

TSUNAMI

Dorota Jarecka

Warszawa, 14 listopada 2005

MÓJ PLAN...

- Różnice między falami wiatrowymi a tsunami
- Propagacja tsunami
- Przyczyny powstawania
- Przykłady historyczne

TSUNAMI - fala portowa

(tsu - port, nami - fala)











fale wodne powodowane przez wiatr

- okres fali: do 20 s
- długość fali: do 200 m
- fala powierzchniowa

tsunami

- okres fali: kilkanaście minut - godziny
 - długość fali: do 500 km
 - fala na całej głębokości oceanu
- może nieść olbrzymie energie.

RÓWNANIE EULERA

ze wzoru Newtona: $\rho \frac{d\mathbf{v}}{dt} = -\nabla p$

zmiana prędkości cieczy w przestrzeni określonej cząstki cieczy:

$$\frac{d\mathbf{v}}{dt} = \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + (\mathbf{v} * \nabla)\mathbf{v}$$

równanie Eulera:

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + (\mathbf{v} * \nabla)\mathbf{v} = -\frac{\nabla p}{\rho}$$

równanie Eulera w polu grawitacyjnym:

$$\frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + (\mathbf{v} * \nabla)\mathbf{v} = -\frac{\nabla p}{\rho} + \mathbf{g}$$

PROPAGACJA TSUNAMI

zaburzenie zewnętrzne cieczy \longrightarrow fale grawitacyjne

amplituda mała w porównaniu do długości fal $\longrightarrow (\mathbf{v} * \nabla)\mathbf{v} = 0$

przybliżenie płytkiej wody - długość fali dużo większa od głębokości wody

rozchodzenie się długich fal w kanale: $v_x \gg v_y, v_z$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x}$$

$$\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = -g$$

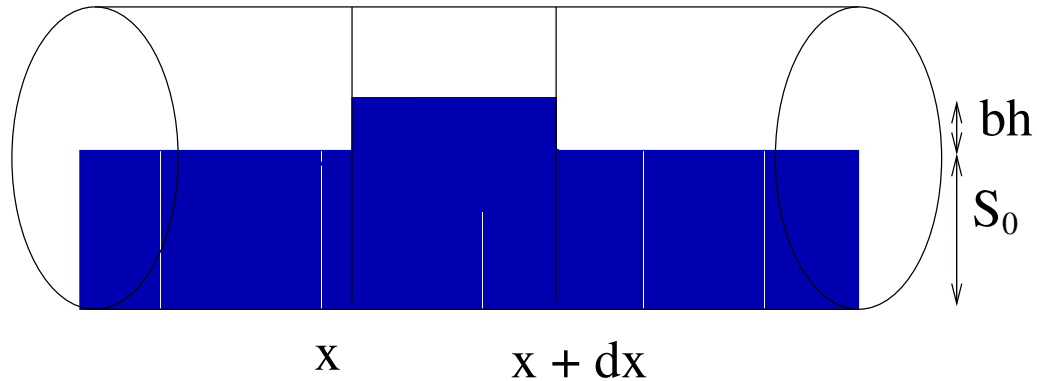
na powierzchni cieczy $p|_{h=0} = p_0$

$$p = p_0 + g\rho(h - z)$$

podstawiając do pierwszego równania:

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -g \frac{\partial h}{\partial x}$$

objętość ciecży zawarta między dwoma płaszczyznami przekroju poprzecznego kanału:



$$(Sv)_{x+dx} - (Sv)_x = \frac{\partial(Sv)}{\partial x} dx$$

ciecz nieściśliwa \rightarrow zmiana poziomu ciecży:

$$\frac{\partial S}{\partial t} dx = -\frac{\partial(Sv)}{\partial x} dx$$

równanie ciągłości:

