

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ
ΕΛΛΑΔΟΣ**

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Τ.Ε.

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ

**«ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΣΤΟΝ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟ
ΚΟΛΠΟ»**



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΕΣ: ΜΑΡΙΑ ΦΩΤΙΟΥ

ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ ΦΕΡΕΝΤΙΝΟΥ

ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΛΥΚΟΥΡΓΙΩΤΗΣ ΣΩΤΗΡΗΣ

ΠΑΤΡΑ 2014

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το θέμα της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι ο κίνδυνος τσουνάμι τον Κορινθιακό Κόλπο.

Το πρώτο κεφάλαιο, αναπτύσσει το τσουνάμι, τα χαρακτηριστικά τους, καθώς και ο τρόπος μέτρησης του. Παράλληλα πραγματοποιείται μία ιστορική αναδρομή, περιγράφονται οι μέθοδοι προστασίας από ένα τσουνάμι, ενώ παρουσιάζουν και ορισμένες περιοχές που κινδυνεύουν.

Στο δεύτερο κεφάλαιο της παρούσας πτυχιακής εργασίας αναλύονται οι τρόποι με τους οποίους μπορεί να δημιουργηθεί ένα τσουνάμι.

Στο τρίτο κεφάλαιο, παρουσιάζεται γενικά ο Κορινθιακός Κόλπος, η υποθαλάσσια μορφολογία, οι ρηξιγενείς δομές, η ιζηματογένεση, η σεισμολογία και η τεκτονική του Κόλπου.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύεται ο κίνδυνος εμφάνισης στον Κορινθιακό Κόλπο.

Τέλος, στο πέμπτο κεφάλαιο, εξάγονται τα απαραίτητα από την πτυχιακή εργασία, συμπεράσματα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το τσουνάμι αποτελεί ένα θαλάσσιο φαινόμενο, το οποίο μπορεί να επιφέρει όχι μόνο υλικές ζημιές, αλλά και απώλειες ανθρώπινων ζωών. Η δημιουργία ενός τσουνάμι οφείλεται στην μετατόπιση μεγάλων ποσοτήτων υδάτων από τον πυθμένα ενός ωκεανού, ή μίας θάλασσας.

Το τσουνάμι εκδηλώνεται με τέτοια ταχύτητα και σε τόσο μεγάλη ένταση, ώστε οι ζημιές που θα επιφέρει να είναι καταστροφικές.

Χαρακτηριστικό ενός τσουνάμι είναι ότι όταν τα κύματα πλησιάζουν προς μία παράκτια περιοχή, η ταχύτητα που έχουν μειώνεται, αλλά αυξάνεται το ύψος τους, με αποτέλεσμα να εισχωρεί αρκετά χιλιόμετρα μέσα στην στεριά. Εξάλλου δεν είναι λίγες οι περιπτώσεις που ένα τσουνάμι έχει πλήξει ολόκληρες πόλεις που βρίσκονταν στα παράλια μίας χώρας.

Για την προστασία από ένα τσουνάμι έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές και συστήματα, τα οποία εφαρμόζονται σε χώρες οι οποίες έχουν αυξημένο κίνδυνο εμφάνισης ενός τέτοιου φαινομένου.

Ενδεικτικά, οι τεχνικές αυτές είναι οι σειсмоγράφοι, τα κέντρα επεξεργασίας των δεδομένων, η εφαρμογή συστημάτων επικοινωνίας, ενώ καθοριστικό ρόλο στην πρόληψη από το τσουνάμι, διαδραματίζει και η εκπαίδευση των πληθυσμών.

Τα μεγαλύτερα τσουνάμι στον κόσμο πραγματοποιηθήκαν το 1883 στην Κρακατόα, το 2004 στην Ινδονησία και το 2011 στην Ιαπωνία.

Το τσουνάμι στην Κρακατόα, αποτελεί το μεγαλύτερο σε μέγεθος τσουνάμι στην ιστορία. Η αιτία γένεσης του συγκεκριμένου τσουνάμι ήταν μία ηφαιστειακή έκρηξη στην Κρακατόα. Το μέγιστο ύψος των κυμάτων που δημιουργήθηκαν, εκτιμήθηκε στα 30 με 40 μέτρα.

Το τσουνάμι της Ινδονησίας προκλήθηκε από σεισμό μεγέθους 9,3 της κλίμακας Ρίχτερ. Πρόκειται για ένα από τα πιο καταστρεπτικά

τσουνάμι της σύγχρονης ιστορίας, ενώ ήταν αυτό με τον μεγαλύτερο αριθμό θυμάτων. Οι νεκροί από το τσουνάμι της Ινδονησίας ανήλθαν περίπου σε 250.000 νεκρούς.

Όσον αφορά το τσουνάμι που έπληξε την Ιαπωνία το 2011, αυτό προκλήθηκε από σεισμό 9 βαθμών της κλίμακας Ρίχτερ στην βορειοανατολική πλευρά της χώρας.

Ο σεισμός είχε ως αποτέλεσμα την δημιουργία τσουνάμι στον Ειρηνικό ωκεανό. Στις Ιαπωνικές ακτές το τσουνάμι έφτασε σε ύψος έως και 10 μέτρα, προκαλώντας χιλιάδες απώλειες σε ανθρώπινες ζωές και τεράστιες καταστροφές.

Όσον αφορά τον κίνδυνο για την εκδήλωση τσουνάμι στον Ελλαδικό χώρο, αυτός δεν αποτελεί μακρινό σενάριο, αλλά μία πραγματικότητα.

Κατά το παρελθόν ισχυροί σεισμοί και ηφαίστεια προκάλεσαν την δημιουργία μεγάλων και καταστροφικών τσουνάμι.

Ένα από τα μεγαλύτερα τσουνάμι στην ιστορία του Ελλαδικού χώρου, αποτέλεσε το τσουνάμι του Κορινθιακού Κόλπου το 1817, το οποίο προκάλεσε καταστροφικές ζημιές για την τριγύρω περιοχή.

Το πιο πρόσφατο σοβαρό γεγονός, είναι ο σεισμός μεγέθους 7,8 της κλίμακας Ρίχτερ που ταρακούνησε τις Κυκλάδες στις 9 Ιουλίου 1956. Ο σεισμός είχε ως αποτέλεσμα την δημιουργία τσουνάμι στο νησί της Αμοργού. Πρόκειται για το μεγαλύτερο τσουνάμι που έχει πλήξει την Ελλάδα τον τελευταίο αιώνα, προκαλώντας 53 θανάτους και σημαντικές ζημιές, ιδιαίτερα στη Σαντορίνη. Επιπλέον, το τσουνάμι της Αμοργού έπληξε και τις ακτές των Κυκλάδων, καθώς και αυτές των Δωδεκανήσων, της Κρήτης και της Μικράς Ασίας.

Στη διάρκεια των αιώνων, η Ελλάδα και η ευρύτερη περιοχή της Μεσογείου έχει πληγεί από περισσότερα καταστροφικά τσουνάμι.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ.....	6
ΤΣΟΥΝΑΜΙ	6
1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ	6
1.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΤΣΟΥΝΑΜΙ	7
1.3 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΤΣΟΥΝΑΜΙ	13
1.4 ΤΑ ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ	15
1.5 ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ	18
1.6 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΠΟΥ ΚΙΝΔΥΝΕΥΟΥΝ	23
1.7 Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΟΥ ΤΣΟΥΝΑΜΙ	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ	25
ΤΡΟΠΟΙ ΓΕΝΝΕΣΗΣ ΤΩΝ ΤΣΟΥΝΑΜΙ	25
2.1 ΣΕΙΣΜΟΙ.....	25
2.2 ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΣΕΙΣΜΟΙ	31
2.3 ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΕΣ ΕΚΡΗΞΕΙΣ.....	34
2.4 ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ	36
2.5 ΠΡΟΣΚΡΟΥΣΗ ΑΣΤΕΡΟΕΙΔΗ.....	37
2.6 ΜΕΤΕΟ-ΤΣΟΥΝΑΜΙ.....	38
2.7 ΥΠΟΒΡΥΧΙΕΣ ΕΚΡΗΞΕΙΣ.....	40
2.8 ΤΣΟΥΝΑΜΙΣ ΣΕ ΛΙΜΝΕΣ, ΚΟΛΠΟΥΣ ΚΑΙ ΡΕΖΕΡΒΟΥΑΡ.....	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ.....	43
Ο ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ.....	43
3.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	43
3.2 ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	44
3.3 ΡΗΞΙΓΕΝΕΙΣ ΔΟΜΕΣ	46
3.4 ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΣΗ	48
3.5 ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑ	50
3.6 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ.....	51
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ	54
Ο ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΣΤΟΝ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟ ΚΟΛΠΟ.....	54

4.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ.....	54
4.2 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ	56
4.3 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ	59
4.4 Ο ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΤΣΟΥΝΑΜΙ	61
ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ.....	66
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	66
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	68
ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	71

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

ΤΣΟΥΝΑΜΙ

1.1 ΟΡΙΣΜΟΣ

Το τσουνάμι αποτελεί ένα θαλάσσιο φαινόμενο, το οποίο προκαλείται εξαιτίας απότομης μετατόπισης μεγάλων ποσοτήτων νερού. Το τσουνάμι αποκαλείται επίσης και ως κύμα βαρύτητας.

Ο ορισμός του τσουνάμι προέρχεται από την ιαπωνική λέξη tsunami, η οποία στην ελληνική γλώσσα αποδίδεται ως κύμα του λιμανιού. Τα κύματα βαρύτητας πήραν την ονομασία τσουνάμι από τους Ιάπωνες, για τον λόγο ότι, στην συγκεκριμένη χώρα παρατηρούνται συνεχώς πολλά φαινόμενα μετατόπισης ποσοτήτων νερού. Πολλά από αυτά τα τσουνάμι που προκαλούνται δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλα, ωστόσο μπορεί να αποβούν καταστρεπτικά όταν πλησιάζουν τις παράκτιες περιοχές.

Ο όρος τσουνάμι αντικατέστησε τα κύματα βαρύτητας και υιοθετήθηκε από την διεθνή βιβλιογραφία το έτος 1963.

Πολλές φορές τα τσουνάμι αποκαλούνται και ως «σεισμικά θαλάσσια κύματα». Η αιτία για την οποία δίνεται αυτός ο χαρακτηρισμός είναι ότι δημιουργούνται υπο- θαλάσσιοι σεισμοί και σεισμοί κοντά στις ακτές. Ένας ακόμη χαρακτηρισμός των τσουνάμι είναι ως «παλιρροϊκά κύματα» (tidal waves). Ωστόσο, και οι δύο αυτοί όροι θεωρούνται εσφαλμένοι, διότι τα τσουνάμι δεν προκαλούνται αποκλειστικά από τους σεισμούς στην πρώτη περίπτωση, ούτε σχετίζονται με το φαινόμενο και τα αίτια δημιουργίας της παλίρροιας.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι ακόμη και ο όρος τσουνάμι δεν αποδίδει πλήρως το φαινόμενο των βαρυτικών κυμάτων. Ο λόγος για τον οποίο συμβαίνει κάτι τέτοιο είναι ότι, τα κύματα

βαρύτητας δεν πλήττουν αποκλειστικά και μόνο τα λιμάνια, αλλά κάθε είδους παράκτια περιοχή. Παρόλα αυτά, έχει γίνει αποδεκτός ο όρος τσουνάμι από την διεθνή βιβλιογραφία, για τον λόγο ότι με αυτόν τον τρόπο αποδίδονται όσο το δυνατόν καλύτερα οι καταστροφικές επιπτώσεις που αυτά έχουν όταν πλησιάζουν μία παράκτια περιοχή.

Σε γενικές γραμμές μπορεί να διατυπωθεί ότι, τα τσουνάμι δημιουργούνται και παρουσιάζονται με ελάχιστη ή χωρίς προειδοποίηση, φέρνοντας θάνατο και μαζική καταστροφή των παράκτιων πληθυσμών.

Σημειώνεται επίσης ότι, από το 1850 μέχρι σήμερα, έχει υπολογιστεί ότι τα τσουνάμι ευθύνονται για την απώλεια τουλάχιστον 420.000 ανθρώπινων ζώων και την καταστροφή παράκτιων οικισμών και φυσικού περιβάλλοντος, αξίας δισεκατομμυρίων δολαρίων, σε ολόκληρο τον κόσμο.

1.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΤΣΟΥΝΑΜΙ

Όπως ήδη αναφέρθηκε σε προηγούμενη ενότητα, το τσουνάμι αποτελεί ένα ωκεάνιο κύμα μεγάλου μήκος κύματος που παράγεται ύστερα από μία απότομη μετατόπιση μεγάλων ποσοτήτων νερού, σε ένα υδάτινο σχηματισμό, κυρίως λόγω αιφνίδιας μετατόπισης του θαλάσσιου πυθμένα.. Παραδείγματα υδάτινων σχεδιασμών αποτελούν ένας ωκεανός, μια θάλασσα, μια λίμνη, κ.λπ.

