

TSUNAMI: Γένεση, δράση και προστασία

Χρήστος Μακρής

Ερευνητής Παράκτιας Ωκεανογραφίας Α.Π.Θ.

Δρ. Υπολογιστικής Υδροδυναμικής – Κυματομηχανικής Α.Π.Θ.

Μ.Δ.Ε. Μηχανικός Παράκτιας Ζώνης Ε.Μ.Π.

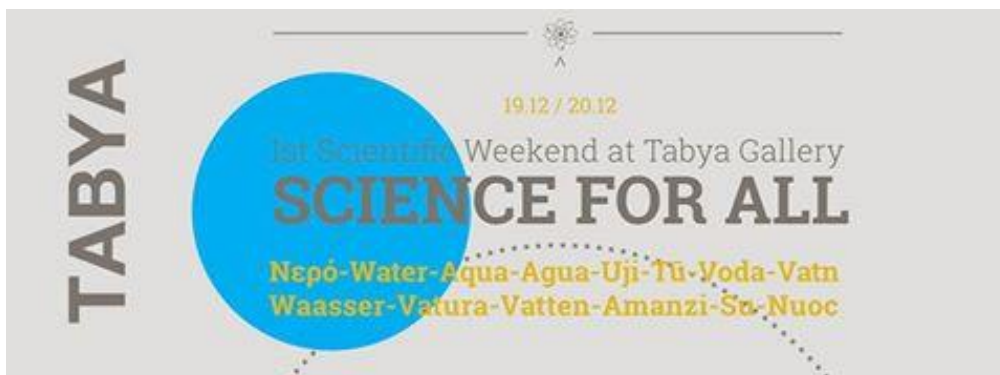
Διπλ. Πολιτικός Μηχανικός Α.Π.Θ.

Εργαστήριο Θαλάσσιας Τεχνικής και Θαλασσίων Έργων

Τομέας Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης



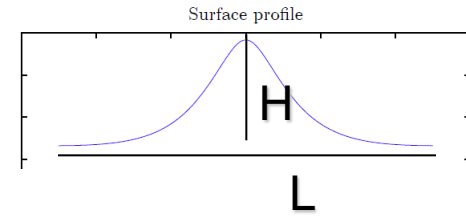
Ταβυα

Θεσσαλονίκη

19-20 Δεκεμβρίου 2015

Εισαγωγή Ορισμός Φαινομένου

Video National Geographic



Τσουνάμι

Ιδιαζόντως πολύ μακρύ κύμα με μήκος L της τάξης πολλών εκατοντάδων χιλιομέτρων

Μικρό σχετικά (μη παρατηρήσιμο) ύψος H στα βαθιά νερά $H/L =$ πολύ μικρός

Μεγάλο ύψος H στα ρηχά νερά και στις παράκτιες περιοχές $H/L =$ σημαντικός

Διαδίδεται στην επιφάνεια της θάλασσας, αλλά προκαλεί μεταφορά μάζας νερού σε όλο το βάθος

Έχει προκληθεί από κάποια πολύ μεγάλης χωρικής κλίμακας βίαιη ή απότομη μετακίνηση της υδάτινης μάζας στον πυθμένα, στην επιφάνεια ή σε κάποιο στερεό όριο της θαλάσσιας λεκάνης

Η λέξη τσουνάμι είναι μεταφορά από την Ιαπωνική "tsunami" ("tsu": λιμάνι και "nami": κύμα) σημαίνει το «(πλημμυρικό) κύμα εντός λιμενολεκάνης»

Η ονοματοδοσία του φαινομένου καταδεικνύει την πιο χαρακτηριστική ιδιότητα των τσουνάμι:

Τα τσουνάμι δημιουργούνται σε βαθιά νερά, αλλά γίνονται αισθητά από τον άνθρωπο στα ρηχά παράκτια νερά, καθώς προκαλούν έντονες πλημμύρες, ορμητικές κατακλύσεις και μεγάλες καταστροφές σε λιμάνια και κατοικημένες παράκτιες ζώνες με μεγάλα ανοίγματα στη θάλασσα

Λανθασμένα τα ονόμαζαν παλιότερα παλιρροϊκά κύματα

Ιστορικές Καταγραφές Τα Tsunami Παγκοσμίως

Σε ιστορικούς χρόνους, αλλά ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, τα τσουνάμι που έχουν προκληθεί
βαριές

Historical occurrence of tsunamis worldwide

Sumatra

και
ος το

- Serious destruction
- Moderate destruction
- Light destruction

Dots show epicenters of the earthquakes that caused tsunamis.

coasts
plan
xing Day
reached as

Ιστορικές Καταγραφές Ελλάδα – Μεσόγειος

Καταστροφικά γεγονότα παράκτιων πλημμυρών στο παρελθόν αποδίδονται σε τσουνάμι:

