



Metody przewidywania wybuchów wulkanów i ich znaczenie

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Audiobook](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



Metody przewidywania wybuchów wulkanów i ich znaczenie

Źródło: [Pixabay License](https://pixabay.com), dostępny w internecie: pixabay.com.

Zjawiska wulkaniczne obejmują procesy związane z gwałtownym pojawianiem się magmy na powierzchni ziemi, czyli lawy, materiałów piroklastycznych i innych produktów erupcji wulkanicznej. Skutki wybuchów mogą być katastrofalne dla życia człowieka, dlatego duże znaczenie ma umiejętność przewidywania wybuchu, tak aby możliwa była ewakuacja mieszkańców z miejsc zagrożonych.

Twoje cele

- Wskażesz negatywne skutki występowania zjawisk wulkanicznych.
- Omówisz klasyczne i współczesne metody przewidywania wybuchów wulkanów.
- Omówisz znaczenie przewidywania wybuchów wulkanów dla życia człowieka.

Przeczytaj

Procesy wulkaniczne mają dla człowieka wiele negatywnych i często katastrofalnych skutków. Zalicza się do nich:

- wulkaniczne trzęsienia ziemi, które stanowią 5–7% rocznych trzęsień ziemi;
- tsunami, np. wywołane wybuchem Krakatau w 1883 roku lub Unzen w 1792 roku;
- trujące gazy wulkaniczne, zawierające dwutlenek i tlenek węgla, siarkowodór i cyjanek, np. uwolnione z dna jeziora Nyas w Kamerunie, które spowodowały śmierć 1,5 tys. osób;
- opady piroklastyczne, które mogą doprowadzić do śmierci ludzi, jak np. w 79 roku n.e. na skutek wybuchu Wezuwiusza;
- chmury gorejące, złożone z [materiału piroklastycznego](#) w gorącym strumieniu gazowym, które również prowadzą do śmierci i zniszczeń, jak w przypadku wybuchu wulkanu na Martynice w 1902 roku, wskutek czego doszło do zniszczenia miasta Saint Pierre;
- lahary, czyli spływy popiołowe, potoki błotne zawierające materiały piroklastyczne, powodujące śmierć ludzi, jak w przypadku Nevado del Ruiz w Kolumbii w 1985 roku, wskutek czego zginęło ponad 20 tys. osób;
- lawiny (potoki) piroklastyczne, czyli spływające po stoku wulkanu potoki mieszaniny materiałów piroklastycznych i gorącego gazu;
- lawiny gruzowe, czyli lawiny bloków i okruchów skał budujących wulkan.

Metody przewidywania erupcji wulkanicznych

Prognoza wybuchu wulkanu powinna obejmować miejsce i siłę erupcji, jej rodzaj oraz czas trwania, w tym moment wystąpienia kulminacji wybuchu. Podobnie jak w przypadku trzęsień ziemi, przewidywanie wybuchów wulkanów nie jest proste. Prognozowanie erupcji wulkanicznych charakteryzuje się wyższą skutecznością niż w przypadku trzęsień ziemi, ale pozwala jedynie przewidzieć nadejścia zdarzenia, bez ustalenia jego cech z wyprzedzeniem.

Z uwagi na negatywne skutki wybuchów wulkanów stale prowadzone są prace badawcze, których celem jest opracowanie metody jak najbardziej dokładnego i skutecznego sposobu przewidywania erupcji. Dzięki takim prognozom możliwa do przeprowadzenia jest wcześniejsza ewakuacja ludności z terenów zagrożonych wybuchem i jego następstwami.

Rodzaje prognoz wybuchów wulkanów

prognozy długoterminowe	obejmują prawdopodobieństwo wystąpienia erupcji oraz tworzenie map obszarów zagrożonych, pokazujących zasięg oddziaływania produktów wulkanicznych (lawy, materiałów piroklastycznych, gazów)
prognozy średnioterminowe	obejmują charakterystykę stanu wulkanu i dotyczą okresu od kilku tygodni do kilku miesięcy
prognozy krótkoterminowe	obejmują miejsce, czas, rodzaj i wielkość erupcji, dotyczą okresu od kilku godzin do kilku dni

Źródło: W.M. Zuberek, *Przewidywanie geologicznych zagrożeń i katastrof naturalnych – ograniczenia i pewne możliwości*, „Gospodarowanie Surowcami Mineralnymi” 2008, t. 24, z. 2/3, s. 123–134.