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial(Sv)}{\partial x} = 0$$

$$S = S_0 + S'$$

- $S' = bh$ - mała zmiana pola w wyniku powstałej fali

po uwzględnieniu wzorów na zmianę prędkości otrzymujemy równanie falowe:

$$\frac{\partial h^2}{\partial t^2} - \frac{gS_0}{b} \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = 0$$

prędkość rozchodzenia się długich fal:

$$U = \sqrt{\frac{gS_0}{b}}$$

Analogicznie fale w rozległym basenie - oceanie:

$$U = \sqrt{gD}$$

dla głębokości $D = 5000m$: $U = 220 \frac{m}{s} = 800 \frac{km}{h}$

przejście z otwartego oceanu na płytkie wody

⇒ zmniejszenie prędkości

zasada zachowania energii

⇒ znaczne zwiększenie wysokości fali

tsunami powstające wskutek obniżenia mas wody \implies do brzegu najpierw dochodzi minimum fali

objawy:

- obniżenie poziomu wody
- po kilkunastu minutach czoło fali i podwyższenie poziomu wody (run-up)

Wysokość podwyższenia: kilka - kilkadziesiąt metrów

Pierwsza fala może nie być największa

PRZYCZYNY POWSTAWANIA - nagłe zaburzenie, pionowe przesunięcie kolumny wody w wyniku:

- trzęsienia ziemi
- osunięcia ziemi
- wybuchu wulkanu
- eksplozji
- upadku meteorytu