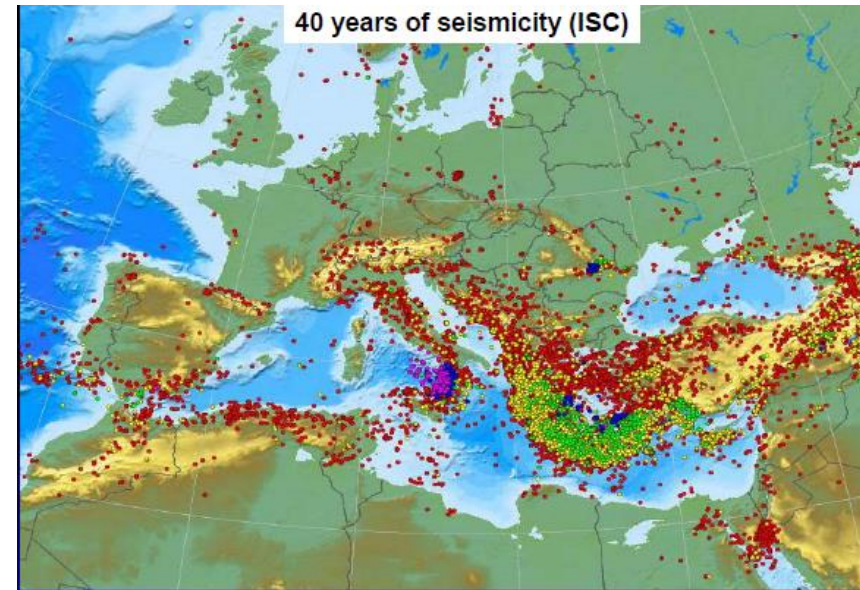
- 1630-1550 π.Χ. Μινωικό βασίλειο βόρεια Κρήτη λόγω έκρηξης ηφαιστείου Σαντορίνης (Θήρας) ίσως αιτία παρακμής του Μινωικού πολιτισμού
- 365 μ.Χ , Κρήτη, σεισμός 8 Richter
- 1303 μ.Χ, ανατολική Μεσόγειος Ελληνικό νησιωτικό τόξο
- 1956 Αμοργός, σεισμός 7.5 Ρίχτερ Η=3.8m στην ανατολική Κρήτη Ναύπλιο, Εύβοια, Τήνο, Σύρο, Αστυπάλαια, Ανάφη, Σαντορίνη, Φολέγανδρο, Σίκινο, Νάξο, Σάμο, Κω, Κάλυμνο, Νίσυρο, Λειψούς, Πάτμο, Τήλο, Χάλκη, Ρόδο και Τουρκία (Σμύρνη κ.λπ.)

Στη Μεσόγειο ο κίνδυνος είναι μικρότερος από ότι στον Ειρηνικό Ωκεανό

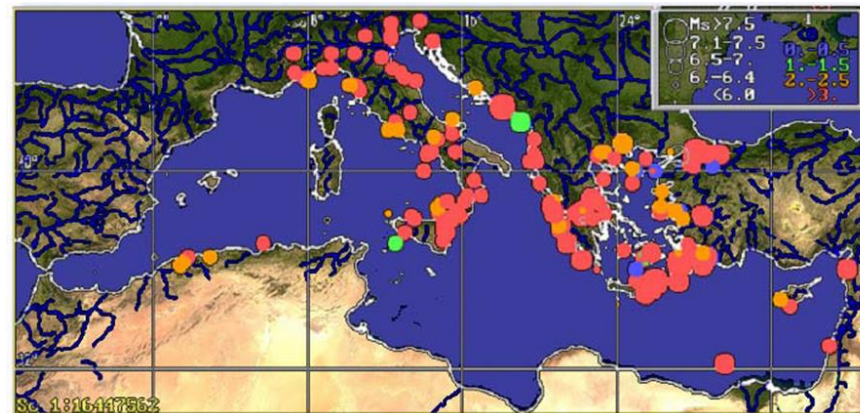
Οι χρόνοι ειδοποίησης όμως είναι πολύ μικροί

Τα συστήματα ειδοποίησης είναι ανεπαρκή

Σεισμοί (1960-2000)



Tsunami (1500-2000)

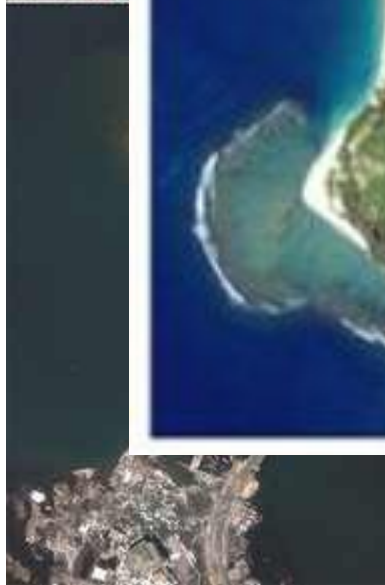






Οπτικό Υλικό Καταγραφής Καταστροφών (2)

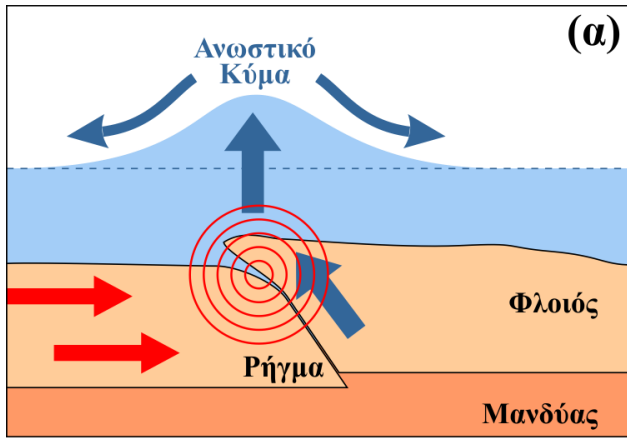
ΠΡΙΝ και ΜΕΤΑ



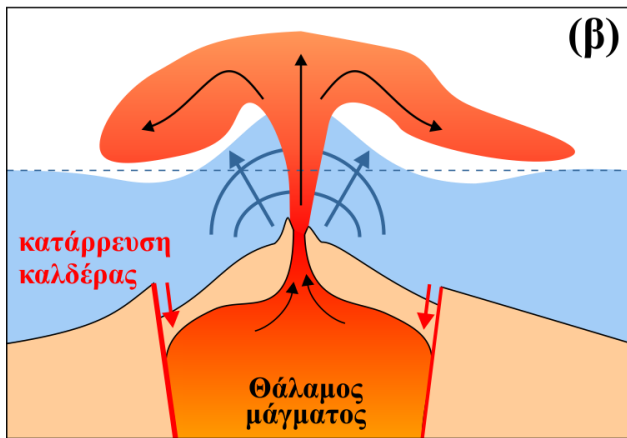
Υπερπήδηση τοίχου 4,5 m από τσουνάμι – Καταστροφή πόλης Kamaishi