Όπως διαπιστώνεται και από την εικόνα 1.1 που ακολουθεί, το τσουνάμι εκδηλώνεται ως κύματα. Σημειώνεται ότι, το μήκος κάθε κύματος ενδέχεται να υπερβαίνει τα 200 km, με αποτέλεσμα να μπορούν να πλησιάσουν σε πλάτος, ακόμα και τη γήινη περίμετρο.



Εικόνα 1.1 Η εκδήλωση του τσουνάμι σε κύματα

Σε σχέση με ένα ωκεάνιο κύμα, αυτό που παρατηρείται είναι ότι το τσουνάμι ταξιδεύει πολύ πιο γρήγορα. Το φαινόμενο αυτό είναι ακόμη πιο έντονο στους ανοιχτούς ωκεανούς, όπου το νερό έχει μεγαλύτερο βάθος. Στις περιπτώσεις αυτές, η ταχύτητα των τσουνάμι μπορεί να ανέλθει μέχρι 950km/h ή και περισσότερο. Παράλληλα, την ίδια στιγμή, ένα ωκεάνιο κύμα ταξιδεύει με ταχύτητα που πλησιάζει τα 90km/h.

Η ταχύτητα των κυμάτων σχετίζεται με την ένταση της βαρύτητας και το βάθος του νερού. Η ταχύτητα των κυμάτων δίνεται από τον εξής τύπο

$$V = \frac{g * h}{2}$$

όπου:

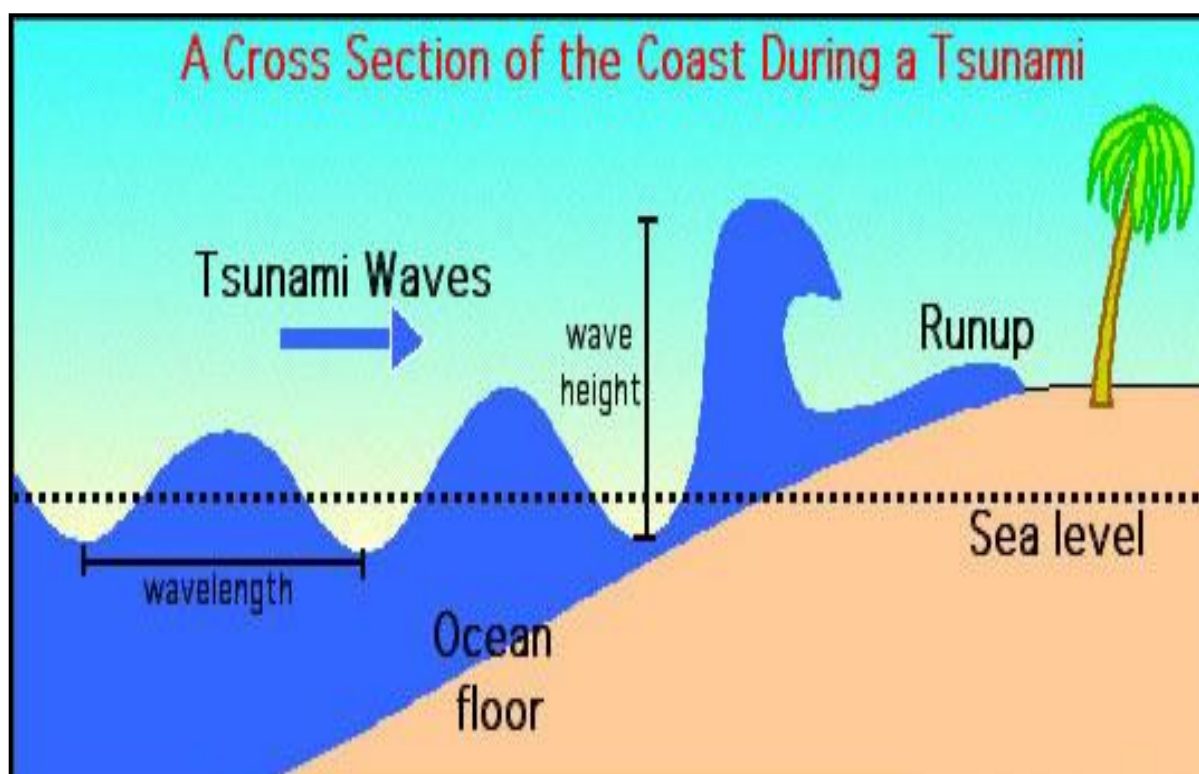
g, η ένταση της βαρύτητας και

h, το βάθος του νερού.

Από την παραπάνω σχέση διαπιστώνεται ότι, όσο μεγαλύτερο είναι το βάθος της θάλασσας, τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα των κυμάτων.

Επιπλέον, παρατηρείται ότι όταν τα κύματα φθάνουν τις παράκτιες περιοχές όπου τα νερά είναι πιο ρηχά, αυτά (κύματα) επιβραδύνονται και μειώνουν την ταχύτητά τους έως και 20 φορές.

Από την εικόνα 1.2 που ακολουθεί παρατηρείται ότι όταν το κύμα πλησιάζει τα ρηχά νερά, το ύψος του κύματος πάνω από την γραμμή των ήσυχων υδάτων, αυξάνεται κατά πολύ.



Εικόνα 1.2 Φυσικά χαρακτηριστικά ενός τσουνάμι καθώς φτάνει στην ακτή

Με βάση τα όσα ελέχθησαν παραπάνω, στον ανοιχτό ωκεανό το ύψος ενός κύματος του τσουνάμι σπάνια ξεπερνά το 1m. Ωστόσο, από την στιγμή που το τσουνάμι πλησιάζει την ακτή, συνήθως παρατηρείται μία αύξηση του ύψους του, η οποία μπορεί να φτάσει μέχρι και τα 10m.

Σημειώνεται ότι, στις πιο καταστροφικές περιπτώσεις τα τσουνάμι έχουν παρουσιάσει ύψος 20, 30 ακόμη και 40m πάνω από την στάθμη της θάλασσας. Όσον αφορά την πρόκληση ζημιών από ένα τσουνάμι, έχει αποδειχθεί ότι, ένα κύμα ύψους 2m είναι αρκετό για να υπάρξουν ζημιές και θύματα.

Η ενέργειά ενός τσουνάμι, εξαρτάται από το μέγεθος του σεισμού που το προκάλεσε και δίνεται σε ergs από την ακόλουθη σχέση.

$$\log E_t = 10,3 + 1,5M$$

Τα τσουνάμι λοιπόν έχουν μια απίστευτη ενέργεια λόγω του μεγάλου όγκου του νερού που μεταφέρουν. Μπορούν να σκοτώσουν χιλιάδες ανθρώπους στις ακτές και να καταστρέψουν ότι βρουν στο πέρασμά τους.

Όσον αφορά την συμπεριφορά ενός τσουνάμι, όταν αυτό φτάνει την ακτή, είναι διαφορετική συγκριτικά με ένα κανονικό ωκεάνιο κύμα. Η περίοδος μεταξύ των κυμάτων του τσουνάμι που φτάνουν στην ακτή είναι 10 έως 30 λεπτά, σε αντίθεση με το κανονικό ωκεάνιο κύμα, του οποίου η περίοδος είναι μερικά δευτερόλεπτα.

Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι, μερικές φορές, το επίπεδο του νερού στην ακτή υποχωρεί αξιοσημείωτα ακριβώς πριν από την έναρξη του τσουνάμι. Το φαινόμενο αυτό, ονομάζεται πτώση (drawdown). Πέρα όμως από την πτώση, μπορεί να παρατηρείται και το φαινόμενο της ανύψωσης του νερού πριν την εκδήλωση του τσουνάμι.

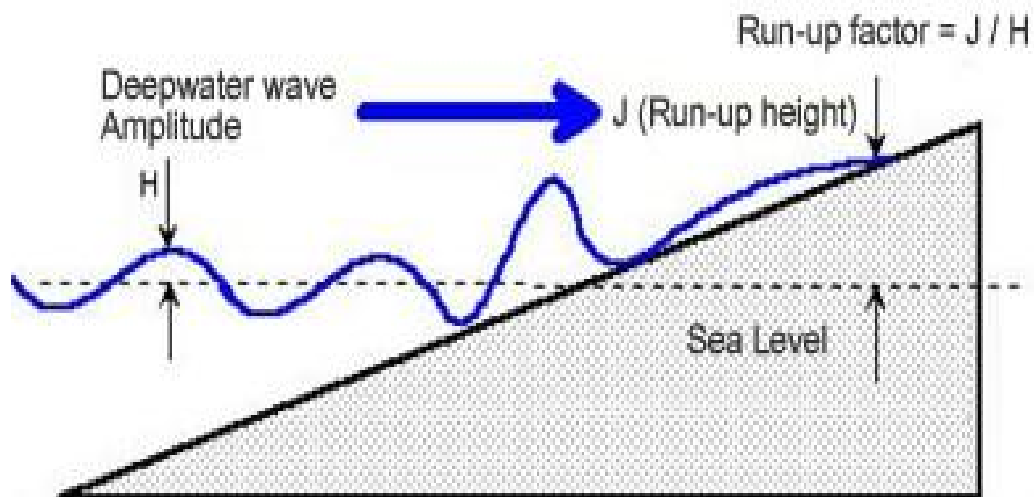
Το φαινόμενο της πτώσης του επιπέδου του νερού πριν εκδηλωθεί το τσουνάμι παρουσιάζεται στην εικόνα 1.3 που ακολουθεί.



Εικόνα 1.3 Υποχώρηση του επιπέδου του νερού πριν την εκδήλωση του τσουνάμι

Όταν ένα τσουνάμι φθάνει στην ακτή, η στάθμη του νερού που επιτυγχάνεται ονομάζεται run-up. Η στάθμη αυτή αποτιμάται ως το ύψος πάνω από την κανονική παλίρροια. Η ανύψωση που προκύπτει από ένα τσουνάμι, όταν αυτό χτυπάει σε μία ακτή παρουσιάζεται στην εικόνα 1.4.

Από τη εικόνα 1.4 διαπιστώνεται ότι, όταν το κύμα φτάνει στην ακτή, αναδιπλώνεται με αποτέλεσμα το ύψος του να αυξάνεται και η ταχύτητά του να μειώνεται. Αυτό οφείλεται στην σχέση ταχύτητας και βάθους που περιγράφηκε παραπάνω.



Εικόνα 1.4 Αναδίπλωση του κύματος και αύξηση του ύψους του, όταν αυτό βρεθεί σε ρηχό υδάτινο περιβάλλον.

Οι ξαφνικές ανυψώσεις, δηλαδή τα run-ups που προκύπτουν από ένα τσουνάμι διαφέρουν στις διάφορες θέσεις κατά μήκος της ακτής. Κάτι τέτοιο οφείλεται στο γεγονός ότι, το ύψος ενός κύματος επηρεάζεται από το βάθος του νερού, το προφίλ του θαλάσσιου πυθμένα, και το σχήμα της ακτής. Σημειώνεται επίσης ότι, σε μερικές περιπτώσεις η ακτή μπορεί να κάμψει ή να διαθλάσει το κύμα, σύροντάς το προς άλλα λιμάνια ή κόλπους.

Το run-up ενός τσουνάμι μπορεί να αποδειχθεί μέσα από μία σειρά μαρτυριών, αυτόπτων μαρτύρων και φυσικών δεικτών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν τα σημάδια νερού πάνω στους τοίχους κτιρίων, οι συγκεντρώσεις φυκιών και άλλων θραυσμάτων που μεταφέρονται από το κύμα, το ύψος προς το οποίο η βλάστηση έχει καταστραφεί από το αλατούχο νερό, τα χερσαία όρια απόθεσης άμμου, καθώς και το ύψος μέχρι το οποίο κτίρια ή δένδρα έχουν καταστραφεί από μεταφερθέντα αντικείμενα.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι, λόγω του μεγάλου μήκους κύματος που έχει ένα τσουνάμι, ενδέχεται να χρειαστεί πολύς χρόνος προκειμένου το κύμα να φουσκώσει και να υποχωρήσει. Η

στάθμη του νερού ανυψώνεται, φθάνει σε ένα μέγιστο σημείο, στο οποίο παραμένει για μερικά λεπτά. Επίσης, έχει παρατηρηθεί ότι, για μία σειρά από τσουνάμις που φθάνουν στην ακτή, μπορεί να πάρει πολύ χρόνο για τις διαδοχικές κορυφές τους. Ο χρόνος αυτός μπορεί να φτάνει και την μία ώρα. Κάτι τέτοιο συμβαίνει για τον λόγο ότι, η συχνότητα του κύματος και ο χρόνος που μεσολαβεί μεταξύ των διαδοχικών κορυφών εξαρτάται από την ταχύτητα και το μήκος κύματος.

Επομένως, παρόλο που τα τσουνάμις έχουν υψηλές ταχύτητες, λόγω του μεγάλου μήκους κύματος που φέρουν, μεσολαβεί ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα μεταξύ των κορυφών.

1.3 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΤΣΟΥΝΑΜΙ

Μέσα από έρευνες που έχουν διεξαχθεί, από το 1945 και έπειτα, έχουν παρατηρηθεί περισσότεροι θάνατοι ανθρώπων από τα τσουνάμι παρά από τους σεισμούς.