Przykłady skutecznych i nieskutecznych przewidywań wybuchów wulkanów na świecie

prognozy skuteczne		prognozy nieskuteczne
miejsce	objawy	
wulkan Pinatubo, Filipiny 1991	wzrost wydobywania pary wodnej z krateru na dwa miesiące przed erupcją i częste trzęsienia ziemi na 10 dni przed erupcją	Soufriere Hills, Montserrat 1992
wulkan Mayon, Filipiny 2006, 2009	wyziwy popiołu na miesiąc przed erupcją	

prognozy skuteczne		prognozy nieskuteczne
wulkan St. Helens, USA 2004	trzęsienia ziemi na dwa tygodnie przed erupcją	Galeras, Kolumbia 1993

Źródło: W.M. Zuberek, *Przewidywanie geologicznych zagrożeń i katastrof naturalnych – ograniczenia i pewne możliwości*, „Gospodarowanie Surowcami Mineralnymi” 2008, t. 24, z. 2/3, s. 123–134; Smithsonian Institution National Museum of Natural History, Global Volcanism Program, US Geological Survey, Science for Changing World.

Rodzaje metod przewidywania wybuchów wulkanów są przedstawione w poniższej tabeli.

Sposoby przewidywania wybuchów wulkanów – systemy monitorujące

geofizyczne	sejsmologia, grawimetria, magnetyka elektromagnetyka, geotermia
geochemiczne	pomiar emisji CO ₂ , SO ₂ , Cl, S, pomiar stosunku SO ₂ do HCL oraz HCL do SO ₂ do SiF ₄
geodezyjne	GPS, InSAR, pochyłomierze

Źródło: W.M. Zuberek, *Przewidywanie geologicznych zagrożeń i katastrof naturalnych – ograniczenia i pewne możliwości*, „Gospodarowanie Surowcami Mineralnymi” 2008, t. 24, z. 2/3, s. 123–134.

Powyższe metody monitorujące pozwalają na określenie aktywności i stanu wulkanu.

Podobnie jak w przypadku trzęsień ziemi, również przed erupcją wulkanu występują pewne charakterystyczne zjawiska, których obserwacja może być skutecznym sposobem przewidywania wybuchu, a zalicza się do nich:

- wzrost wydzielania gazów z [krateru](#);
- występowanie wstrząsów ziemi, będących efektem nagromadzenia się gazów oraz magmy i wzrostu ciśnienia wewnątrz wulkanu;

- występowanie deformacji terenu.

Wiele spośród wybuchów wulkanów nie jest jednak poprzedzonych występowaniem wymienionych powyżej zjawisk, dlatego przewidywanie takich erupcji wydaje się prawie niemożliwe. Badacze z Alaska Volcano Observatory są jednak bardzo bliscy opracowania nowego sposobu prognozowania. Proponują oni zastosowanie metody *hindcasting* (prognozowanie wsteczne) opartej o modele komputerowe, które opracowują symulacje wybuchów wulkanów na podstawie tych erupcji, do których już doszło. W tym celu wykorzystuje się czujniki naziemne i satelitarną interferometrię radarową (InSAR), a wysoko wyspecjalizowane komputery dokonują analiz statystycznych z wykorzystaniem filtrowania Kalmana. Stworzony model pozwala zrozumieć przyczyny wybuchu wulkanu w sytuacji, kiedy przed erupcją nie obserwuje się żadnych charakterystycznych zjawisk. Zaobserwowano, że przed takim wybuchem zachodzą określone zmiany w skałach – dochodzi do naprężeń, rozszczepień i rozpadu skał. Wulkanem, który posłużył do opracowania tej metody, jest wulkan Okmok na Aleutach, którego wybuchu 19 lipca 2008 roku nie poprzedziły żadne inne zjawiska. Ten sam wulkan w 1997 roku wykazywał pewną niewielką aktywność przed wybuchem.

Inną testowaną metodą, ale możliwą do zastosowania w przypadku bardzo aktywnych wulkanów, jest obserwacja aktywności sejsmicznej w określonym czasie przed właściwym wybuchem. W tym celu badacze związani z Earth and Planetary Science Letters dokonują obserwacji wulkanu Telica w Nikaragui. W latach 2009–2011 metoda okazała się skuteczna w przypadku 35 z 50 zdarzeń. Tylko w 2 przypadkach nie zaobserwowano aktywności sejsmicznej. Według Diany Roman z Carnegie Institution for Science, wulkany tuż przed erupcją cechuje okres spokoju sejsmicznego, po którym występuje wybuch. Przypuszcza się, że dłuższy okres ciszy sejsmicznej oznacza silniejszy wybuch wulkanu. Metodę tę zaliczyć można do prognozowania krótkoterminowego.