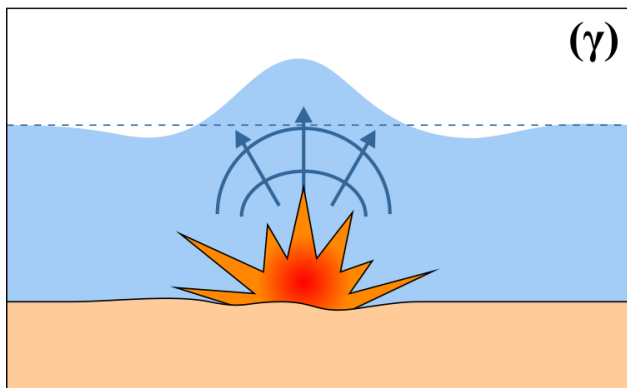
Γένεση Τύποι Διέγερσης της Θαλάσσιας Μάζας



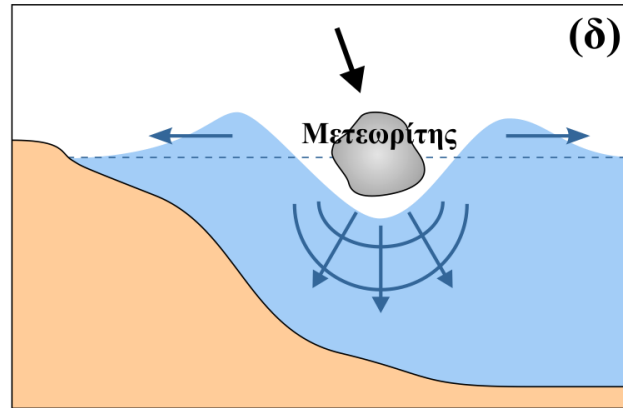
(α) Υποθαλάσσιο Ρήγμα στον πυθμένα από σεισμό με «ρηχό» επίκεντρο στο φλοιό