Τα περισσότερα τσουνάμι δημιουργούνται κατά μήκος μιας περιοχής που λέγεται Ring of Fire και έχει μήκος 40.000 χιλιόμετρα. Η περιοχή Ring of Fire βρίσκεται στον Ειρηνικό Ωκεανό και παρέχει έντονη σεισμική δραστηριότητα, καθώς και ηφαίστεια.

Μία από τις υψηλότερες περιοχές κινδύνου για την εκδήλωση τσουνάμι στον Ειρηνικό Ωκεανό (περιοχή Ring of Fire) είναι η Χαβάη. Από το 1819, έχουν καταγραφεί περισσότερα από 40 τσουνάμι στα νησιά της Χαβάης. Προκειμένου να μπορούν να προβλεφθούν τα τσουνάμι στα νησιά της Χαβάης, έχει αναπτυχθεί ένα σύστημα προειδοποίησης, όπου εμφανίζονται τα διάφορα καταστρεπτικά παλιρροιακά κύματα. Τα συστήματα αυτά έχουν αναπτυχθεί και εφαρμοστεί από πολλές χώρες που έχουν παρουσιάσει κατά καιρούς τσουνάμι και έχουν υψηλό βαθμό επικινδυνότητας.

Πιο συγκεκριμένα, τα συγκεκριμένα συστήματα, καταγράφουν στα όργανα παρακολούθησης που διαθέτουν, κάποιες διαταραχές οι οποίες προειδοποιούν την Χονολουλού για τον ερχομό κάποιου τσουνάμι.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η Χαβάη αποτελεί μία περιοχή υψηλού κινδύνου πρόκλησης τσουνάμι. Πιο συγκεκριμένα, στο νησιωτικό σύμπλεγμα της Χαβάης έχει διαπιστωθεί ότι εκδηλώνεται κάθε χρόνο ένα τσουνάμι κατά μέσο όρο. Επίσης, έχει υπολογιστεί ότι προκαλείται ένα καταστρεπτικό τσουνάμι, κάθε 7 χρόνια περίπου.

Μία ακόμη περιοχή που θεωρείται υψηλού κινδύνου είναι η Αλάσκα. Στην Αλάσκα, παρουσιάζεται περίπου ένα τσουνάμι κάθε 1,75 χρόνια και ένα καταστρεπτικό γεγονός κάθε 7 χρόνια.

Ένα από τα μεγαλύτερα τσουνάμι, το οποίο είχε τις πιο καταστροφικές συνέπειες, εκδηλώθηκε τον Αύγουστο του 1883 και διέσχισε περίπου τη μισή περιφέρεια της Γης. Η πρόκληση του συγκεκριμένου τσουνάμι έγινε μετά από την κατάρρευση του ηφαιστείου Krakatoa, στην Ινδονησία. Τα κύματα του τσουνάμι που δημιουργήθηκε, είχαν φτάσει σε ύψος μέχρι και 35 μέτρα και προκάλεσαν πολύ μεγάλη ζημία κατά μήκος της ακτής της Σουμάτρας. Σημαντικότερη καταστροφική συνέπεια ήταν η εξαφάνιση του νησιού Κρακατόα. Όσον αφορά τα θύματα από τον συγκεκριμένο τσουνάμι, οι νεκροί ανήλθαν στους 36.000. Αξιοσημείωτο είναι επίσης το γεγονός ότι, το αστεροσκοπείο του Γκρίνουιτς είχε καταγράψει το τσουνάμι που θα προκαλούντα, για 7 συνεχόμενες ημέρες.

Παρόλο που η εκδήλωση τσουνάμι στα παράκτιες περιοχές του Ατλαντικού Ωκεανού είναι περιορισμένη, ένας σοβαρός σεισμός στις 18 Νοεμβρίου του 1929, στην Grand Banks της Νέας Γης δημιούργησε ένα τσουνάμι το οποίο προκάλεσε μεγάλες ζημιές και απώλειες ζώων στην Ακτή Placentia της Νέας Γης.

Το 1946, πάλι στην Χαβάη και συγκεκριμένα στην περιοχή Hilo, δημιουργήθηκε ένα τσουνάμι με κύματα τα οποία έφταναν από 6 έως 9 μέτρα. Το κέντρο της πόλης πλημμύρισε και οι νεκροί ανήλθαν στους 160 ανθρώπους.

Στις 22 Μαΐου του 1960 ένα τσουνάμι στη Χιλή σκότωσε, περίπου, 2.300 ανθρώπους.

Το 1964 ένας σεισμός στην Αλάσκα αποτέλεσε την αιτία για την δημιουργία και εκδήλωση ενός τσουνάμι με τα κύματα να φθάνουν σε ύψος 3 έως και 6 μέτρων, κατά μήκος των ακτών της Καλιφόρνιας, του Όρεγκον, και των ακτών της Ουάσιγκτον. Οι ζημιές και οι καταστροφές που προκάλεσε το εν λόγω τσουνάμι ανήλθαν σε 84 εκατομμύρια δολάρια στην Αλάσκα. Όσον αφορά τις απώλειες ανθρώπινων ζωών, αυτές ανήλθαν σε 123, για τις περιοχές της Αλάσκας, του Όρεγκον, και της Καλιφόρνιας.

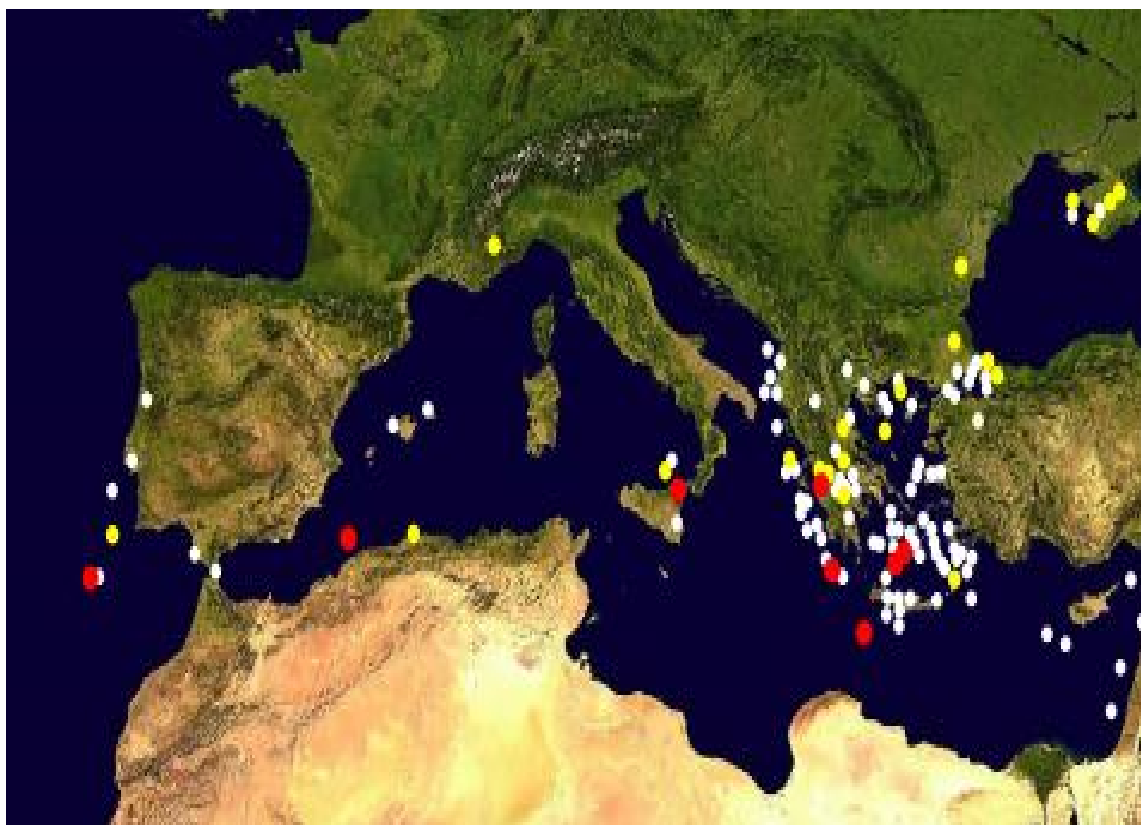
Ένα ακόμη καταστροφικό τσουνάμι παρατηρήθηκε το 2001 στην Σουμάτρα, το οποίο απέφερε 227.000 θανάτους. Η πρόκληση του τσουνάμι της Σουμάτρας οφείλεται σε ένα σεισμό 9,2 βαθμών της κλίμακας Ρίχτερ.

Τέλος, το Μάρτιο του 2011, εκδηλώθηκε ένα ακόμη από τα πιο καταστροφικά τσουνάμι στην Ιαπωνία. Το τσουνάμι προκλήθηκε εξαιτίας ενός υποθαλάσσιου σεισμού μεγέθους 9 βαθμών της κλίμακας Ρίχτερ που έγινε στις ακτές του νησιού Honshu. Τα κύματα του τσουνάμι έφτασαν μέχρι και σε 7 μέτρα ύψος, ενώ κατεγράφησαν πάνω από 11.000 θύματα. Σημειώνεται ότι μέχρι σήμερα, υπάρχουν αγνοούμενοι από το καταστροφικό τσουνάμι στην Ιαπωνία.

1.4 ΤΑ ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται τα σημαντικότερα τσουνάμι που έχουν καταγραφεί στη περιοχή της Μεσογείου, με ιδιαίτερη έμφαση στην περιοχή της Ελλάδας.

Στην εικόνα που ακολουθεί (εικόνα 1.5) παρουσιάζονται τα ιστορικά τσουνάμι της Μεσογείου, καθώς και οι καταστροφές που αυτά επέφεραν. Στην εικόνα υπάρχουν κουκίδες τριών χρωμάτων. Με κόκκινο χρώμα χαρακτηρίζονται τα τσουνάμι που προκάλεσαν σοβαρές καταστροφές. Με κίτρινο χρώμα, οι καταστροφές που προκλήθηκαν θεωρούνται μετρίου μεγέθους, ενώ με λευκό χρώμα, οι καταστροφές ήταν ελάχιστες.



Εικόνα 1.5 Ιστορικά τσουνάμι της Μεσογείου

365 μ.Χ.: Το τσουνάμι που αναπτύχθηκε στην Κρήτη οφειλόταν σε σεισμό ισχύος 8 βαθμών της κλίμακας Ρίχτερ. Οι καταστροφές που προκλήθηκαν σε ολόκληρη την Κρήτη ήταν μεγάλες, ενώ παράλληλα τα

κύματα έφτασαν μέχρι τις παράκτιες περιοχές της Αιγύπτου και της Ανατολικής Σικελίας.

1303 μ.Χ.: Πρόκειται για τσουνάμι που προκλήθηκε επίσης από σεισμό στην περιοχή της Ρόδου. Ο σεισμός είχε ισχύ 8 βαθμούς της κλίμακας Ρίχτερ. Το τσουνάμι που προκλήθηκε πέρα από την περιοχή της Ρόδου έπληξε και την Κρήτη, καθώς και τις ακτές της Αιγύπτου.

26 Σεπτεμβρίου 1650: Ένας καταστροφικός σεισμός και μία έκρηξη από το ηφαίστειο Κολόμπο, το οποίο βρίσκεται στη θάλασσα στα βορειοανατολικά του νησιού της Σαντορίνης, προκάλεσαν ένα καταστροφικό τσουνάμι στο νησί της Ίου, βόρεια της Σαντορίνης. Τα κύματα του τσουνάμι έφτασαν σε ύψος μέχρι 16 μέτρα.

1672: Μετά από μία σεισμική δόνηση που σημειώθηκε στα νησιά των Κυκλάδων δημιουργήθηκε ένα τσουνάμι, το οποίο κάλυψε ολόκληρο το νησί της Κω.

1 Ιουλίου 1755: Ένας σεισμός που έπληξε την Πορτογαλία και συγκεκριμένα την Λισαβόνα, προκάλεσε τσουνάμι το οποίο επέφερε τον θάνατο περίπου σε 60.000 κατοίκους της περιοχής.

28 Δεκεμβρίου 1908: Εξαιτίας ενός σεισμού και του τσουνάμι που επακολούθησε, η πόλη της Μεσσήνης στην Ιταλία, καταστράφηκε σχεδόν ολοκληρωτικά. Περισσότεροι από 75.000 άνθρωποι έχασαν την ζωή τους.

9 Φεβρουαρίου 1948: Πρόκειται για ένα τσουνάμι που δημιουργήθηκε στην Κάρπαθο, το οποίο προχώρησε σε βάθος 1 χιλιομέτρου και προκάλεσε σημαντικές καταστροφές στο νησί. Ζημιές προκλήθηκαν επίσης και στις νοτιοδυτικές ακτές της Ρόδου.