Słownik

ekshalacje

wyziwy gazów wulkanicznych

kaldera

poszerzony, zniszczony krater wulkanu

krater

miejsce wydobywania się magmy na powierzchnię wulkanu

materiał piroklastyczny

materiał skalny powstający na skutek rozpylenia lawy lub oderwania skał podłoża

Audiobook

Już wiesz, czym są zjawiska wulkaniczne, jakie są ich efekty, znasz także metody przewidywania wybuchów wulkanów. Za chwilę dowiesz się, w jaki jeszcze niekonwencjonalny sposób można przewidywać wybuchy wulkanów. Wysłuchasz tekstu na podstawie artykułu Alberta Lewandowskiego *Niezwykła muzyka, która pozwala chronić ludzkie istnienia*.

Audiobook można wysłuchać pod adresem: <https://zpe.gov.pl/b/P2ip0Xs4U>

Wybuchy wulkanów to gwałtowne i niszczycielskie w skutkach procesy. Sposoby przewidywania tych zdarzeń to przestrzeń badań wielu uczonych. Albert Lewandowski w artykule pod tytułem „Niezwykła muzyka, która pozwala chronić ludzkie istnienia” porównał proces przewidywania wybuchu wulkanów do odczytywania muzyki, jaką one grają.

„Muzyka z wulkanów sama w sobie brzmi dosyć niecodziennie i zdecydowanie nie uważa się tego za cokolwiek poważnego. Tymczasem naukowcy z wykorzystaniem najnowszych technologii odkryli bardzo ważną zależność między nią a potencjalnie groźnymi wypadkami. Wszystkie katastrofy naturalne wiążą się z ogromnymi stratami, szczególnie wśród ludzi, co powoduje, że pozostają one najpoważniejszym zagrożeniem. Teoretycznie dysponujemy naprawdę zaawansowaną technologią. Problem tkwi jednak w tym, że pewnych rzeczy nie da się w prosty sposób zapobiec, przewidzieć, bądź ujarzmić i dokładnie tak jest z wulkanami”.

Jak pisze autor, mimo zaawansowanej technologii wulkany pozostają czymś nieodgadnionym. Naukowcy są jednak coraz skuteczniejsi w przewidywaniu wybuchów. Jak to robią?

„Erupcje wulkanów to zupełnie naturalna sprawa i w tym przypadku jedyna słuszna ścieżka to opracowanie systemu rozpoznającego podwyższoną aktywność. Oczywiście naukowcy prowadzą w tym zakresie badania od wielu lat. Jednak dopiero teraz odkryto bardzo ciekawy i, co najważniejsze, skuteczny sposób na odpowiadanie na pytania o to, kiedy wulkan wybuchnie. W ostatnio

opublikowanej pracy w Geophysical Research Letters opisano zapis dźwięków. Sama metoda została opracowana przez wulkanologów, którzy odkryli niezwykle interesujące zjawisko. Mianowicie wulkany »grają«. Wydobywa się z nich dźwięk w zakresie infradźwięków, czyli o częstotliwości poniżej 20 Hz, zatem tuż poniżej granicy możliwości naszego słuchu”.

Porównanie autora, które definiuje wulkan jako instrument wydający dźwięki bardzo dokładnie obrazuje piękno natury i jej zagadkowość. Naukowcy rejestrują dźwięk wulkanu, montując w kraterze specjalne mikrofony, które gromadzą odgłosy niesłyszalne ludzkim uchem. Analiza tych sygnałów przysparza wulkanologom o wiele więcej problemów. Logiczne mogłoby wydawać się stwierdzenie, że tuż przed wybuchem dźwięk wulkanu intensyfikuje się. W praktyce jednak okazuje się, że muzyka grana przez wulkan jest bardzo indywidualną kwestią. Melodia wybranego wulkanu ma swój charakterystyczny styl i z reguły jest niepowtarzalna.

Według Alberta Lewandowskiego:

„Zdecydowanie utrudnia to ulepszanie systemu rozpoznawania zbliżającej się erupcji, aczkolwiek udowodniono już wpływ wielkości oraz samego kształtu krateru. Te różnice wynikają zresztą z zachowania się dźwięku, który rozchodzi się z samego serca wulkanu”.

Źródło: A. Lewandowski, *Niezwykła muzyka, która pozwala chronić ludzkie istnienia*, 25.08.2018, antyweb.pl (dostęp 16.06.2021).