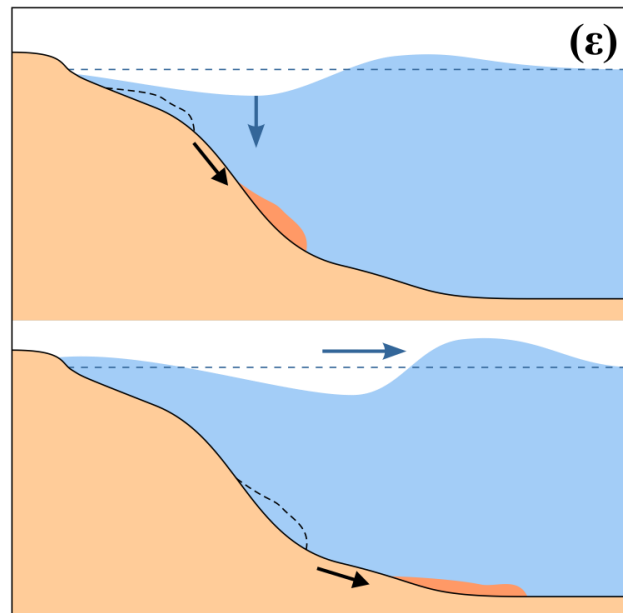
(β) Υποθαλάσσια έκρηξη ηφαιστείου



(γ) Υποθαλάσσια ανθρωπογενής έκρηξη

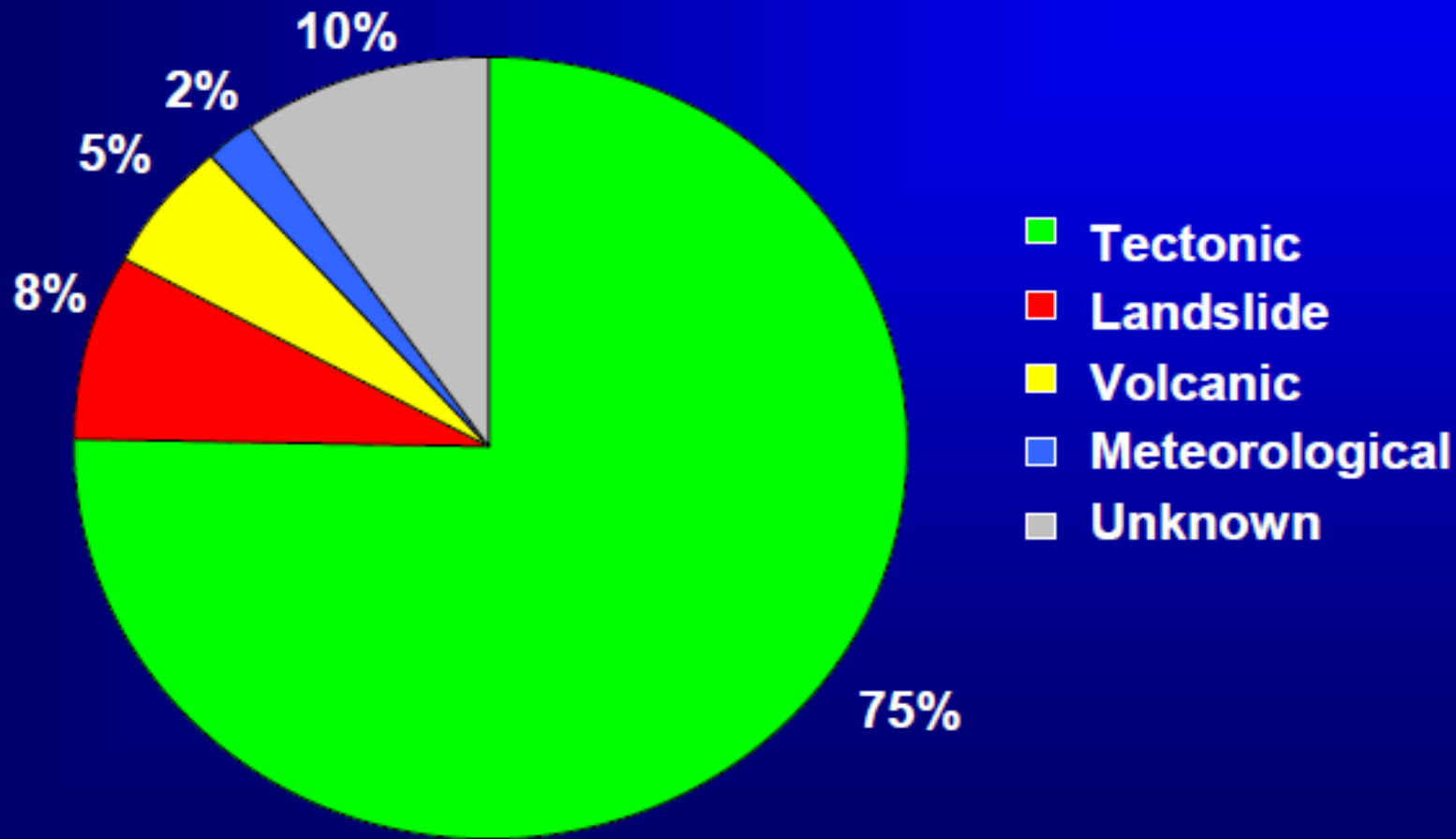


(δ) Πτώση μετεωρίτη

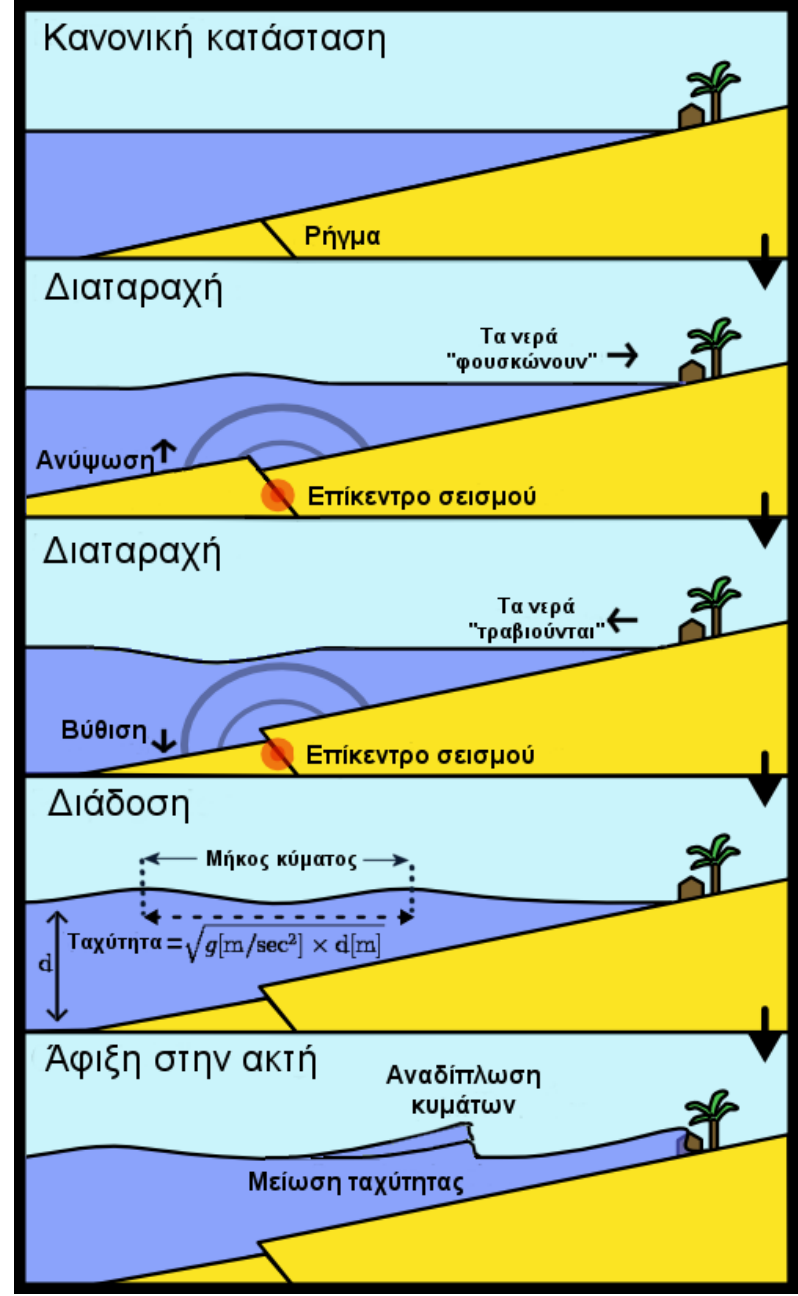
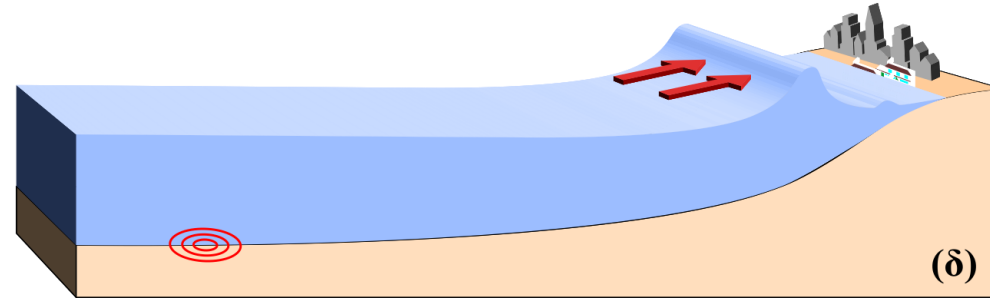
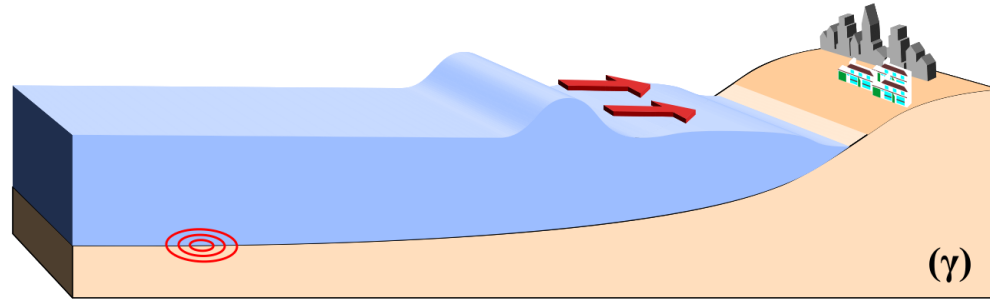
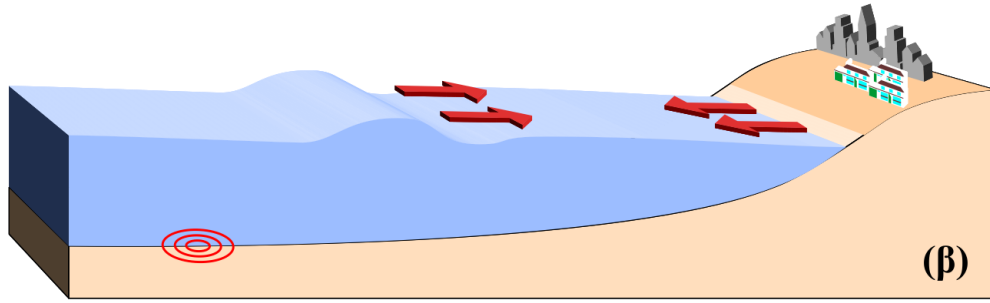
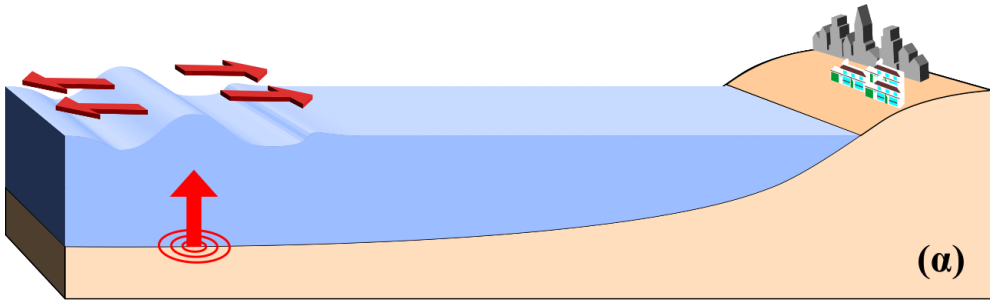


