Far-Reaching Effects of Major Eruptions*, Princeton University Press, USA.
6. Davis M.S., Ricci T., Mitchell L.M. (2005), *Perceptions of Risk for Volcanic Hazards At Vesuvio and Etna, Italy*, Australian Journal of Disaster and trauma Studies, t.1 <http://trauma.massey.ac.nz/issues/2205-1/davis.htm> (08.12.2013).
7. Decker R.W., Decker B.B. (1991), *Mountains of fire The nature of volcanoes*, Cambridge University Press, USA.
8. Domiey-Howes D., Minos-Minopoulos D. (2004), *Perceptions of hazard and risk on Santorini*, Journal of Volcanology and Geothermal Research t. 137, s. 285-310.
9. Gaudru H. (2005), *Overview of potential impact of eruptions on volcanic islands (Global approach for volcanic risk mitigation)*, European Volcanological Society, UNISDR scientific advisor for volcanic risk mitigation, [http://www.prevention-web.net/files/5538\\_overviewpotentialimpact.pdf](http://www.prevention-web.net/files/5538_overviewpotentialimpact.pdf) (14.04.2014).
10. Gillard J.-C., Dibben C.J.L. (2008), *Volcanic risk perception and beyond*, Journal of Volcanology and Geothermal Research t. 172, s. 163-169.
11. Graniczny M., Mizerski W. (2009), *Katastrofy przyrodnicze*, WN PWN, Warszawa.
12. Jędrusik M. (2005), *Wyspy tropikalne. W poszukiwaniu dobrobytu*, WUW, Warszawa.
13. Jędrusik M., Makowski J., Plit F. (2010), *Geografia turystyczna świata Nowe trendy. Regiony turystyczne*, WUW, Warszawa.
14. Kundzewicz Z.W., Matczak P. (2010), *Zagrożenia naturalnymi zdarzeniami ekstremalnymi*, Nauka nr 4, s. 77-86.
15. Lisowski A. (1996), *Skutki występowania wybranych zagrożeń naturalnych i ich percepcja w Polsce*, UW, Warszawa.
16. Madeja Z. (2014), *Warunki przystosowania się ludzi oraz ochrona osób i mienia podczas zarządzania kryzysem wynikającym z zagrożeń przyrodniczych*, Zeszyty Naukowe Instytutu Ekonomii i Zarządzania, Koszalin, z. 3, s. 15-46.
17. Marzocchi W., Newhall Ch., Woo G. (2012), *The scientific management of volcanic crises*, Journal of Volcanology and Geothermal Research 247-248, s. 181-189, [http://www.globalvolcanomodel.org/documents/JVGR\\_marzocchi\\_etal\\_12.pdf](http://www.globalvolcanomodel.org/documents/JVGR_marzocchi_etal_12.pdf) (11.04.2014).
18. Maślankiewicz K. (1961), *Wulkany*, PWN, Warszawa.
19. Paton D., Smith L., Johnston D.M. (2000), *Volcanic Hazards: Risk Perception and preparedness*, New Zealand Journal of Psychology, 29, 2, s. 86-91.
20. Paton D., Johnston D., Bebbington M.S., Lai C.-D., Hughton B.F. (2001), *Direct and vicarious experience of volcanic hazards: implication for risk perception and adjustment adoption*, Australian Journal of Emergency Management 15, 4, s. 58-64.
21. Philipson G., Sobradelo R., Gottsmann J. (2013), *Global volcanic unrest in the 21<sup>st</sup> century: An analysis of the 1<sup>st</sup> decade*, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 264, s. 183-196.
22. Rego I. E., Arrozo A. M. (2012), *Places of fear and attachment how Azoreans perceive seismic and volcanic risk*, Global Journal of Community Psychology Practice, t. 3, z. 4, s. 1-9.
23. Riezanov I.A. (1986), *Wielkie katastrofy w historii Ziemi*, PWN, Warszawa.
24. Rucińska D. (2012), *Ekstremalne zjawiska przyrodnicze a świadomość społeczna*, WGiSR UW, Warszawa.
25. Scarth A. (1999), *Vulcan's fury: Man against the Volcano*, New Haven, CT: Yale University Press, s. 132-167.
26. UNDR0, *Natural Disasters and Vulnerability Analysis – report of Expert Group Meeting 1979*, Boston Public Library, [http://archive.org/stream/naturaldisasters00offi/naturaldisasters00offi\\_djvu.txt](http://archive.org/stream/naturaldisasters00offi/naturaldisasters00offi_djvu.txt) (27.04.2013).
27. Wites T. (2009), *Pheripheralality of the Kuril Islands – a Development Barrier or a Development Factor?*, Asia and Pacific Studies, 6, p. 81-95.