9 Ιουλίου 1956: Πρόκειται για ένα σεισμό που εκδηλώθηκε ανάμεσα στην Ελλάδα και την Τουρκία, κοντά στη νοτιοδυτική ακτή του νησιού της Αμοργού. Το τσουνάμι που προκλήθηκε επέφερε τον θάνατο σε 53 άτομα, ενώ οι τραυματίες και οι καταστροφές των σπιτιών ήτα

δεκάδες. Το ύψος των κυμάτων του τσουνάμι έφτασε μέχρι 20 και 25 μέτρα.

30 Δεκεμβρίου 2002: Κατά την διάρκεια μίας έντονα εκρηκτικής φάσης του Στρόμπολι στην βόρεια Σικελία, πραγματοποιήθηκε μία μεγάλη κατολίσθηση, τόσο στην ξηρά, όσο και την υποθαλάσσια βορειοδυτική πλευρά του ηφαιστείου. Η αποκόλληση περίπου 20 εκατομμυρίων κυβικών μέτρων υλικού προκάλεσε ένα τσουνάμι το οποίο μέσα σε λίγα λεπτά έφτασε μέχρι 11 μέτρα ύψος.

Μάιος 2003: Μετά από ένα σεισμό κοντά στην ακτή της Αλγερίας δημιουργήθηκε ένα τσουνάμι, από το οποίο καταστράφηκαν πάνω από 100 σκάφη στη Μαγιόρκα και πλημμύρισαν τα Palmas Paseo Maritimo.

1.5 ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ

Μέσα από έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί έχει διαπιστωθεί ότι, η εφαρμογή μέτρων για την προστασία από τσουνάμι μπορεί να μειώσει τον κίνδυνο. Τα μέτρα αυτά είναι τα εξής:

- Μικροζωνικές μελέτες
- Ενόργανα συστήματα προειδοποίησης
- Σχέδια έκτακτης ανάγκης
- Ενημέρωση

Στην πρώτη περίπτωση, οι μικροζωνικές μελέτες αποσκοπούν στον ακριβή καθορισμό της γεωγραφικής διανομής του κινδύνου σε συγκεκριμένη παράκτια ζώνη. Πρόκειται για ένα πολύ σημαντικό εργαλείο το οποίο συνεισφέρει στην μείωση του κινδύνου.

Όσον αφορά τα ενόργανα συστήματα προειδοποίησης, αυτά χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά στα τέλη της δεκαετίας του '40. Η εφαρμογή του έγινε στον Ειρηνικό Ωκεανό. Κάτι τέτοιο είναι λογικό,

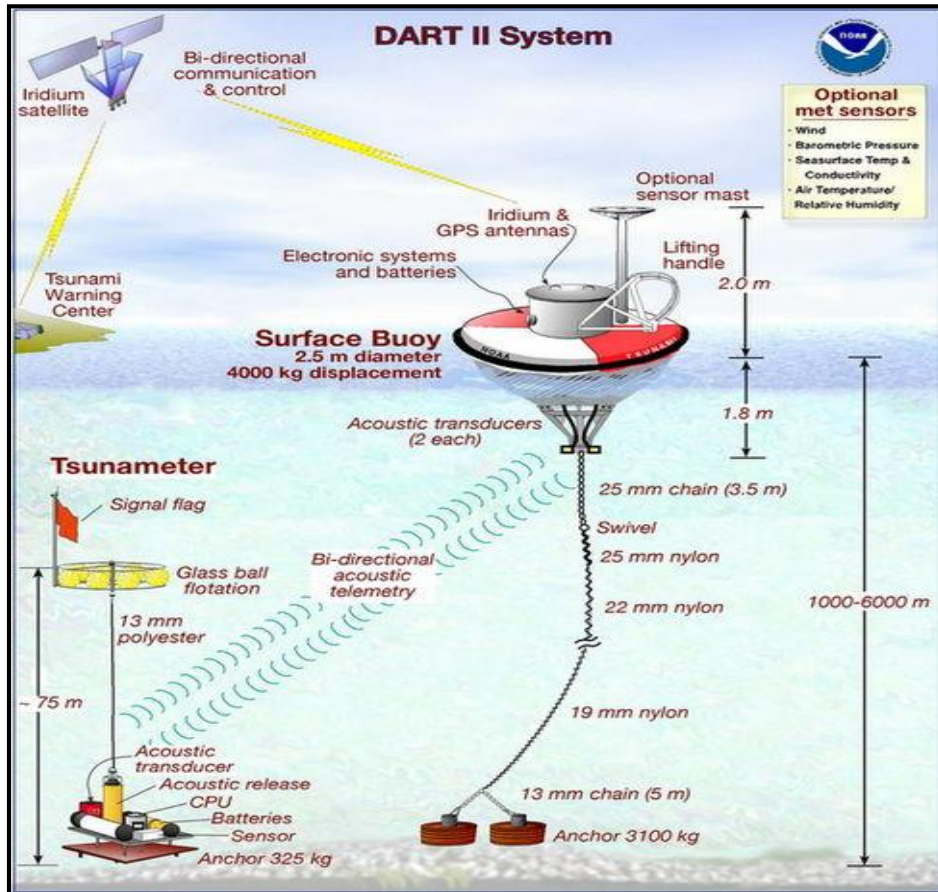
καθώς η συγκεκριμένη περιοχή αποτελεί μία από τις πιο επικίνδυνες περιοχές για την εκδήλωση τσουνάμι παγκοσμίως.

Το κεντρικό σύστημα προειδοποίησης του Ειρηνικού βρίσκεται στην Χαβάη και παρακολουθεί-προειδοποιεί για κάποιο επερχόμενο τσουνάμι το οποίο βρίσκεται ακόμη σε μακρινή περιοχή. Ένα βασικό πλεονέκτημα των συστημάτων παρακολούθησης είναι ότι δίνουν επαρκή χρόνο προειδοποίησης, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι ζημιές που θα επέλθουν από το τσουνάμι.

Στην εικόνα 1.6 που ακολουθεί παρουσιάζεται ένας σημαντήρας υδάτων που χρησιμοποιείται από το σύστημα προειδοποίησης DART, ενώ στην εικόνα 1.7 παρουσιάζεται το διάγραμμα του συστήματος ανίχνευσης τσουνάμι Dart II.



Εικόνα 1.6 Σημαντήρας υδάτων συστήματος προειδοποίησης DART



Εικόνα 1.7 Διάγραμμα συστήματος ανίχνευσης τσουνάμι Dart II

Τα τοπικά συστήματα που χρησιμοποιούνται από τις περιοχές που έχουν υψηλό κίνδυνο εκδήλωσης τσουνάμι, αποτελούνται από δίκτυο σειсмоγράφων, παλιρροιογράφων και πιεσόμετρων βυθού και υποστηρίζονται από μοντέλα γένεσης τσουνάμι, αριθμητικής προσομοίωσης των κυμάτων και από 24ωρη επιφυλακή επιστημονικού και τεχνικού προσωπικού.

Όταν τα συστήματα διαπιστώσουν ένα επερχόμενο τσουνάμι, συντάσσεται ένα έκτακτο δελτίο για την ενημέρωση των κατοίκων της περιοχής.

Αναφορικά με τα σχέδια έκτακτης ανάγκης, αυτά αποτελούν ένα από τα βασικότερα μέτρα για την μείωση του κινδύνου. Πρόκειται για προληπτικά μέτρα που λαμβάνουν οι αρχές προστασίας κάθε περιοχής

και στηρίζονται στην ετοιμότητα τους, για την αποτελεσματική δράση τους, όταν εκδηλωθεί ένα τσουνάμι.

Για παράδειγμα, στην Ιαπωνία έχουν δημιουργηθεί πλήθος μέτρων και σχεδίων για την αντιμετώπιση ενός τσουνάμι. Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι, στις παράκτιες περιοχές, οι οποίες είναι κατοικημένες, έχουν κατασκευαστεί κυματοθραύστες, το ύψος των οποίων μπορεί να ξεπερνάει και τα 12 μέτρα. Επίσης, έχουν δημιουργηθεί πύλες, οι οποίες μέσω καναλιών ανακατευθύνουν το νερό ύστερα από ένα τσουνάμι. Το ύψος των πυλών σε ορισμένες περιοχές ξεπερνά τα 16 μέτρα. Στην εικόνα που ακολουθεί διαφαίνεται ένας κυματοθραύστης που έχει κατασκευαστεί στην Ιαπωνία για την μείωση του κινδύνου.



Εικόνα 1.8 Κυματοθραύστης στην Ιαπωνία

Παρόλα αυτά αξίζει να σημειωθεί ότι, πολλές φορές το τσουνάμι ενδέχεται να ξεπεράσει τα συγκεκριμένα εμπόδια και επομένως, η αποτελεσματικότητα των μέτρων έκτακτης ανάγκης κατά καιρούς να αμφισβητείται. Ο κυματοθραύστης για παράδειγμα, μπορεί να

επιβραδύνει και να ελαττώσει το ύψος του τσουνάμι, αλλά δεν μπορεί να εμποδίσει την πρόκληση ζημιών και την ασφάλεια των κατοίκων της περιοχής.

Το τελευταίο μέτρο για την προστασία από το τσουνάμι, είναι η ενημέρωση του πληθυσμού για τα χαρακτηριστικά του φαινομένου και του τρόπου αντιμετώπισής του. Χαρακτηριστικό είναι το παράδειγμα της Ιαπωνίας.

Στην Ιαπωνία, όταν δημιουργείται ένα τσουνάμι η στάθμη της θάλασσας μειώνεται και παρατηρείται ότι το νερό της θάλασσας τραβιέται προς τα πίσω. Ένα τέτοιο φαινόμενο είναι χαρακτηριστικό πρόκλησης τσουνάμι στην περιοχή. Σε περίπτωση που η περιοχή δεν διαθέτει ένα σύστημα πρόγνωσης για τσουνάμι, ή δεν υπάρχει κάποιο μέσο ενημέρωσης για τους κατοίκους της περιοχής, τότε θα πρέπει όσοι βρίσκονται εκεί να απομακρυνθούν αμέσως από το σημείο και να κατευθυνθούν προς την ξηρά και συγκεκριμένα σε σημεία που έχουν κάποιο υψόμετρο, όπως είναι οι λόφοι. Σε διαφορετική περίπτωση, η κατεύθυνση των ανθρώπων θα πρέπει να είναι σε ορόφους κτιρίων, οι οποίοι ξεπερνούν σε ύψος τα 15 περίπου μέτρα.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι, από την στιγμή που το νερό θα αποτραβηχτεί στην θάλασσα μέχρι το τσουνάμι να χτυπήσει την ακτή είναι περίπου 5 λεπτά. Σημειώνεται επίσης, ότι όταν το τσουνάμι φτάσει στην ακτή, δεν έρχεται μόνο ένα κύμα, αλλά μία σειρά κυμάτων με μεγάλη περιοδικότητα. Για τον λόγο αυτό δεν θα πρέπει να θεωρείται ότι ο κίνδυνος πέρασε, ύστερα από το πρώτο κύμα. Ενδέχεται πολλές φορές τα επόμενα κύματα να είναι μεγαλύτερα και υψηλότερα, επιφέροντας μεγαλύτερες καταστροφές.

Όσον αφορά τα πλοία, όταν αυτά βρίσκονται εν πλω, η αντιμετώπιση ενός τσουνάμι δεν είναι τόσο δύσκολη. Σε μία τέτοια περίπτωση θα πρέπει ο καπετάνιος να στρίψει την πλώρη του πλοίου σε

γωνία 35-45°. Η δυσκολία στην αντιμετώπιση των τσουνάμις είναι την νύχτα, καθώς ενέχει ο κίνδυνος τα κύματα να μην γίνουν αντιληπτά από το ραντάρ, έχοντας ως αποτέλεσμα καταστροφικές συνέπειες. Όταν τα πλοία βρίσκονται στην ακτογραμμή, μόλις διαπιστώσουν την εκδήλωση τσουνάμι θα πρέπει να προβούν σε άμεσο απόπλου κόβοντας ακόμη και τους κάβους ή εγκαταλείποντας και τις άγκυρες. Σε περίπτωση που δεν συμβεί κάτι τέτοιο, το τσουνάμι θα ανυψώσει τα πλοία και οι άγκυρες θα αποκολληθούν από τον βυθό, με αποτέλεσμα να παρασυρθούν και να καταστραφούν.

1.6 ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΠΟΥ ΚΙΝΔΥΝΕΥΟΥΝ

Σύμφωνα με μελέτες που έχουν διεξαχθεί από εταιρείες, έχει διαπιστωθεί ότι υπάρχουν κάποιες πόλεις οι οποίες διατρέχουν τον υψηλότερο κίνδυνο για την εκδήλωση τσουνάμι. Σε πολλές από αυτές τις χώρες καθοριστικό είναι το γεγονός ότι ενδέχεται να παρουσιαστούν και άλλα καταστροφικά φυσικά φαινόμενα, όπως είναι οι πλημμύρες, οι τυφώνες, οι σεισμοί, κ.λπ.