(ε) Κατολίσθηση υποθαλάσσιων ή χερσαίων μαζών ή Αποκοπή τμήματος παγόβουνου

Cause of Tsunami



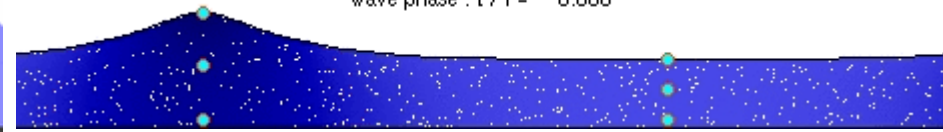
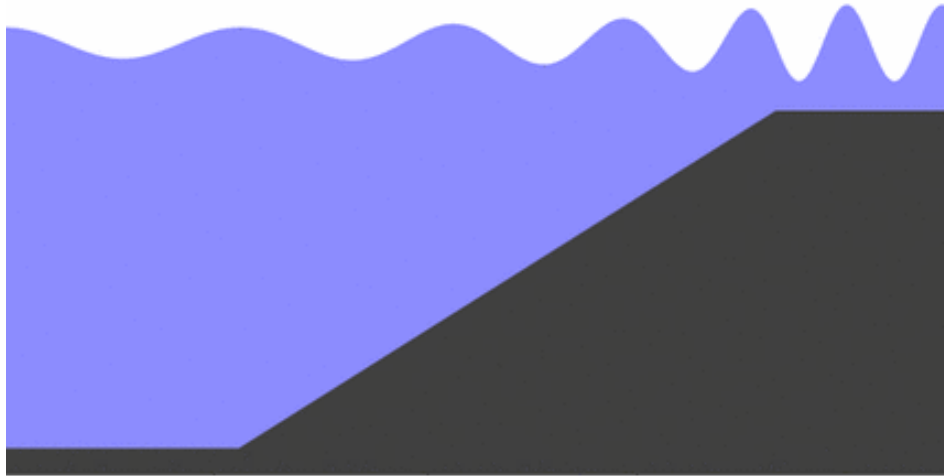
Γένεση Μηχανισμός Μετακίνησης Θαλάσσιας Μάζας



