



OCENA ZAGROŻENIA SEJSMICZNEGO - HAZARD SEJSMICZNY

Poszukiwanie możliwości prognozowania trzęsień ziemi zawsze było jednym z podstawowych zagadnień w sejsmologii. Badania nad przewidywaniem trzęsień ziemi na szeroką skalę rozwinęły się w latach 70 - tych ubiegłego wieku. Badania opierają się na metodach statystycznych oraz na pomiarach różnych parametrów fizycznych, których zmiany obserwuje się w okresie poprzedzającym trzęsienie. Występowanie trzęsień ziemi próbowano powiązać ze zjawiskami astronomicznymi (np. położeniem Księżyca), elektromagnetycznymi a nawet z numerologią. Do najdawniejszych metod **predykcji (przewidywania trzęsień)** należą obserwacje anomalnego zachowania się zwierząt przed trzęsieniem. Jak dotąd żadna z tych metod nie dała wyników, które stanowiłyby podstawę do skonstruowania generalnej teorii pozwalającej prognozować trzęsienia.

Metody statystyczne polegają na poszukiwaniu okresowości występowania silnych trzęsień ziemi w czasie i w przestrzeni. Z oczywistych względów metody statystyczne są przydatne tam gdzie aktywność sejsmiczna jest znaczna a zapiski historyczne prowadzone są od dawna.



Tangshan (Chiny) 27 VII 1976 M=7.5

Najbardziej znany przypadek skutecznie przewidzianego trzęsienia to kataklizm w chińskim Haicheng w 1975 roku. Na podstawie narastających wstrząsów uprzednich sejsmologów ostrzegł władze miasta o zbliżającym się silnym trzęsieniu, które zarządziły ewakuację miasta. Obliczono, że gdyby nie trafna prognoza i ewakuacja ludności zginęłoby kilkadziesiąt tysięcy osób. Po Haicheng zaczęto więc obserwować mnóstwo zjawisk poprzedzających trzęsienia i udało się przewidzieć jedno czy dwa niewielkie zjawiska, po czym rok później w **Tangshan** wystąpił wstrząs, ten nie przewidziany, w którym zginęło ok. 255 tys. ludzi.

W pobliżu przyszłego ogniska trzęsienia ziemi obserwowane są deformacje na powierzchni ziemi (np. podnoszenie się gruntu, zmiany odległości), anomalie grawimetryczne, anomalie magnetyczne, anomalie ilości emanowanego radonu (wzrost rzędu kilkudziesięciu procent), zmiany poziomu wód w otworach pomiarowych, zmiany temperatury wód termalnych, zmiany statystyki zjawisk sejsmologicznych na danym obszarze, zmiany prędkości fal P i S. Ale żadne z tych zjawisk nie można nazwać prekursorem trzęsienia ziemi *sensu stricto*, ponieważ pewne anomalie jedne trzęsienia poprzedzają a inne nie, obserwowane zmiany są często niewielkie - na pograniczu dokładności stosowanych pomiarów - a około połowy wielkich trzęsień uderza bez żadnego ostrzeżenia.

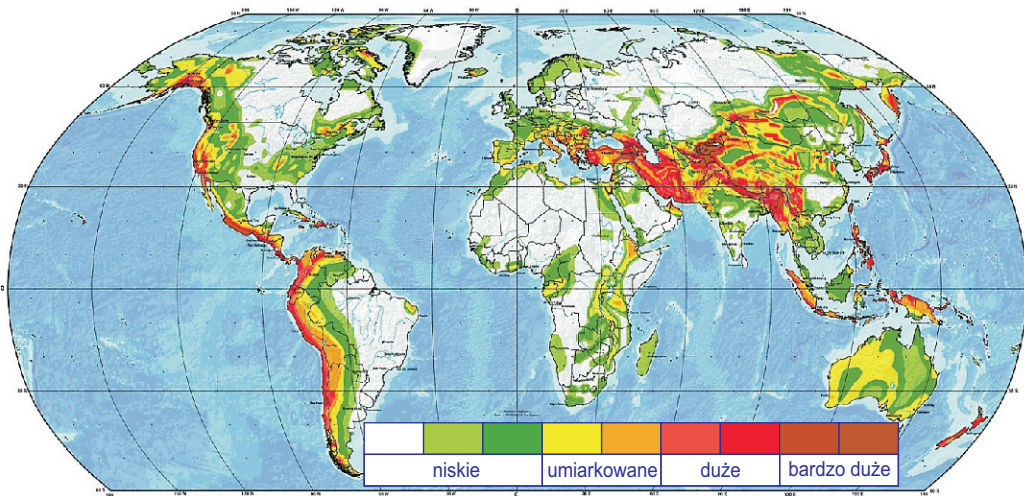


L'Aquila (Włochy) 6 IV 2009 M=6.3
Zginęło wówczas 295 osób, zniszczeniu uległo od 10-15 tys. domów. Mieszkańcy wytoczyli proces naukowcom, gdyż uważają, że ponoszą winę za tragedię, ponieważ nie ostrzegali o zbliżającym się kataklizmie pomimo, że wzrost aktywności sejsmicznej w tym rejonie obserwowany był od kilku miesięcy.