Οι πόλεις, οι οποίες διατρέχουν το υψηλότερο κίνδυνο για τσουνάμι είναι οι ακόλουθες:

- ▼ *Τόκιο – Γιοκοχάμα, Ιαπωνία:* Πρόκειται ίσως για την πιο επικίνδυνη περιοχή τον κόσμο για την εκδήλωση τσουνάμι. Εκτιμάται πως το 80% των κατοίκων, δηλαδή 29 εκατομμύρια άνθρωποι περίπου, κινδυνεύουν από καταστροφικό σεισμό ανά πάσα στιγμή. Η Ιαπωνία είναι πιο εκτεθειμένη χώρα σε κίνδυνο για τσουνάμι, για τον λόγο ότι, τα αστικά κέντρα της είναι χτισμένα στον «Κύκλο της φωτιάς - Ring of Fire», που βρίσκεται στα ενεργά ρήγματα του δυτικού Ειρηνικού.

- ▼ *Ναγκόγια, Ιαπωνία:* όπως ήδη αναφέρθηκε, ο κίνδυνος για τσουνάμι είναι υψηλότερος στον Ειρηνικό Ωκεανό. Η Ναγκόγια της Ιαπωνίας βρίσκεται ψηλά στην λίστα για την εκδήλωση τσουνάμι, καθώς είναι χτισμένη σε ενεργά ρήγματα του Ειρηνικού Ωκεανού.
- ▼ *Καλκούτα, Ινδία:* Οι πλημμύρες των ποταμών επηρεάζουν την πόλη, στην οποία ζουν 10,5 εκατομμύρια άνθρωποι. Η ανατολική πλευρά της πόλης είναι ευάλωτη και σε τσουνάμι, ενώ επίσης υπάρχουν υψηλοί κίνδυνοι και για τυφώνες.

1.7 Η ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΤΟΥ ΤΣΟΥΝΑΜΙ

Η μέτρηση του μεγέθους του τσουνάμι πραγματοποιείται μέσα από διάφορες κλίμακες. Οι κλίμακες αυτές ορίζουν το μέγεθος ενός τσουνάμι σε λογαριθμικούς όρους του μέγιστου πλάτους του κύματος που παρατηρήθηκε σε τοπικό επίπεδο. Με βάση αυτή την εκτίμηση, οι κλίμακες μέτρησης του μεγέθους ενός τσουνάμι, είναι παρόμοιες με τον υπολογισμό του μεγέθους ενός σεισμού, μέσω της κλίμακας Ρίχτερ.

Μία κλίμακα μέτρησης του μεγέθους του τσουνάμι είναι η κλίμακα Imamura-Ida. Στην συγκεκριμένη κλίμακα, το μέγεθος του τσουνάμι υπολογίζεται ως συνάρτηση του μέγιστου ύψους του κύματος κατά μήκος της ακτής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

ΤΡΟΠΟΙ ΓΕΝΝΕΣΗΣ ΤΩΝ ΤΣΟΥΝΑΜΙ

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, το τσουνάμι προκαλείται από μία σημαντική μετατόπιση όγκου νερού από τον πυθμένα της θάλασσας. Η πρόκληση των τσουνάμις μπορεί να οφείλεται σε μία σειρά γεγονότων, τα οποία είναι τα ακόλουθα:

- Σεισμοί
- Τσουνάμι σεισμοί
- Ηφαιστειακές εκρήξεις
- Κατολισθήσεις
- Πρόσκρουση αστεροειδή
- Μετεωτσουνάμι
- Υποβρύχιες εκρήξεις
- Τσουνάμις σε λίμνες, κόλπους και ρεζερβουάρ

Στην συνέχεια του παρόντος κεφαλαίου αναπτύσσονται οι τρόποι δημιουργίας ενός τσουνάμι.

2.1 ΣΕΙΣΜΟΙ

Η συνηθέστερη αιτία γένεσης ενός τσουνάμι είναι οι σεισμοί. Μία ξαφνική μετατόπιση των στερεών τμημάτων του φλοιού της γης, έχει σαν αποτέλεσμα την παραμόρφωση του φλοιού και την απελευθέρωση ενέργειας. Κάτι τέτοιο συνεπάγεται και την δημιουργία και εκδήλωση τσουνάμι, όταν ο σεισμός αυτός συμβαίνει κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας (underwater earthquakes).

Οποιοσδήποτε σεισμός μπορεί να επιφέρει την δημιουργία ενός τσουνάμι αποκαλείται τσουνάμι-γενετικός σεισμός (tsunamigenic earthquake). Οι περισσότεροι σεισμοί καταγράφονται εκεί που η κίνηση

των τεκτονικών πλακών είναι συχνή. Ειδικότερα, κίνηση των τεκτονικών πλακών, παρατηρείται στις περιοχές που οι ηπειρωτικές πλάκες συγκρούονται με τις ωκεάνιες.

Ορισμένα από τα πιο καταστροφικά τσουνάμι που σχετίζονται με πρόσφατους υποθαλάσσιους σεισμούς είναι τα εξής:

- ü Ο σεισμός της Λισαβόνας το 1755. Πρόκειται για έναν τους μεγαλύτερους και καταστρεπτικότερους σεισμούς της ιστορίας. Τον σεισμό ακολούθησε η δημιουργία ενός τεράστιου τσουνάμι. Οι απώλειες των ανθρώπινων ζώων από τα εν λόγω φαινόμενα ανήλθαν από 60.000 μέχρι 100.000.
- ü Ο σεισμός στην Χιλή στις 2 Απριλίου 2014. Πρόκειται για έναν σεισμό 8,2 βαθμών της κλίμακας Ρίχτερ, ο οποίος είχε ως επακόλουθο την πρόκληση τσουνάμι ύψους 2 μέτρων στις βόρειες ακτές της χώρας.
- ü Ο σεισμός στην Ιαπωνία τον Μάρτιο του 2011. Στις 11 Μαρτίου, σημειώθηκε σεισμός στην βορειοανατολική πλευρά της Ιαπωνίας, του οποίου το μέγεθος εκτιμήθηκε σε 9 βαθμούς της κλίμακας Ρίχτερ. Το επίκεντρο του σεισμού ήταν το νησί Χονσού. Η διάρκεια του σεισμού ήταν 5 λεπτά και ήταν η μεγαλύτερη διάρκεια που είχε ποτέ σεισμός. Σύμφωνα με το Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης των ΗΠΑ, το υπόκεντρο βρισκόταν σε βάθος 24,4 χιλιόμετρα. Στην συνέχεια, ο σεισμός προκάλεσε τσουνάμι σε πολλές περιοχές της χώρας. Το τσουνάμι ξεκίνησε να διαδίδεται στον Ειρηνικό ωκεανό προς όλες τις κατευθύνσεις, αμέσως μετά τον σεισμό. Ως αποτέλεσμα, εκδόθηκαν άμεσα προειδοποιήσεις για τσουνάμι στην Νέα Ζηλανδία, στην Αυστραλία, στη Ρωσία, στο Γκουαχάν, στις Φιλιππίνες, στην Ινδονησία, στη Παπούα Νέα Γουϊνέα, στο Ναουρού, στη Χαβάη, στις Βόρειες Μαριάνες (ΗΠΑ) και στην Ταϊβάν. Ειδικότερα στις

ιαπωνικές ακτές, το ύψος του τσουνάμι έφτασε έως και τα 10 μέτρα και συμπαρέσυρε σπίτια, κτίρια και αυτοκίνητα, κατά τόπους έως και 20 χιλιόμετρα μέσα στο εσωτερικό της στεριάς.

Η εικόνα που ακολουθεί είναι από το τσουνάμι της Ιαπωνίας τον Μάρτιο του 2011, το οποίο προκλήθηκε από ισχυρό σεισμό.



Εικόνα 2.1 Το τσουνάμι της Ιαπωνίας τον Μάρτιο του 2011

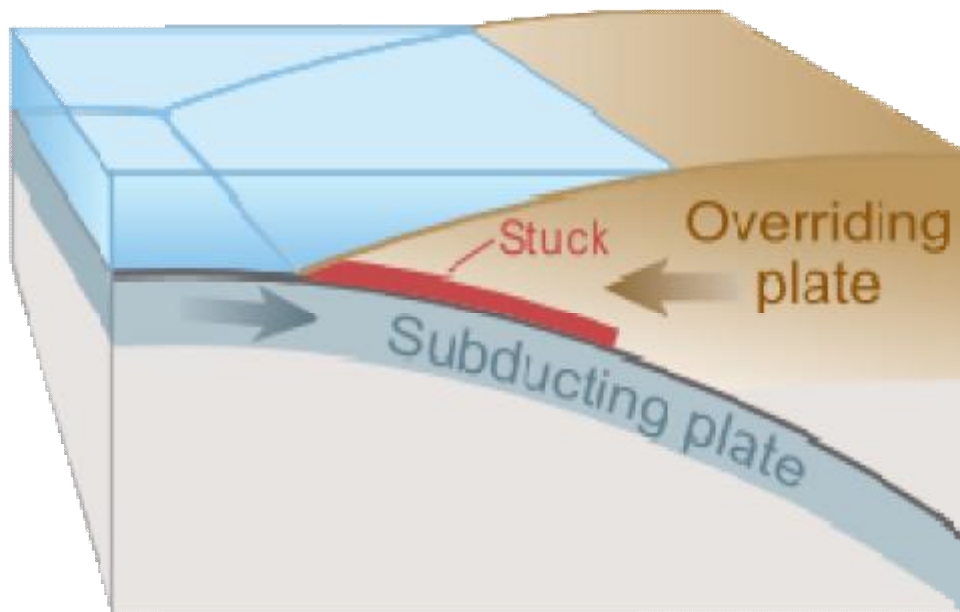
Στο σημείο αυτό σημειώνεται ότι, το μέγεθος ενός τσουνάμι προσδιορίζεται με βάση το μέγεθος του σεισμού που το παρήγαγε. Κατά πάσα πιθανότητα, ένας μεγάλος και ισχυρός σεισμός αναμένεται να γεννήσει ένα μεγάλο τσουνάμι. Παρόλα αυτά, η σύγκριση αυτή δεν είναι πάντοτε μία απλή υπόθεση.

Σε πρώτη φάση θα πρέπει να τονισθεί ότι, η δημιουργία ενός τσουνάμι είναι πολύ πιθανότερη όταν ο σεισμός που προκαλείται είναι

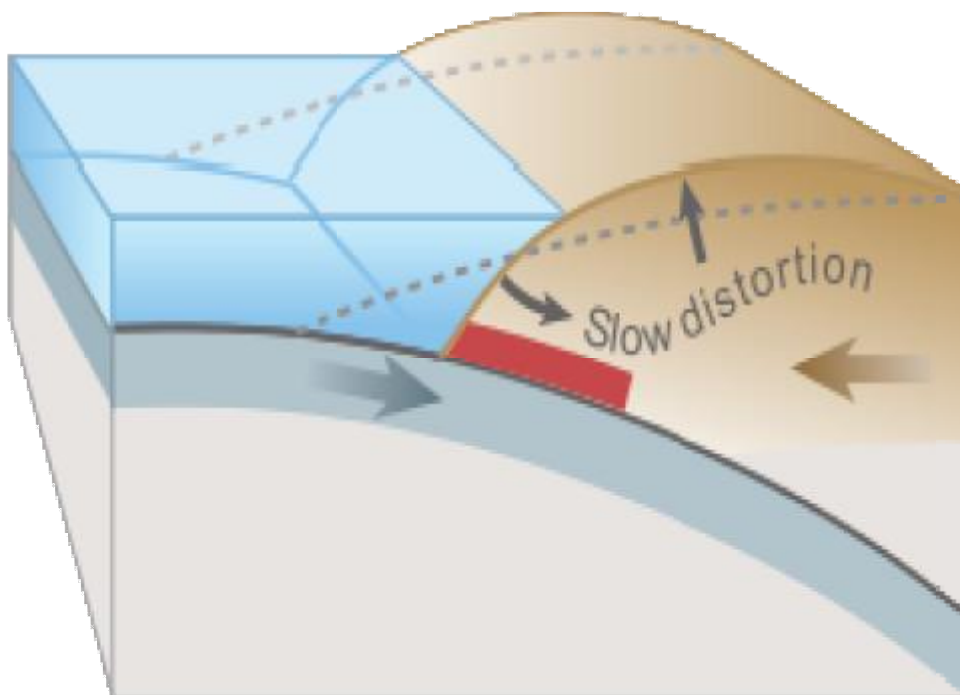
κάθετης παραμόρφωσης, παρά οριζόντιας. Επομένως, όταν παρατηρείται στον πυθμένα της θάλασσας ένα οριζόντιος σεισμός, όσο μεγάλης έντασης και να είναι δεν είναι σίγουρο ότι θα προκαλέσει την δημιουργία ενός τσουνάμι. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το γεγονός ότι, από τον ισχυρό σεισμό του 1906 στο Σαν Φραγκίσκο, δεν παρουσιάστηκε κανένα τσουνάμι. Το ρήγμα του Αγίου Ανδρέα, κατά μήκος του οποίου συνέβη ο σεισμός χαρακτηρίζεται από οριζόντια κίνηση (strike-slip), στην οποία ουσιαστικά δεν υπάρχει κάθετη μετατόπιση του θαλάσσιου πυθμένα.