Polecenie 1

Przeanalizuj dostępne metody przewidywania wybuchów wulkanów i oceń, które z nich mają szansę stać się najbardziej skuteczne. Oceń wady i zalety stosowanych rozwiązań.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Zaznacz prawidłowe dokończenie zdania.

Ilustracja przedstawia...



- ☐ lahary.
- ☐ lawinę gruzową.
- ☐ lawinę piroklastyczną.

Źródło: domena publiczna, dostępne w internecie: commons.wikimedia.org.

Ćwiczenie 2



Zaznacz prawidłowe dokończenia zdania.

Przed erupcją wulkanu występują charakterystyczne zjawiska, do których zalicza się:

- ☐ silny wiatr.
- ☐ deformacje terenu.
- ☐ obniżenie ciśnienia atmosferycznego.
- ☐ nagły wzrost temperatury powietrza.
- ☐ wstrząsy ziemi.
- ☐ wzrost wydzielania gazów z krateru.

Ćwiczenie 3



Przydziel rodzaje systemów monitorujących do odpowiednich rodzajów metod przewidywania wybuchów wulkanów

geochemiczne

pochyłomierze

sejsmologia

satelitarna interferometria
radarowa (InSAR)

geofizyczne

pomiar emisji CO₂

pomiar stosunku SO₂ do HCl

elektromagnetyka

geodezyjne

Ćwiczenie 4



Połącz w pary.

lawą zasadową

rozkruszona stara lawa

kaldera

solfatary

lapille

pokrywy bazaltowe

ekshalacje

zniszczony, poszerzony krater wulkanu

Ćwiczenie 5



Z poniższych zdań wybierz to, które jest zgodne z prawdą.

- ☐ Seismologia jest działem geofizyki zajmującym się badaniem trzęsień ziemi i fal sejsmicznych, jest również jedną z geofizycznych metod przewidywania wybuchów wulkanów.
- ☐ Wyziewy wulkaniczne nie stanowią skutecznej metody przewidywania wybuchów wulkanów.
- ☐ Wybuch wulkanu Galeras w 1993 roku poprzedzony był trzęsieniami ziemi na dwa tygodnie przed erupcją.
- ☐ Wybuch wulkanu Pinatubo w 1991 roku poprzedziły trzęsienia ziemi, jednak nie udało się skutecznie przewidzieć właściwego wybuchu.

Ćwiczenie 6



Oceń, czy poniższe stwierdzenia są prawdziwe czy fałszywe.

Stwierdzenie	Prawda	Fałsz
Do negatywnych następstw erupcji wulkanu należą lahary, wulkaniczne trzęsienia ziemi i tsunami.	☐	☐
Pomiary emisji CO ₂ i SO ₂ reprezentują geochemiczne sposoby przewidywania erupcji wulkanicznych.	☐	☐
Prognozy średnioterminowe wybuchów wulkanów obejmują miejsce, czas, rodzaj i wielkość erupcji, dotyczą okresu od kilku godzin do kilku dni.	☐	☐
Lahary to spływy błota powstające ze zmieszania materiału piroklastycznego ze śniegiem.	☐	☐

Ćwiczenie 7



Wymień dostępne obecnie metody przewidywania wybuchów wulkanów i krótko je opisz.

Ćwiczenie 8



Zaproponuj trzy sposoby zabezpieczenia ludności przed skutkami wybuchu wulkanu.

Dla nauczyciela

SCENARIUSZ LEKCJI

Imię i nazwisko autorki: Magdalena Fuhrmann

Przedmiot: geografia

Temat zajęć: Metody przewidywania wybuchów wulkanów i ich znaczenie

Grupa docelowa: III etap edukacyjny, liceum ogólnokształcące/technikum, zakres podstawowy/rozszerzony, klasa I/IV

Podstawa programowa

Zakres podstawowy: V. Litosfera: związek budowy wnętrza Ziemi z tektoniką płyt litosfery, procesy wewnętrzne i zewnętrzne kształtujące powierzchnię Ziemi i ich skutki, skały.

Uczeń:

2) wyjaśnia przebieg głównych procesów wewnętrznych prowadzących do urozmaicenia powierzchni Ziemi (ruchy epejrogeniczne, ruchy górotwórcze, wulkanizm, plutonizm, trzęsienia ziemi).

Zakres rozszerzony: XVIII. Problemy środowiskowe współczesnego świata: tropikalne cyklony, trąby powietrzne, sztormy, powodzie, tsunami, erozja gleb, wulkanizm, wstrząsy sejsmiczne, powstawanie lejów krasowych, zmiany klimatu, pustynnienie, zmiany zasięgu lodowców, ograniczone zasoby wody na Ziemi, zagrożenia georóżnorodności i bioróżnorodności.