Δράση Το Tsunami ως Κυματισμός Ρηχών Νερών

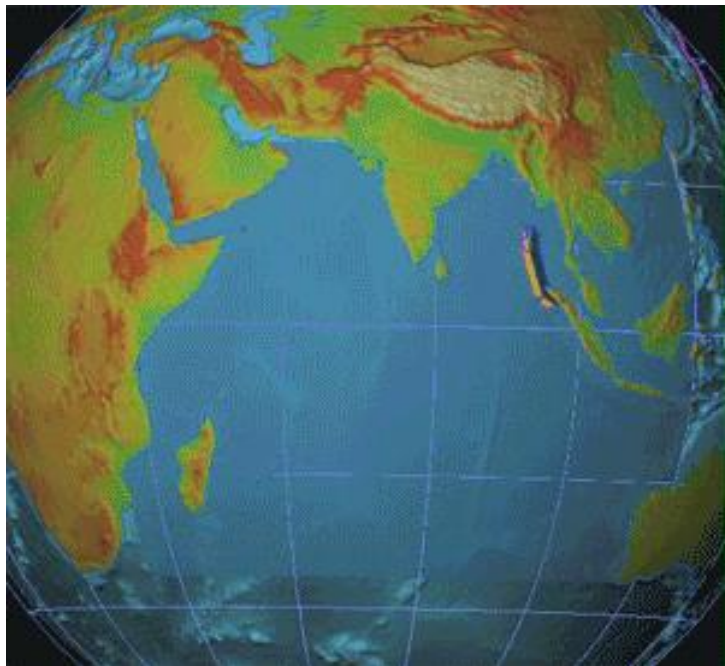
Μηχανική Διάδοσης από Βαθεία σε Ρηχά νερά

wave phase : $t / T = 0.000$

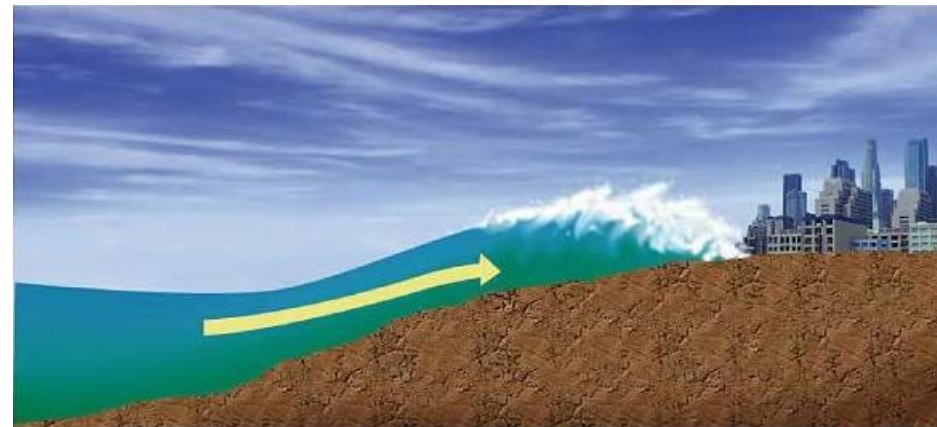


Μηχανισμός Μετακίνησης μορίων νερού, άρα μεταφοράς μάζας και όχι απλά ενέργειας (ροή νερού) σε ρηχ'ά νερά

Παγκόσμιας Κλίμακας προσομοίωση Τσουνάμι Ινδικού 2004



Μηχανική Πρόσκρουσης στην Παράκτια Ζώνη



Δράση Tsunami Θεωρία - Μεθοδολογία Προσέγγισης

Διάδοση

Θεωρία Μοναχικού Κύματος (Solitary Wave)

Ταξιδεύει με μήκη κύματος (100-200km) και με περιόδους (10-30min)

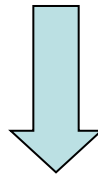
Στο μεγαλύτερο μέρος του παγκόσμιου ωκεανού το τσουνάμι συμπεριφέρεται ως μακρύς κυματισμός και η ταχύτητα διαδόσεως του είναι:

$$U = \sqrt{gh} \approx \sqrt{10 \cdot h}$$

Σε νερό βάθους $h = 4 \text{ km}$ ένα τσουνάμι διαδίδεται με ταχύτητα $\sim 720 \text{ χλμ/ώρα}$

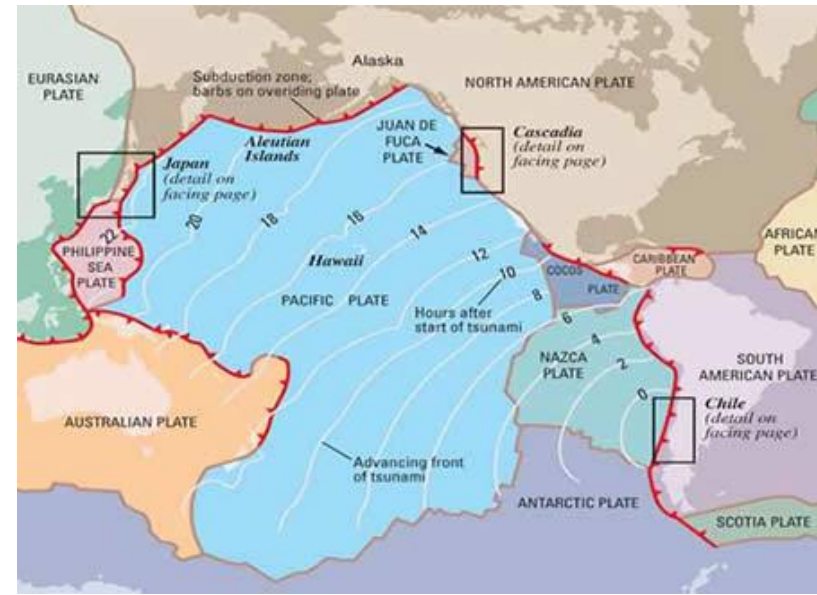
Σε νερό βάθους $h = 100 \text{ m}$ ένα τσουνάμι διαδίδεται με ταχύτητα $\sim 114 \text{ χλμ/ώρα}$