Επιπλέον, σημειώνεται ότι, όταν ο θαλάσσιος πυθμένας υφίσταται κάθετη παραμόρφωση αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μετατόπιση όγκου των υδάτων μακριά από τη ζώνη της παραμόρφωσης. Έτσι, οι σεισμοί που πραγματοποιούνται κατά μήκος κανονικών ή αντιστρόφων ρηγμάτων, στα οποία η παραμόρφωση είναι κάθετη, είναι πολύ περισσότερο επαρκείς για την μετατόπιση νερού και τη γένεση τσουνάμι.

Η κάθετη παραμόρφωση και η δημιουργία ενός τσουνάμι παρουσιάζεται στις εικόνες που ακολουθούν.

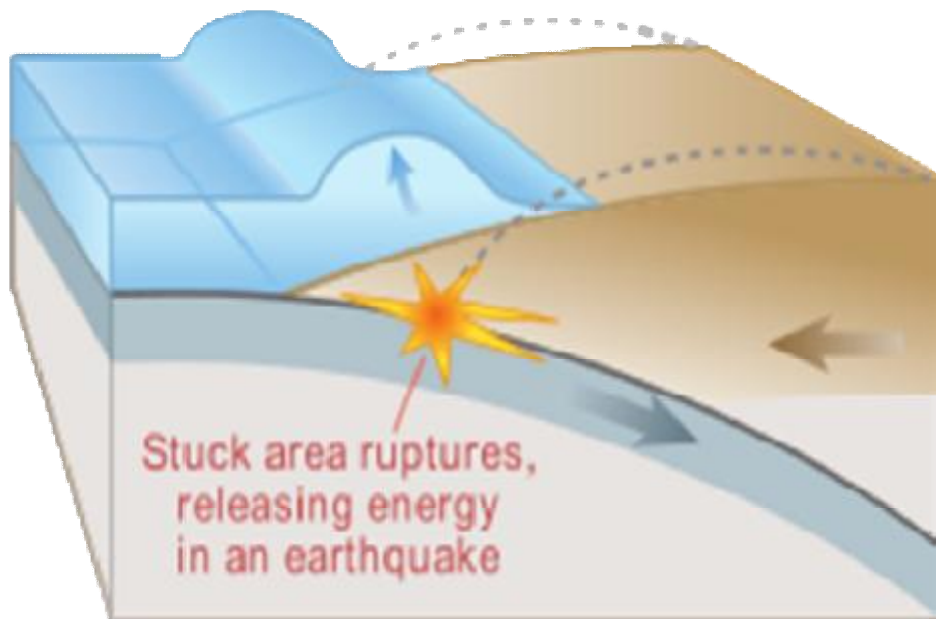


Εικόνα 2.2 Η σχετική κίνηση μεταξύ δύο τεκτονικών πλακών

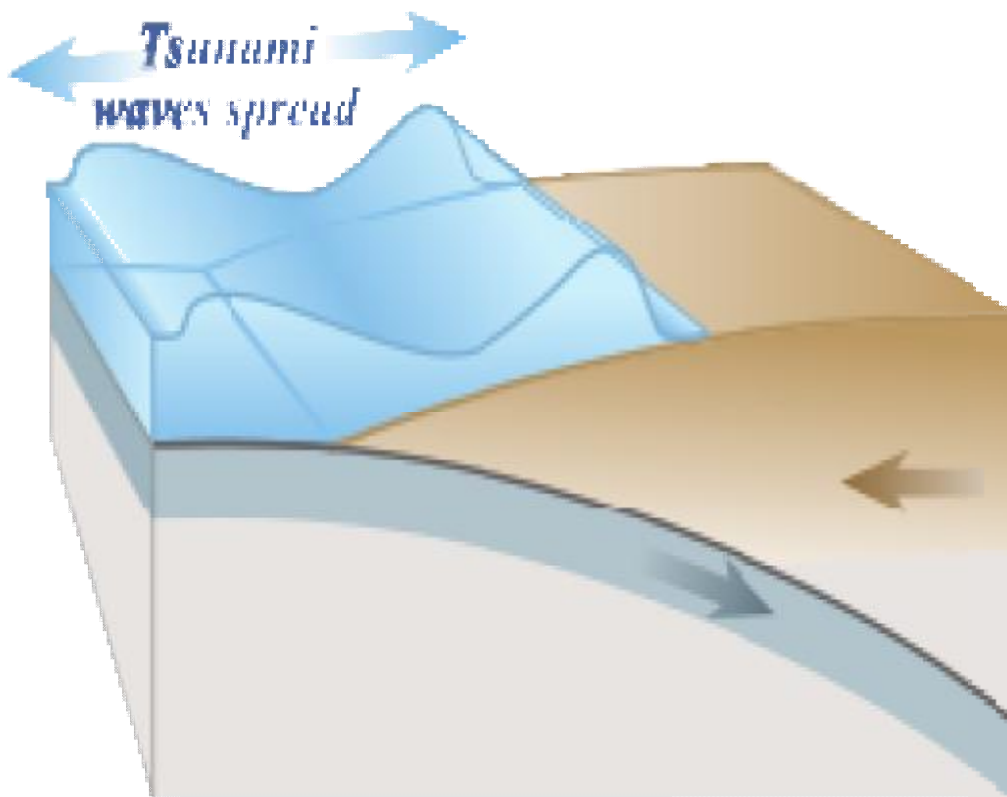


Εικόνα 2.3 Η διόγκωση της υπερκείμενης τεκτονικής πλάκας λόγω πίεσης

Tsunami starts during earthquake



Εικόνα 2.4 Η υποκείμενη πλάκα ολισθαίνει, ελευθερώνοντας ενέργεια στο νερό



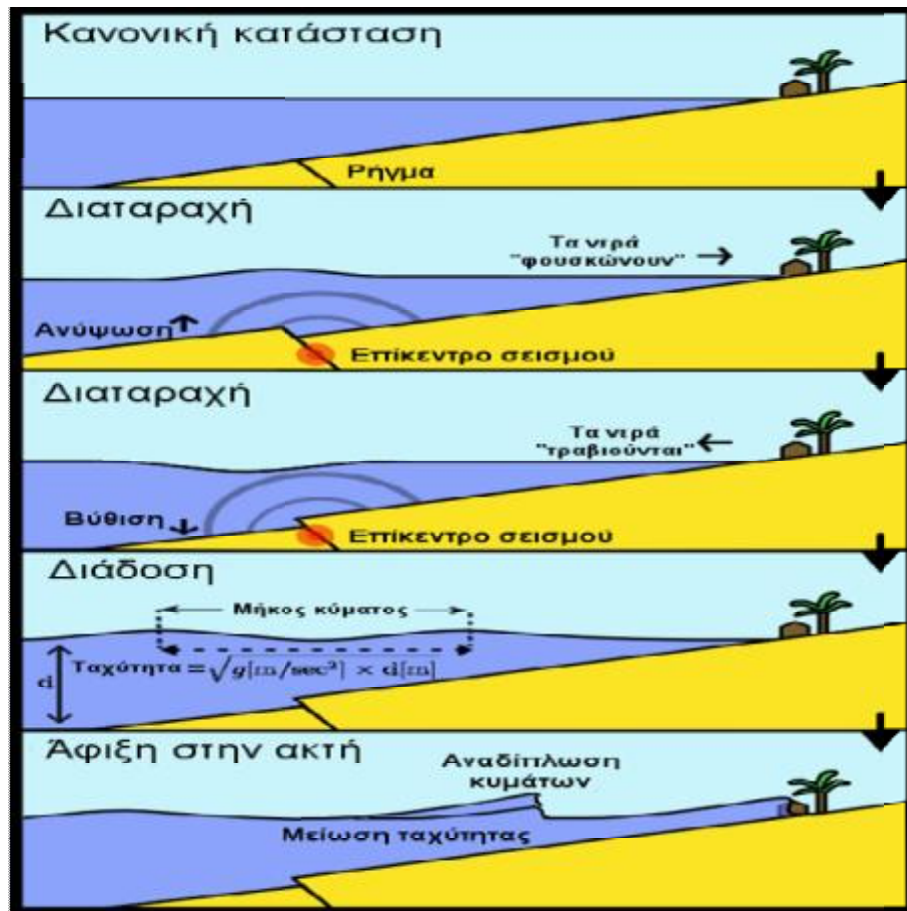
Εικόνα 2.5 Η πρόκληση τσουνάμι από την απελευθέρωση ενέργειας

2.2 ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΣΕΙΣΜΟΙ

Πολλές φορές έχει παρατηρηθεί, οι πολύ μεγάλοι σεισμοί να προκαλούν την δημιουργία μετρίου μεγέθους τσουνάμι. Υπάρχει ακόμη και η πιθανότητα να μην προκληθεί κάποιο τσουνάμι κατά μήκος κανονικών ή αντιστρόφων ρηγμάτων.

Υπάρχουν ωστόσο και οι περιπτώσεις κατά τις οποίες, οι σεισμοί μικρού ή μέτριου μεγέθους να προκαλέσουν την γένεση ενός απροσδόκητα μεγάλου και ισχυρού τσουνάμι. Η συγκεκριμένη περίπτωση αποτελεί σύμφωνα με τους Ιάπωνες μία ξεχωριστή κατηγορία γένεσης ενός τσουνάμι, την οποία αποκαλούν τσουνάμι σεισμοί.

Ένας τσουνάμι σεισμός προκαλεί την δημιουργία ενός τσουνάμι το οποίο είναι ιδιαίτερα και απροσδόκητα μεγάλο σε σχέση με το μέγεθος του σεισμού. Οι τσουνάμι σεισμοί προκαλούνται κατά μήκος αποτόμων κλινουσών ρηγματογόνων επιφανειών με κάθετη κίνηση. Αυτή αποτελεί και την αποτελεσματική θέση για την ανάπτυξη ενός τσουνάμι και παρουσιάζεται στην εικόνα 2.6 που ακολουθεί.



Εικόνα 2.6 Μηχανισμός δημιουργίας ενός τσουνάμι

Η τεκτονική των πλακών θέση είναι ένα ενεργό όριο πλάκας που χαρακτηρίζεται από βαθιές ωκεάνιες τάφρους. Υπάρχουν δυο κύριοι λόγοι που ένα σεισμός μετρίου μεγέθους στις θέσεις αυτές μπορεί να παράγει ένα μεγάλο τσουνάμι. Ο ένας λόγος είναι η ιζηματογενής ολίσθηση και ο άλλος λόγος είναι η επιφανειακή διάρρηξη.

Κατά μήκος των περιθωρίων μερικών ενεργών πλακών, που ονομάζονται περιθώρια προσαύξησης, μεγάλες ποσότητες ιζημάτων αποτίθενται στη βαθιά τάφρο κατά μήκος του ρήγματος. Αυτή η μάζα του ιζήματος ονομάζεται πρίσμα προσαυξήσεως (accretionary prism).

Όταν ένας σεισμός χτυπά μεγάλους όγκους ιζημάτων, στο πρίσμα προσαυξήσεως, τότε υπάρχει η πιθανότητα κατάρρευσης και ολίσθησης

μέσα τους μέσα στην τάφρο, προκαλώντας με αυτόν τον τρόπο απροσδόκητα μεγάλα τσουνάμι.

Στην δεύτερη περίπτωση, το τσουνάμι σεισμού εμφανίζεται σε περιθώρια χωρίς πρίσμα προσαύξησης, στα οποία τα ιζήματα δεν συσσωρεύονται αλλά βυθίζονται μέσα στη τάφρο. Έχει διαπιστωθεί ότι, η απουσία ιζημάτων στην τάφρο, αυξάνει την πιθανότητα ολίσθησης κατά μήκος των ρηγμάτων, η οποία μπορεί να μεταδίδεται σε όλη τη διαδρομή από την εστία του σεισμού μέχρι τον πυθμένα του ωκεανού. Ένα τέτοιο φαινόμενο σημαίνει ότι ο πυθμένας της θάλασσας υφίσταται διάρρηξη και κάθετη μετατόπιση με αποτέλεσμα το σχηματισμό ενός ρηγματογόνου κρημνού, ο οποίος ενδέχεται να προκαλέσει την γένεση ενός μεγάλου τσουνάμι. Αντίθετα, κατά μήκος ενός περιθωρίου προσαύξησης, η παρουσία των ιζημάτων μπορεί να εμποδίσει την διάρρηξη σε όλη τη διαδρομή μέχρι την επιφάνεια του πυθμένα.