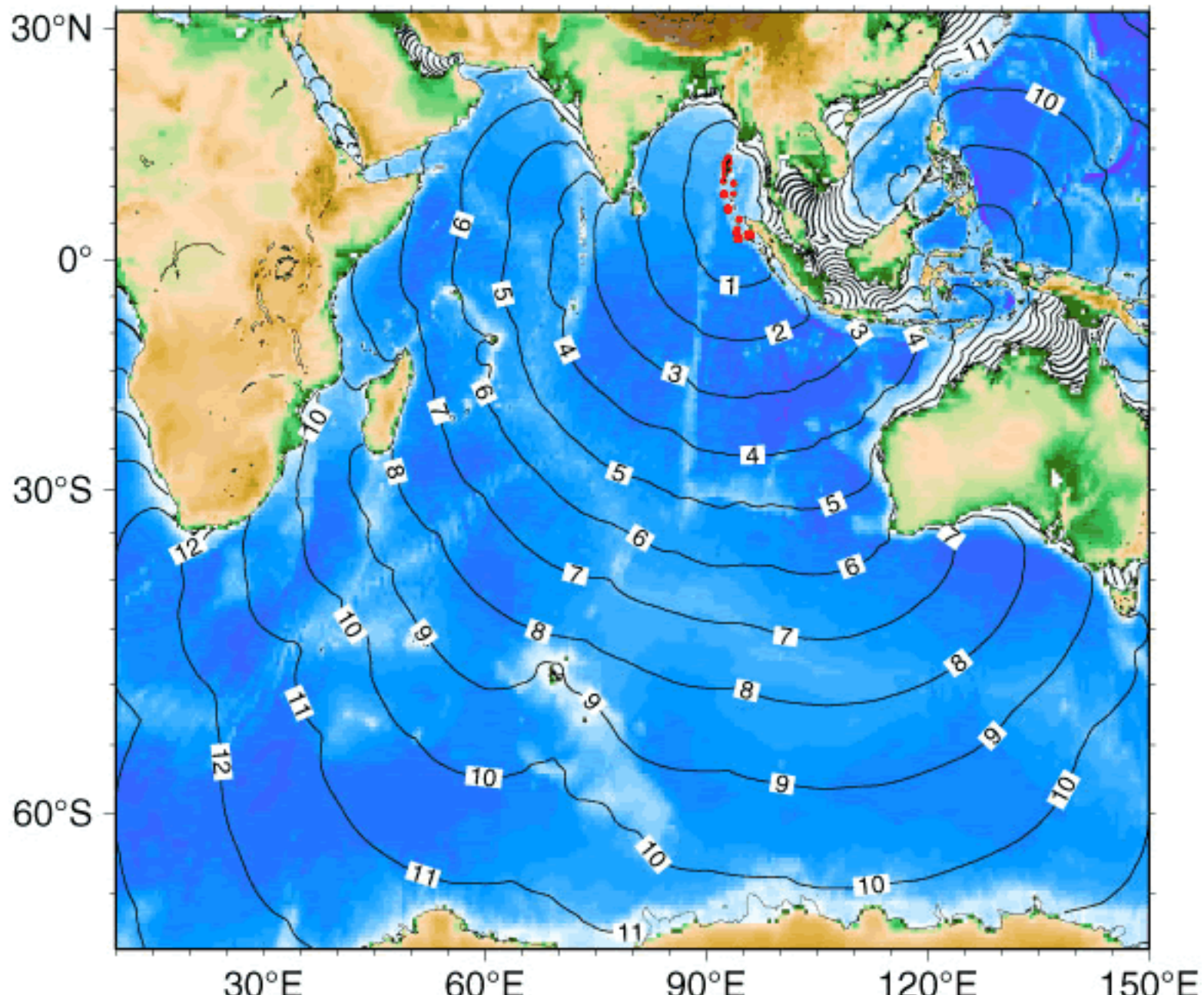
TRZĘSIENIE ZIEMI

- deformacja skorupy ziemskiej powodująca pionowe przemieszczenie dna
- najczęściej **subdukcja**: jedna płyta tektoniczna wchodzi pod inną
- wytrącenie z równowagi wody powyżej deformacji

26 GRUDNIA 2004

- magnituda 9.0 - 9.3, 2/4 najmocniejsze zanotowane trzęsienie ziemi
- hipocentrum znajdowało się ok. 30km pod dnem Oceanu Indyjskiego w pobliżu zachodniego wybrzeża północnej Sumatry (160km od Sumatry)
- długość rozrywu: 1200km , czas trwania procesu: 500s
→ średnia prędkość rozrywu: $2,5\frac{\text{km}}{\text{s}}$

- Płyta Indyjska zanurzyła się pod Birmańską podnosząc ją na 10m
- 3 dni wcześniej wstrząs o magnitudzie 8.1 na Wyspach Aucklandzkich (na zachód od Nowej Zelandii) i Wyspie Macquariego (na północ od Australii)
- największe zniszczenia tsunami w Azji - Sumatra, Indonezja, Sri Lanka, Indie, Tajlandia
- ogromna liczba ofiar nawet w Port Elizabeth w Republice Południowej Afryki - 8 000km od epicentrum



- liczba ofiar tsunami: 170 000 - 275 000, wielu zaginionych, ponad milion straciło domy
- liczba ofiar w wyniku późniejszych epidemii i biedy może być podobnej wielkości
- najkosztowniejsza pomoc ONZ, jaka kiedykolwiek została udzielona









PRZYCZYNY TAK WIELKICH ZNISZCZEN

- Detekcja tsunami nie jest prosta - małe amplitudy na głębokiej wodzie
- Brak systemu ostrzegania na Oceanie Indyjskim
- Brak doświadczeń miejscowej ludności, ostatnie tsunami w 1883r.

WULKANY

- wyrzucenie pyłów i pumeksu do atmosfery
- eksplozja
- zaważenia stożków wulkanicznych
- trzęsienia ziemi

Krakatau (pomiędzy Jawą a Sumatrą), wybuch w 1883

- conajmniej 3 tsunami (jedno miało run-up około 40m)
- 35 000 zabitych

OBSUNIĘCIA

W większości wypadków w wyniku:

- trzęsień ziemi
- wybuchów wulkanów

Lituya Bay, Alaska, 1958 - trzęsienie ziemi spowodowało obsunięcie się wielkich płyt lodu i skał z pobliskiego lodowca do jeziora.

Wysokość fali: 50-150m.

Woda dotarła w górach do 524m.

PODSUMOWANIE

- zdecydowana różnica między falami wiatrowymi a tsunami
- prędkość rozchodzenia fal tsunami $U = \sqrt{gD}$
- tsunami jest groźne dopiero przy brzegu
- różne mechanizmy powstawania tsunami
- trudności z detekcją tsunami, ale możliwe systemy ostrzegania