Tsunami Χιλή 1960

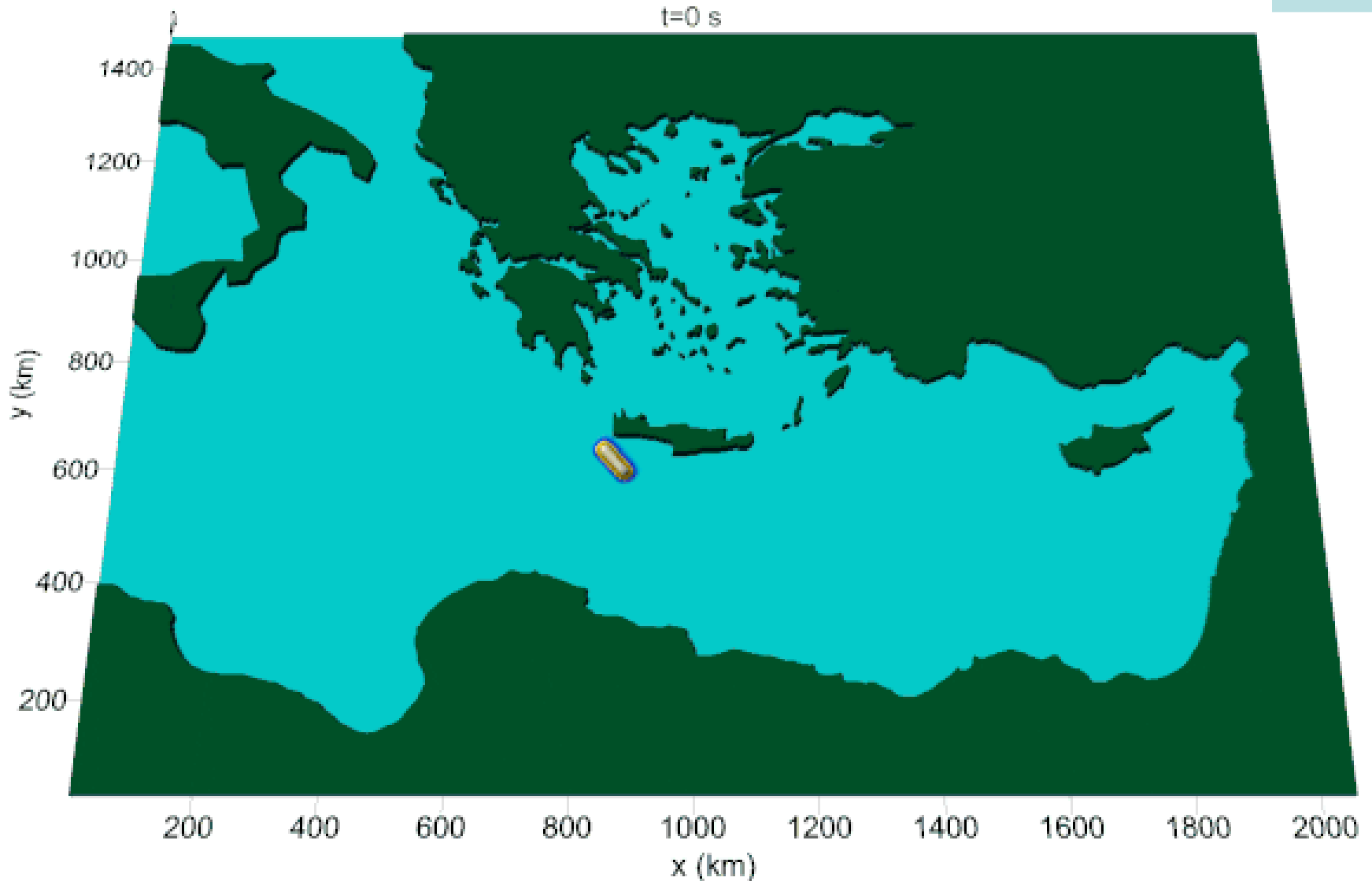


15 ώρες – Hawaii

24 ώρες – Japan



Υπολογιστικά Μοντέλα διάδοσης θαλάσσιων κυματισμών και κυκλοφορίας



$M_{tsunami}$ και $M_{seismic}$ είναι το μέγεθος του τσουνάμι και του σεισμού σε κλίμακα Richter

Συνήθεις τιμές ιδιαίτερα επικίνδυνων σεισμών για τη δημιουργία καταστροφικού τσουνάμι $M_{tsunami} > 0$ είναι $M_{seismic} > 7.3^\circ$ της κλίμακας Richter