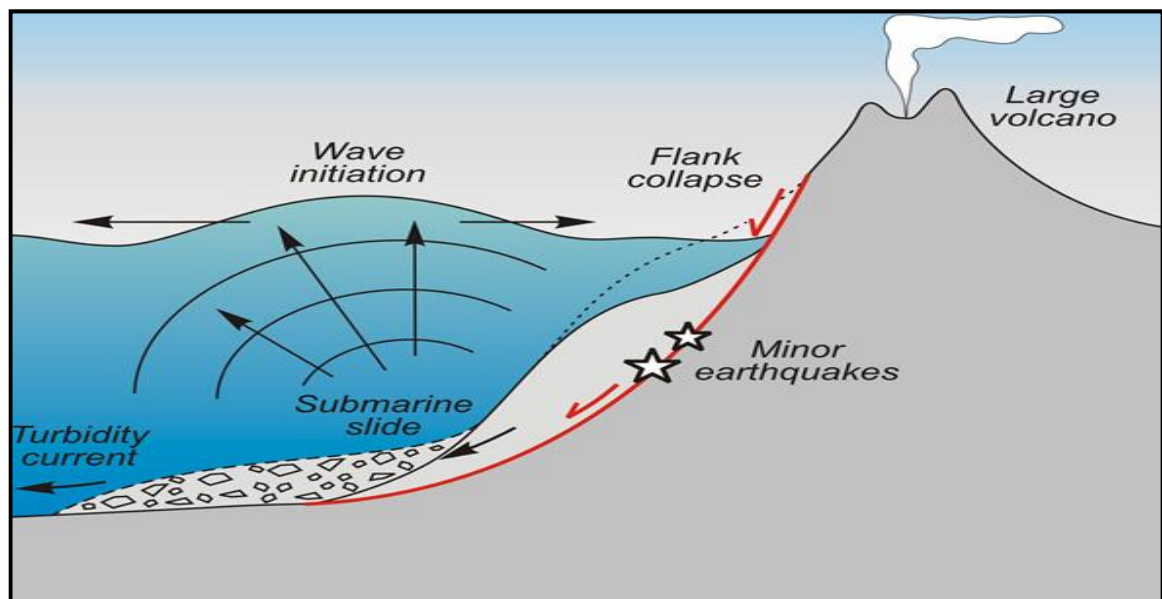
Χαρακτηριστικά παραδείγματα τσουνάμι σεισμών είναι τα ακόλουθα:

- ✓ Ο σεισμός του 1986 στο Sanriku, στο νησί Honshu της Ιαπωνίας, ο οποίος προκάλεσε την δημιουργία ενός τσουνάμι με ύψος 24 μέτρα. Από το συγκεκριμένο τσουνάμι πνίγηκαν 26.000 άνθρωποι.
- ✓ Ο σεισμός του 1946 στο νησί Unimak στην Αλάσκα, ύστερα από τον οποίο εκδηλώθηκε ένα τσουνάμι το οποίο ανέπτυξε ταχύτητα 800 χιλιόμετρα την ώρα και έπληξε την πόλη Hilo της Χαβάης. Το τσουνάμι έφτασε στην Χαβάη 4,5 ώρες μετά την δημιουργία του και είχε ύψος 18 μέτρα. Όσον αφορά τις απώλειες στις ανθρώπινες ζωές, αυτές ανήλθαν σε 150 νεκρούς.

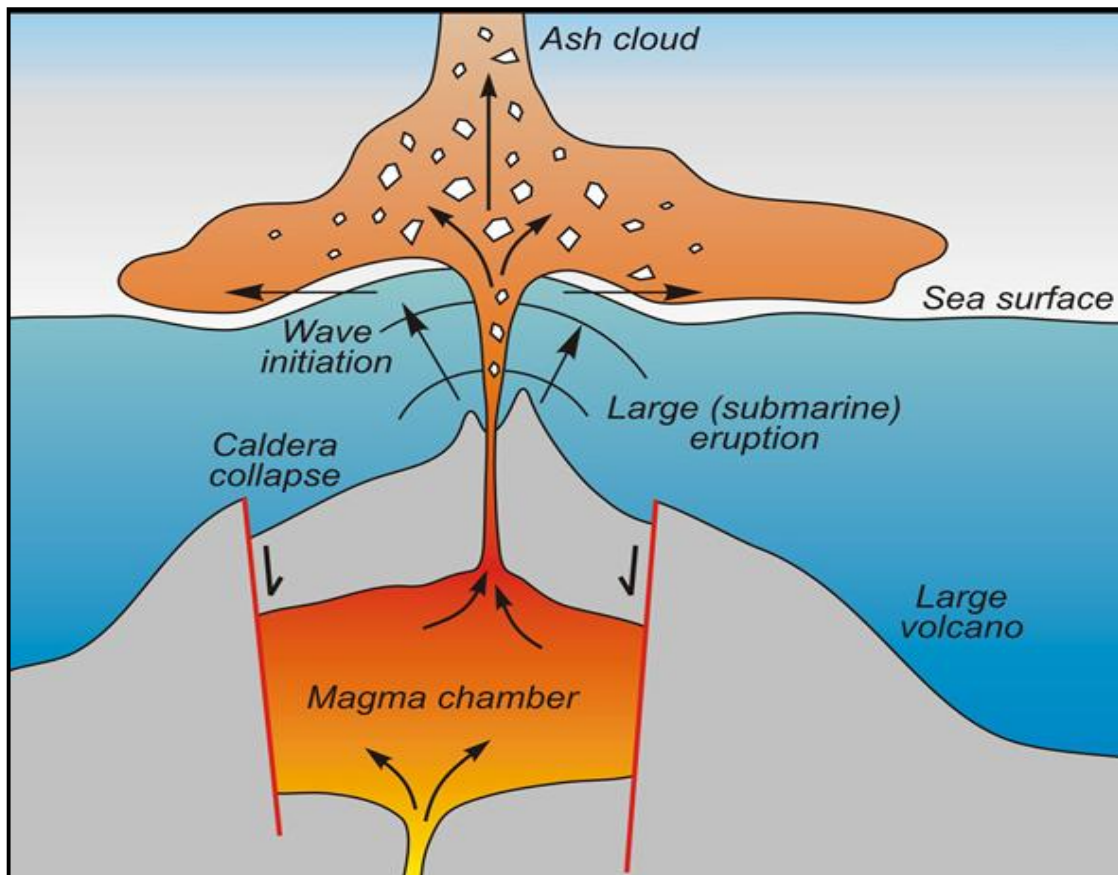
Και οι δύο παραπάνω σεισμοί χαρακτηρίζονται σεισμοί μετρίου μεγέθους και ήταν απροσδόκητα αποτελεσματικοί στο ενδεχόμενο να γεννήσουν κάποιο ισχυρό τσουνάμι.

2.3 ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΕΣ ΕΚΡΗΞΕΙΣ

Πέρα από του σεισμούς, μία ακόμη συχνή αιτία εκδήλωσης τσουνάμι είναι οι ηφαιστειακές εκρήξεις. Μία ηφαιστειακή έκρηξη μπορεί να προκληθεί από την ολίσθηση βραχομάζας και την κατάρρευση θραυσμάτων από τα πρανή των ηφαιστίων μέσα στην θάλασσα (volcanic flank collapse), ή από την έκρηξη των ηφαιστίων και την εκτόξευση ηφαιστειακού υλικού κατά την ενεργοποίησή τους (volcanic crater collapse). Στις δύο εικόνες που ακολουθούν, παρουσιάζονται οι δύο περιπτώσεις γένεσης τσουνάμι από την πρόκληση ηφαιστειακής έκρηξης.



Εικόνα 2.7 Τσουνάμι λόγω ολίσθησης βραχομάζας και κατάρρευσης θραυσμάτων από τα πρανή των ηφαιστίων μέσα στην θάλασσα



Εικόνα 2.8 Τσουνάμι λόγω έκρηξης ηφαιστείων και εκτόξευσης ηφαιστειακού υλικού

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι αναφορικά με την πρώτη περίπτωση, οι πιθανότητες εμφάνισης τσουνάμι είναι υψηλές για ηφαιστειογενή νησιά με απόκρημνες πλαγιές που είναι ασταθείς και μπορούν εύκολα να καταρρεύσουν. Από την άλλη πλευρά, τα τσουνάμι που οφείλονται στην έκρηξη ηφαιστείων, δημιουργούνται σε σημεία του πυθμένα της θάλασσας, πάνω στα όρια των τεκτονικών πλακών ή στις μεσοωκεάνιες ράχες που μπορούν να εκραγούν ανά πάσα χρονική στιγμή.

Κατά την διάρκεια μίας ηφαιστειακής έκρηξης, ένας τεράστιος όγκος πετρωμάτων μετατοπίζεται. Σε περίπτωση που ένα μέρος του ηφαιστείου καλύπτεται από την θάλασσα, τότε υπάρχουν πολλές πιθανότητες ο συγκεκριμένος όγκος να κατολισθήσει προς την θάλασσα, δημιουργώντας ένα τσουνάμι.

Η κατάρρευση των απότομων τοιχωμάτων μιας ηφαιστειακή δομής σε συνδυασμό με την υποθαλάσσια ροή θραυσμάτων μπορεί να επιφέρει την δημιουργία και εκδήλωση ενός τσουνάμι.

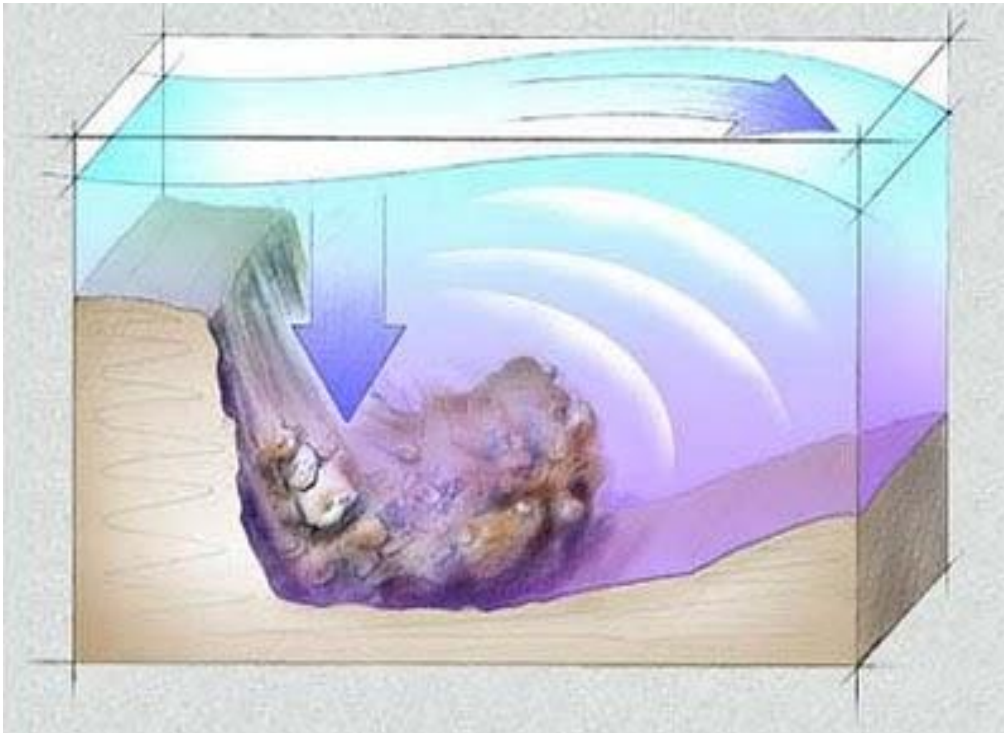
Σε περιοχές που το βάθος της θάλασσας είναι πολύ μεγάλο, τα ενεργά ηφαίστεια που βρίσκονται κάτω από τον πυθμένα, παράγουν τεράστιες ποσότητες ηφαιστειακής λάβας. Η λάβα αυτή που παράγεται εξαπλώνεται κατά μήκος του πυθμένα. Όταν το μέγεθος των υποθαλάσσιων ηφαιστειών αυξάνεται, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το μάγμα να πλησιάζει προς τα ρηχά νερά., μετατρέποντας την υδάτινη μάζα σε ατμό. Παράλληλα, από το μάγμα απελευθερώνονται και αέρια, τα οποία οδηγούν σε έκρηξη του μάγματος. Η έκρηξη αυτή που προκαλείται γίνεται αντιληπτή από την επιφάνεια της θάλασσας/ωκεανού που βρίσκεται το μάγμα, εκτοξεύοντας μεγάλες ποσότητες στάχτης και μάγματος. Η εκτοξεύσεις στάχτης, μάγματος, καθώς και αερίων, είναι πολύ πιθανό να προκαλέσουν την δημιουργία τσουνάμι.

2.4 ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ

Μία ακόμη αιτία για την γέννηση ενός τσουνάμι είναι οι κατολισθήσεις που παρατηρούνται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Οι υποθαλάσσιες κατολισθήσεις μπορούν να προκαλέσουν τσουνάμι, τα οποία ωστόσο δεν έχουν την ενέργεια και επιπτώσεις με αυτά που προκαλούνται από τους σεισμούς.

Ορισμένες από τις αιτίες που μπορεί να προκαλέσουν κατολισθήσεις και επομένως την εκδήλωση τσουνάμι είναι οι εξής:

- Η σταδιακή αύξηση του βάρους των υπερκείμενων πετρωμάτων
- Η ηφαιστειακή δραστηριότητα
- Οι σεισμοί
- Η απελευθέρωση μεθανίου από τα ιζήματα του ωκεάνιου φλοιού



Εικόνα 2.9 Η γένεση τσουνάμι από υποθαλάσσια κατολίσθηση

Ορισμένα από τα πιο καταστροφικά τσουνάμι που έχουν παρατηρηθεί κατά μήκος της δυτικής ακτής της Βόρειας Αμερικής. χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί, ο σεισμός του 1964 στην Αλάσκα, γνωστός ως Good Friday, ο οποίος δημιούργησε τουλάχιστον 20 τσουνάμι ύστερα από κατολισθήσεις.