### Websites/ Strony internetowe:

28. NEA [www.nea.is/geothermal/direct-utilization/greenhouses/](http://www.nea.is/geothermal/direct-utilization/greenhouses/) (12.02.2010).
29. Volcanoes USGS <http://volcanoes.usgs.gov/ash/agric/index.html> (17.03.2010).
30. Learn the internet <http://geography.learnontheinternet.co.uk/topics/etna.html> (27.04.2010).
31. Newsweek Polska <http://www.newsweek.pl/artykuly/sekcje/biznes/paraliz-ruchu-lotniczego-spowodowal-1-7-mil-iarda-dolarow-strat,57072,1> (15.05.2010).
32. Nauka w Polsce <http://www.naukawpolsce.pap.pl/aktualnosci/news,364807,elektroniczne-pajaki-na-gorze-sw-heleny.html> (20.12.2013).
33. Iceland <http://www.iceland.pl/artyk/031115artyk2.html> (27.11.2013).
34. Islandia [http://www.islandia.org.pl/artykuly/2002/wybuch\\_wulkanu\\_na\\_heimaey.html](http://www.islandia.org.pl/artykuly/2002/wybuch_wulkanu_na_heimaey.html) (27.11.2013).
35. Volcano Smithsonian Institution <http://www.volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=263250> (28.11.2013).
36. Environment and Society <http://www.environmentandsociety.org/arcadia/i-prefer-die-mountain-local-resistance-national-park-development-mount-merapi> (28.11.2013).
37. EC [http://ec.europa.eu/echo/files/policies/prevention\\_preparedness/mesimex.pdf](http://ec.europa.eu/echo/files/policies/prevention_preparedness/mesimex.pdf) (30.12.2013).
38. Lisbon trade [www.lisbon.trade.gov.pl/plregionypt/detail,4821,AUTONOMICZNY\\_REGION\\_AZOROW.html](http://www.lisbon.trade.gov.pl/plregionypt/detail,4821,AUTONOMICZNY_REGION_AZOROW.html) (05.01.2014).
39. BPS [www.bps.go.id/tab\\_sub/view.php?kat=1&tabel=1&id\\_subyek=12&notab=1](http://www.bps.go.id/tab_sub/view.php?kat=1&tabel=1&id_subyek=12&notab=1) (05.01.2014).
40. National Geographic [www.national-geographic.pl/artykuly/pokaz/wulkany/3/](http://www.national-geographic.pl/artykuly/pokaz/wulkany/3/) (20.04.2014).
41. Jakarta Post [www.jakartapost.com/news/2014/02.07/us100000-worth-assistance-indonesian-displaced-sinabung-eruptions.html](http://www.jakartapost.com/news/2014/02.07/us100000-worth-assistance-indonesian-displaced-sinabung-eruptions.html) (21.04.2014).
42. MIAVITA [www.miavita.brgm.fr](http://www.miavita.brgm.fr) (22.04.2014).

Submitted/ Zgłoszony: June/ czerwiec 2014

Accepted/ Zaakceptowany: November/ listopad 2014