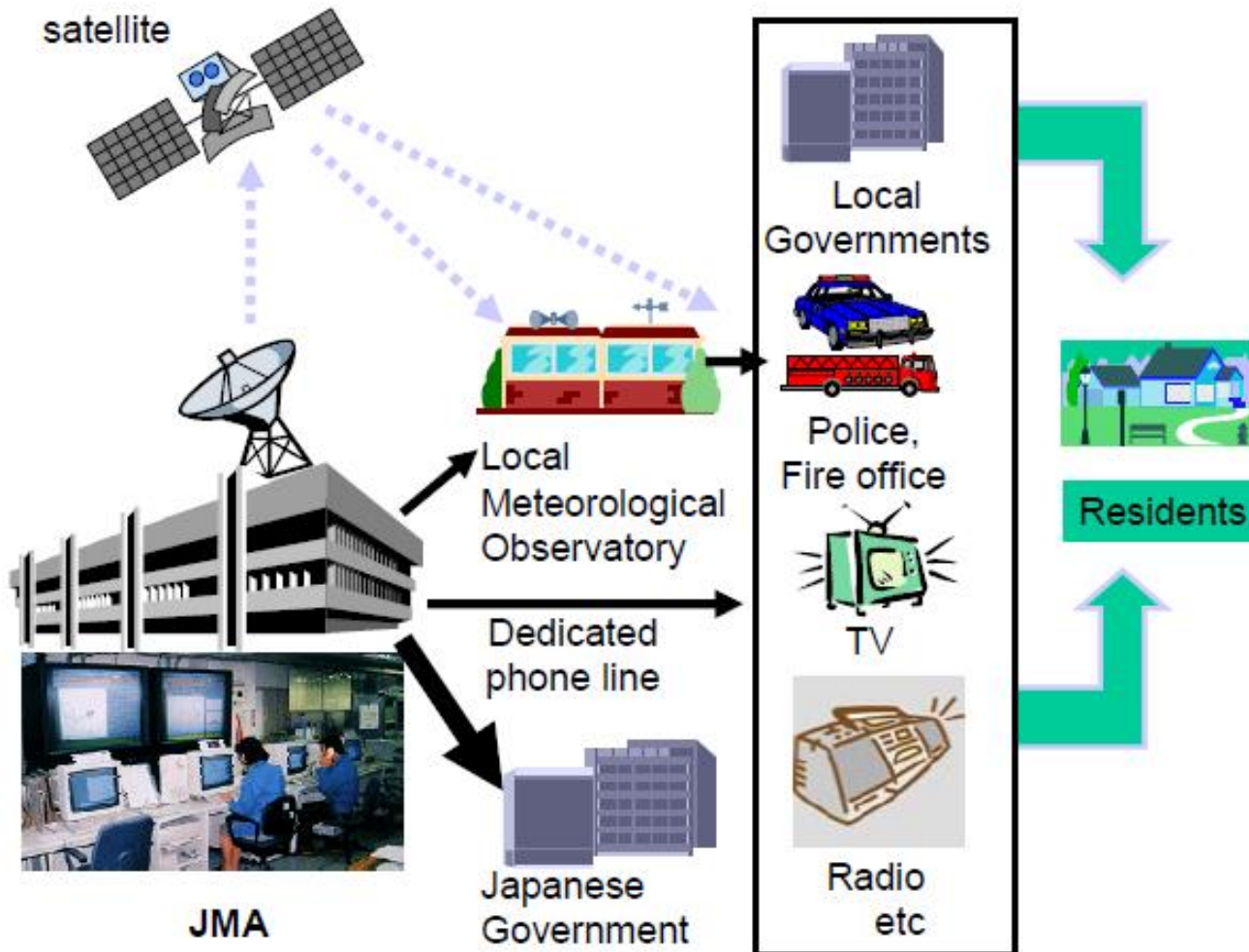
Η καταστροφική δυναμική των τσουνάμι αυξάνεται μη γραμμικά $M_{tsunami} > 2$ ή 3 για σεισμούς πάνω από $M_{seismic} > 7.8^\circ$ ή 8.2° της κλίμακας Richter

Μέγεθος $M_{tsunami}$	Ύψος Τσουνάμι (m)	Δυναμική καταστροφών
-1	0.5 – 0.7	Μηδενικές ζημιές
0	1 – 1.5	Ελάχιστες ζημιές
1	2 – 3	Καταστροφή ακτής
2	4 – 6	Μερικές χερσαίες καταστροφές και απώλειες ζωών
3	8 – 12	Σοβαρές καταστροφές πέραν των 400Km από την ακτή
4	16 – 24	Σοβαρές καταστροφές πέραν των 500Km από την ακτή

Προστασία Έργα – Μέθοδοι – Πρακτικές

Δεν υπάρχουν έργα για την Προστασία ευρύτερων Παράκτιων Περιοχών παρά μόνο στοχευμένα έργα ενισχυμένων παράκτιων τοίχων (αντιστήριξης/προστασίας) και καναλιών διοχέτευσης/απομάκρυνσης νερών

Μόνη λύση: Έγκαιρος Εντοπισμός και Ενημέρωση Κοινού



ήματα, να είναι

ΜΕΝΟ

ρεύματα

Βιβλιογραφία – Χρήσιμες Ιστοσελίδες

Κρεστενίτης Γ., Κομπιάδου Κ., Μακρής Χ., Ανδρουλιδάκης Γ., Καραμπάς Θ. (2015)

Παράκτια Μηχανική – Θαλάσσια Περιβαλλοντική Υδραυλική

Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά Συγγράμματα και Βοηθήματα, Κάλλιπος, Αθήνα.

- **Atwater** et.al. 2005 *Surviving a tsunami - Lessons from Chile, Hawaii, and Japan*. USGS 1187
- **Bernard** (ed.) 2005 *Developing tsunami-resilient communities: The National Tsunami Hazard Mitigation Program*. Springer.
- **Dudley**, M. and M. **Lee**, *Tsunami!*, University of Hawaii Press, 1998.
- **UNESCO-IOC**:

Master plan for the Tsunami Warning System in the Pacific 1999

Tsunami: The Great Waves 2005

Tsunami Glossary: A glossary of terms and acronyms used in the tsunami literature 1991

<http://www.tsunami.noaa.gov/> <http://www.tsunami.org/index/index.html>

<http://www.ready.gov/tsunamis> <http://www.tsunami.gov/> <http://ptwc.weather.gov/>

ΤΑΒΥΔΑ



Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά
Συγγράμματα και Βοηθήματα
www.kallipos.gr