Uczeń:

4) wskazuje na mapie regiony występowania geozagrożeń i podaje przykłady działań ograniczających ich skutki.

Kształtowane kompetencje kluczowe:

- kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji,
- kompetencje cyfrowe,
- Kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne

Uczeń:

- wskazuje negatywne skutki występowania zjawisk wulkanicznych,
- omawia metody przewidywania wybuchów wulkanów,
- omawia znaczenie przewidywania wybuchów wulkanów dla życia człowieka.

Strategie nauczania: asocjacyjna

Metody i techniki nauczania: pogadanka, burza mózgów, blended learning, IBSE

Forma zajęć: praca indywidualna, praca w parach, praca w grupach

Środki dydaktyczne: e-materiał, komputer, projektor multimedialny, zeszyt przedmiotowy

Materiały pomocnicze

Książkiewicz M. , *Geologia dynamiczna*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa 1979.

Zuberek W.M., *Przewidywanie geologicznych zagrożeń i katastrof naturalnych – ograniczenia i pewne możliwości*, „Gospodarowanie Surowcami Mineralnymi” 2008, t. 24, z. 2/3, s. 123–134. Dostępny w internecie: warsztatygeologiczne.pl (dostęp 27.01.2021).

PRZEBIEG LEKCJI

Faza wprowadzająca

- Wprowadzenie w postaci krótkiej burzy mózgów o negatywnych skutkach występowania zjawisk wulkanicznych. Propozycje uczniów są zapisywane na tablicy. Nauczyciel weryfikuje i w razie potrzeby uzupełnia propozycje. Na etapie weryfikacji i uzupełnień można wykorzystać pierwszy fragment części „Przeczytaj” e-materiału dotyczący negatywnych skutków występowania zjawisk wulkanicznych.
- Nauczyciel zadaje pytanie o możliwości zapobiegania negatywnym skutkom występowania zjawisk wulkanicznych.
- Przedstawienie celów lekcji.

Faza realizacyjna

- Nauczyciel prosi uczniów o indywidualne zapoznanie się z częścią „Przeczytaj” e-materiału dotyczącą metod przewidywania erupcji wulkanicznych (wraz z tabelami *Rodzaje prognoz wybuchów wulkanów*, *Przykłady skutecznych i nieskutecznych przewidywań wybuchów wulkanów na świecie*, *Sposoby przewidywania wybuchów wulkanów – systemy monitorujące*). Po upływie wskazanego przez nauczyciela czasu następuje podsumowanie najważniejszych informacji w postaci krótkiej pogadanki nauczyciela.
- Nauczyciel weryfikuje zrozumienie materiału przez uczniów, zadając pytania. Odpowiada także na pytania dodatkowe uczniów i wyjaśnia ich wątpliwości.
- Nauczyciel dzieli uczniów na grupy. Uczniowie słuchają audiobooka i wspólnie wykonują polecenie zawarte w tej części e-materiału.
- Grupy prezentują i porównują swoje odpowiedzi, nauczyciel weryfikuje ich poprawność, czuwając nad możliwą dyskusją.

Faza podsumowująca

- Wykonanie wskazanych przez nauczyciela ćwiczeń z części „Sprawdź się” (np. 1–7), w parach bądź indywidualnie. Nauczyciel sprawdza poprawność wykonania zadań, prosząc o przedstawienie odpowiedzi wybranych uczniów lub ochotników.
- Przypomnienie celów lekcji.
- Podsumowanie wiedzy zaprezentowanej na lekcji, utrwalenie najważniejszych pojęć, szczególnie tych, które sprawiały uczniom najwięcej problemów podczas zajęć.

Praca domowa

- Wykonanie ćwiczenia nr 8.
- Korzystając z dostępnych źródeł informacji, sporządź krótką wypowiedź pisemną dotyczącą przewidywania i monitorowania wybuchów wulkanów w Europie.

Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium

Audiobook zawarty w e-materiale może być wykorzystany podczas powtórzenia materiału z całego działu „Litosfera” (zakres podstawowy: V). Może być wykorzystany także podczas zróżnicowanych tematycznie zajęć z działu „Problemy środowiskowe współczesnego świata” dotyczących genezy i skutków zagrożeń geologicznych oraz geozagrożeń (zakres rozszerzony: XVIII. 3, XVIII. 4).