Brak zadowalających metod prognozowania wynika z kilku przyczyn. Pierwszą jest bardzo długa skala czasowa zjawisk. Jeśli do wielkich trzęsień w danym miejscu dochodzi średnio raz na 500 lat to zbudowanie bazy statystycznej jest nierealne. Drugą jest niedostępność obszaru źródła wstrząsu. Nie możemy np. w Kalifornii co parę kilometrów umieścić tensometrów na głębokości 30 km, żeby któryś z nich zaalarmował nas, że oto teraz w tym miejscu rośnie ryzyko wstrząsu. Istnieje szansa, że metoda taka byłaby skuteczna, tylko że nie ma możliwości technicznych żeby ją zastosować. **Jedynymi wiarygodnymi metodami przewidywania trzęsień jest predykcja statystyczna i ocena zagrożenia** zwana **hazardem sejsmicznym**. W predykcji trzęsień można wyróżnić kilka etapów w zależności od czasu, z jakim podaje się ostrzeżenie. Podstawy naukowe i wykonalność predykcji przedstawia poniższa tabelka.

RODZAJE PREDYKCJI TRZĘSIEŃ ZIEMI

Nazwa	Czas wyprzedzenia	Podstawa	Możliwość zastosowania	Niektóre podejmowane środki
Alarm	0-20 sekund	prędkość fal elektromagnetycznych >> prędkość fal sejsmicznych	dobra	ostrzeżenie aby natychmiast się schronić, zamykanie zaworów w rafineriach, wyłączanie reaktorów, odcinanie gazu i elektryczności, przygotowanie map intensywności dla szybkiego działania służb ratowniczych
Predykcja krótkoterminowa	godziny do tygodni	przyspieszenie niesejsmicznego zsuwania na uskoku, wstrząsy poprzedzające przed niektórymi wstrząsami	nieznana	zwiększenie liczby służb ratowniczych w stanie pogotowia, ostrzeżenie ludzi aby pozostawali w najbezpieczniejszych miejscach w okresie predykcji, działalność edukacyjna
Predykcja średnioterminowa	1 miesiąc do 10 lat	zmiany sejsmiczności, odkształceń, ciśnienia płynów złożowych	niezła dla obszarów intensywnego monitoringu sejsmicznego i badań sejsmiczności historycznej	wzmacnianie budowli i infrastruktury, poprawa działania służb ratowniczych, wprowadzenie rozporządzeń pozwalających zmniejszyć straty, kształcenie, przygotowanie działań dla okresu predykcji krótkookresowej, zwiększenie monitoringu i liczby analiz
Predykcja długoterminowa	10 do 30 lat	czas pozostały do zakończenia cyklu sejsmicznego dla dużych trzęsień, wzrost występowania zjawisk regionalnych	dobra dla dobrze przebadanych uskoków charakteryzujących się dużą aktywnością długoterminową	przygotowywanie zależnych od czasu estymacji hazardu i ryzyka sejsmicznego, wnoszenie nowych specjalnych, zwykle drogiej obiektów pozwalających zmniejszać straty, kształcenie, instalacja większej liczby aparatury różnego typu, która mogłaby wykryć możliwe zwiastuny (prekursory) średniookresowe
Potencjał długoterminowy	ponad 30 lat	aktywność długookresowa, położenie wzajemne płyt tektonicznych	bardzo dobra	przygotowywanie niezależnych od czasu estymacji hazardu i ryzyka sejsmicznego, kodów budowlanych, planowanie zagospodarowania przestrzennego

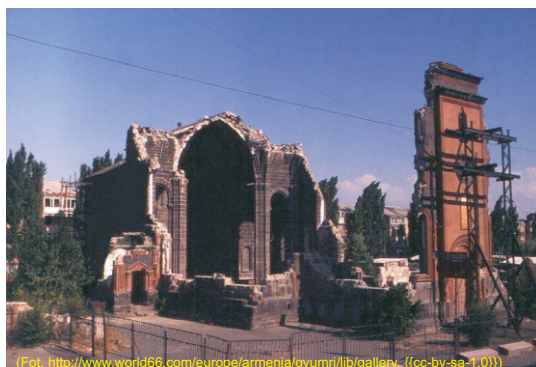


Mapa przedstawia prawdopodobne maksymalne przyspieszenie drgań gruntu na danym obszarze spowodowanych trzęsieniem ziemi w ciągu najbliższych 50 lat. Kolory białe i zielone oznaczają niski stopień zagrożenia, kolory czerwone i brązowe wysoki. Największe zagrożenie silnymi trzęsieniami wykazują obszary położone w pobliżu granic płyt tektonicznych.

Mapa opracowana została w ramach projektu **GSHAP** (GLOBAL SEISMIC HAZARD ASSESSMENT PROGRAM - Program Oceny Globalnego Zagrożenia Sejsmicznego), który przeprowadzony został w latach 1992 - 1998 w ramach Międzynarodowej Dekady Ograniczania Skutków Katastrof Naturalnych.

Trzęsienie ziemi to nie tylko ofiary w ludziach ale katastrofa ekonomiczna. W krajach w których przepisy budowlane uwzględniają sejsmiczność danego obszaru skutki trzęsień są mniej dotkliwe. W 1989 r. w wyniku trzęsienia ziemi Loma Prieta (Kalifornia) M=6.9 zginęły 63 osoby i uszkodzone zostały 2 wysokościowce, a rok wcześniej w Armenii trzęsienie ziemi o M= 6.8 zniszczyło 58 miejscowości, pochłonęło 25 tys. ofiar. W grudniu 2003 roku trzęsienia ziemi o M=6.6 nawiedziły Iran i Kalifornię. W San Simeon (Kalifornia) zginęły 2 osoby uderzone w głowę kamieniami z walącej się wieży zegarowej z 1892 r. a w Bam (Iran) było ponad 30 tys. ofiar i 85% zniszczonych budynków. Wprawdzie w Kalifornii trafiło na miasteczko 20 000 a nie 300 000 jak w Iranie, ale w Kalifornii była 1 ofiara na 10 tysięcy a w Iranie 1 na 10. Na wielkości zniszczeń w Iranie i Armenii zaważyła również budowa geologiczna - podłoże jest piaszczyste, co sprzyja upłynnieniu gruntu - ale przede wszystkim w Kalifornii nie buduje się bez uwzględnienia sił sejsmicznych, natomiast w Iranie z polnych kamieni polepionych gliną, a w miastach armeńskich dominuje zabudowa wielopłytowa i w chwili wstrząsu betonowe stropy odrywały się od reszty konstrukcji i upadały miażdżąc znajdujących się wewnątrz ludzi.

Szczegółowe przewidywanie czasu, miejsca oraz magnitudy trzęsienia przy dzisiejszym stanie wiedzy nie jest możliwe, natomiast sejsmologowie dość precyzyjnie mogą ustalić maksymalną wielkość wstrząsu jaki na danym obszarze wystąpi w ciągu określonego okresu czasu. Nazywamy to **oceną stacjonarnego hazardu sejsmicznego**. **Hazard sejsmiczny** to dziedzina sejsmologii, która zajmuje się prognozowaniem i oceną zagrożeń sejsmicznych. **Hazard sejsmiczny** definiowany jest jako prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska fizycznego związanego z trzęsieniem ziemi (np.: drgań gruntu, fali tsunami, upłynnienia podłoża, lawiny itp.), które może wywołać skutki przeciwne ludzkiej działalności. Uwzględniając warunki geograficzne takie jak położenie danego obszaru, budowa geologiczna można określić wielkość zjawisk fizycznych związanych z trzęsieniem. Ocena zagrożeń jest pierwszym krokiem w oszacowaniu **ryzyka sejsmicznego** czyli prawdopodobieństwa wystąpienia szkodliwych skutków - ofiar w ludziach, zniszczeń - spowodowanych trzęsieniem na danym obszarze. Ryzyko sejsmiczne zależy od zagrożenia sejsmicznego i czynników takich jak wiek, rodzaj budynków i infrastruktury, gęstość zaludnienia, użytkowanie gruntów, pory dnia itp.. Duże trzęsienia ziemi na obszarach niezamieszkałych mają wysokie zagrożenie sejsmiczne ale niski stopień ryzyka. Umiarkowane trzęsienia ziemi na obszarach gęsto zaludnionych to małe zagrożenie ale o wysokim stopniu ryzyka. Aby zminimalizować skutki trzęsień ziemi przy projektowaniu architektury i budownictwa powinna być uwzględniona sejsmiczność danego obszaru. W szczególności dotyczy to obiektów strategicznych typu elektrownie jądrowe, tamy, zbiorniki odpadów radioaktywnych, itp.. Nieodpowiednia konstrukcja takich budowli w przypadku wystąpienia trzęsienia ziemi może jeszcze spotęgować rozmiar klęski.



Leninakan - dziś Gyumri (Armenia) 7 XII 1988 M=6.8
Trzęsienie zniszczyło miasta Leninakan, Kirowakan (Wandzor), stutysięczny Spitak został niemal zmieciony z powierzchni ziemi.



Loma Prieta (Kalifornia) 18 X 1989 M=6.9
Większość ofiar wstrząsu zginęła na starym wiadukcie z 1957 r. San Francisco - Oakland Bay Bridge.