2.5 ΠΡΟΣΚΡΟΥΣΗ ΑΣΤΕΡΟΕΙΔΗ

Η πρόσκρουση αστεροειδή αποτελεί μία εξαιρετικά σπάνια περίπτωση για την γέννηση ενός τσουνάμι. Σε περίπτωση όμως, που πραγματοποιηθεί πρόσκρουση αστεροειδούς στην επιφάνεια της θάλασσας, το τσουνάμι θα είναι τεράστιο και οι ζημιές που θα προκαλέσει καταστροφικές.

Το 1998, κάποιοι επιστήμονες ανακάλυψαν την πρόσκρουση ενός αστεροειδούς στον κόλπο του Μεξικού πριν από 65 εκατομμύρια χρόνια. Η διάμετρος του αστεροειδούς υπολογίστηκε σε 10km. Αποτέλεσμα της πρόσκρουσης ήταν η δημιουργία ενός τεράστιου τσουνάμι το οποίο έπληξε πολλές περιοχές της Νότιας Αμερικής, διαμορφώνοντας μία νέα εικόνα για την Κεντρική και Νότια Αμερική.

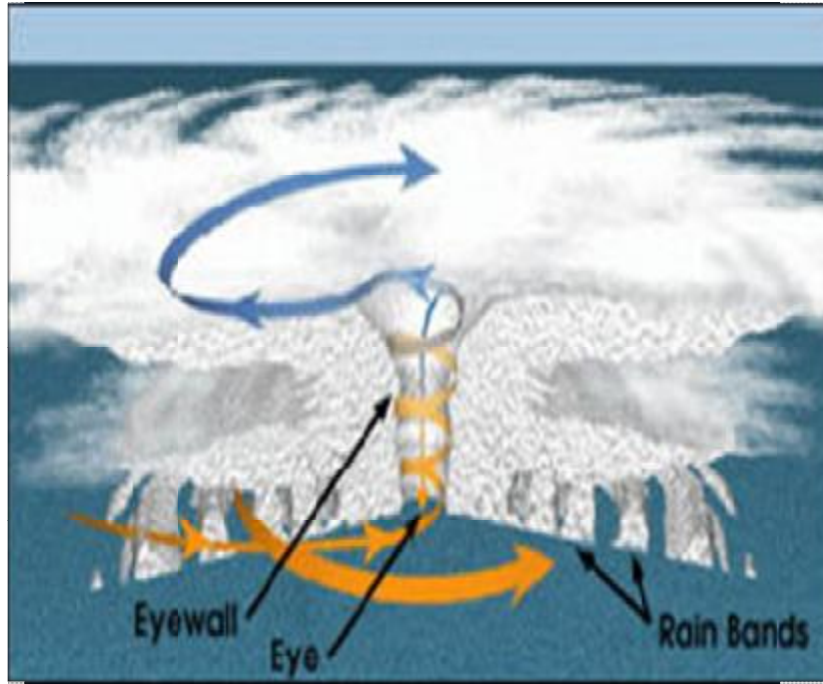
Όσον αφορά το τσουνάμι που εκδηλώνεται από πρόσκρουση αστεροειδούς, τα κύματα που δημιουργούνται εξαρτώνται άμεσα από την διάμετρο του αστεροειδούς. Επιπλέον, οι συνέπειες και οι ζημιές που θα προκληθούν θα είναι καταστροφικές και ανυπολόγιστες. Ωστόσο έχει εκτιμηθεί ότι η πιθανότητα δημιουργίας τσουνάμι στον Ειρηνικό ωκεανό από πρόσκρουση αστεροειδούς είναι μία στο 1.000.000 χρόνια.

2.6 ΜΕΤΕΟ-ΤΣΟΥΝΑΜΙ

Ο όρος μετεο- τσουνάμι αναφέρεται σε μεγάλα κύματα τα οποία προκαλούνται από μετεωρολογικά φαινόμενα. Στην πραγματικότητα το τσουνάμι δεν σχετίζεται με τα μετεοτσουνάμι.

Ένα μετεοτσουνάμι δημιουργείται από διαταραχές στην πίεση του αέρα. Οι διαταραχές αυτές σχετίζονται με μία ξαφνική αύξηση της ατμοσφαιρικής πίεσης, με τον σχηματισμό ψυχρών μετώπων και την απουσία καταιγίδας, καθώς και με την μετατόπιση της κατεύθυνσης του ανέμου.

Η χαμηλή ατμοσφαιρική πίεση, δημιουργεί ρεύματα αέρα τα οποία στροβιλίζονται προς τα πάνω, με αποτέλεσμα την αναθόλωση της στάθμης του νερού κάτω από αυτά. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται η δημιουργία ρευμάτων αέρα και η ροή των ανέμων γύρω από το μάτι του κυκλώνα.



Εικόνα 2.10 Η ροή των ανέμων γύρω από το μάτι του κυκλώνα

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι, σε αντίθεση με τα γνωστά τσουνάμια, σε ένα μετεο –τσουνάμι, παρατηρείται μία αλληλεπίδραση μεταξύ της ατμοσφαιρικής διαταραχής και του ωκεανού, η οποία εκδηλώνεται μέσα σε ένα περιορισμένο χρονικό διάστημα, το οποίο μπορεί να κυμαίνεται από μερικά λεπτά μέχρι μερικές ώρες.

Σημειώνεται επίσης, ότι τόσο τα τσουνάμια, όσο και τα μετεοτσουνάμια διαδίδονται στο νερό με τον ίδιο τρόπο και έχουν την ίδια δυναμική στις ακτές. Ουσιαστικά, για έναν παρατηρητή, ο οποίος βρίσκεται σε μία ακτή όπου προσκρούουν κύματα από τσουνάμι και μετεο – τσουνάμι, δεν υπάρχουν διαφορές, ούτε διαφορετικά χαρακτηριστικά μεταξύ των διαφορετικών κυμάτων. Όπως ήδη αναφέρθηκε, η μόνη διαφορά μεταξύ του τσουνάμι και του μετεο – τσουνάμι, βρίσκεται στον τρόπο γένεσής τους και όχι κατά το στάδιο της εκδήλωσής τους.

Όσον αφορά την εκδήλωση μετεο – τσουνάμι, χαρακτηριστικό είναι αυτό που εκδηλώθηκε στην χερσόνησο Bolivar Peninsula του Texas

το 2008. Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζονται οι επιπτώσεις και οι ζημιές που προκλήθηκαν από το μετεο –τσουνάμι στην εν λόγω χερσόνησο.



Εικόνα 2.11 Μετεο-τσουνάμι στην χερσόνησο Bolivar Peninsula του Texas το 2008

Τέλος, σημειώνεται ότι, στον δυτικό Ατλαντικό Ωκεανό, η ταχύτητα των κυμάτων ενός μετεο-τσουνάμι μπορεί να φτάσει μέχρι 732 χιλιόμετρα την ώρα.

2.7 ΥΠΟΒΡΥΧΙΕΣ ΕΚΡΗΞΕΙΣ

Πρόκειται για μία αιτία δημιουργίας κυμάτων τσουνάμι, η οποία προέρχεται από την παρέμβαση του ανθρώπου και των δραστηριοτήτων του. Πιο συγκεκριμένα, ένα τσουνάμι μπορεί να προκληθεί από μία

ισχυρή υποβρύχια ηφαιστειακή έκρηξη, η οποία με την σειρά της, μπορεί να δημιουργήσει μια ωστική δύναμη ικανή να σχηματίσει υδάτινη στήλη.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το τσουνάμι που εκδηλώθηκε τις δεκαετίες του '40 και του '50 στα νησιά Μάρσαλ.

2.8 ΤΣΟΥΝΑΜΙΣ ΣΕ ΛΙΜΝΕΣ, ΚΟΛΠΟΥΣ ΚΑΙ ΡΕΖΕΡΒΟΥΑΡ

Η τελευταία κατηγορία στην οποία ενδέχεται να παρουσιαστεί ένα τσουνάμι είναι οι κλειστές περιοχές, όπου οι συγκεντρώσεις του νερού είναι μικρές. Οι περιοχές αυτές μπορεί να είναι οι λίμνες, οι κόλποι ή τα ρεζερβουάρ.

Στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, τα τσουνάμις που προκαλούνται σε λίμνες, κόλπους και ρεζερβουάρ, εκδηλώνονται από ολισθήσεις. Οι ολισθήσεις αυτές μπορεί να δημιουργούνται από σεισμούς, εκρήξεις, η ακόμη και από την παρέμβαση του ανθρώπινου παράγοντα, όπως συμβαίνει και με την περίπτωση των τσουνάμι από υποβρύχιες εκρήξεις.

Ένα παράδειγμα πρόκλησης τσουνάμι από κατολίσθηση σε λίμνη, πραγματοποιήθηκε το 1965 στην Ιταλία. Η κατολίσθηση που παρατηρήθηκε στο φράγμα Vaiont της Ιταλίας, προήλθε από κατάρρευση της πλαγιάς και προκάλεσε ένα ισχυρό κύμα τσουνάμι, το οποίο ξεπέρασε το φράγμα και έπληξε μία κοιλάδα που βρισκόταν χαμηλότερα.

Ένα ακόμη παράδειγμα είναι της λίμνης της Γενεύης. Ειδικοί γεωεπιστήμονες από το πανεπιστήμιο της Γενεύης διαπίστωσαν ότι, το τσουνάμι στην λίμνη της Γενεύης το 563 μ.Χ., οφείλεται σε μία απρόσμενη κατολίσθηση βράχων από ένα κοντινό βουνό. Την κατολίσθηση ακολούθησε μια τεράστια κατακρήμνιση λάσπης στο σημείο όπου ο ποταμός Ροδανός ενώνεται με τη λίμνη, με αποτέλεσμα να προκληθεί ένα τσουνάμι. Οι επιπτώσεις που αυτό επέφερε ήταν

καταστροφικές, τόσο για τα τριγύρω χωριά, όσο και για τους κατοίκους των περιοχών.

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς των ερευνητών, μια τέτοια κατολίσθηση πιθανότατα να δημιουργήσει ένα τσουνάμι ύψους 8 μέτρων, που έφθασε στη Γενεύη μετά από 70 λεπτά, καθώς και ένα άλλο τσουνάμι ύψους 13 μέτρων, το οποίο έπληξε την βόρεια όχθη της λίμνης 15 λεπτά μετά την κατολίσθηση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

Ο ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ

3.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο Κορινθιακός Κόλπος αποτελεί μία κλειστή και πολύ βαθιά θάλασσα, η οποία οριοθετείται μεταξύ της Στερεάς Ελλάδας και της Πελοποννήσου, δυτικά του Ισθμού της Κορίνθου. Ουσιαστικά, ο Κορινθιακός Κόλπος διατέμνει την κεντρική ηπειρωτική Ελλάδα χωρίζοντας την Στερεά Ελλάδα από την Πελοπόννησο.

Ο Κορινθιακός Κόλπος έχει μήκος περίπου 127 χιλιόμετρα και το πλάτος του κυμαίνεται μέχρι 32 χιλιόμετρα στο μέγιστο σημείο. Η διεύθυνση του Κορινθιακού Κόλπου είναι ΔΒΔ/ΑΝΑ (δυτικά-βορειοδυτικά/ανατολικά-νοτιοανατολικά).

Ο Κορινθιακός Κόλπος περιβάλλεται από τις εξής περιφερειακές ενότητες:

- Στο βόρειο τμήμα του από τις Περιφέρειες Αιτωλοακαρνανίας και Φωκίδας.
- Βορειοανατολικά από την Βοιωτία.
- Ανατολικά από την Περιφέρεια Αττικής.
- Στο νοτιοανατολικό τμήμα του οριοθετείται από την Περιφέρεια Κορινθίας.
- Στο νοτιοδυτικό τμήμα του οριοθετείται από την Περιφέρεια Αχαΐας.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι, ο Κορινθιακός Κόλπος αποτελεί μία από τις πιο σεισμογενείς περιοχές στην Ευρώπη.



Εικόνα 3.1 Χάρτης του Κορινθιακού Κόλπου

Σημειώνεται επίσης, ότι το βαθύτερο σημείο του κόλπου είναι τα 896 μέτρα, το οποίο εντοπίζεται μεταξύ του κεντρικού και ανατολικού τμήματός του.

3.2 ΥΠΟΘΑΛΑΣΣΙΑ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Στην παρούσα ενότητα αναπτύσσεται η υποθαλάσσια μορφολογία του Κορινθιακού Κόλπου. Το δυτικό τμήμα του κόλπου διακρίνεται σε τρεις περιοχές. Πρόκειται για την ηπειρωτική πλατφόρμα, την κατωφέρεια και την κύρια λεκάνη.

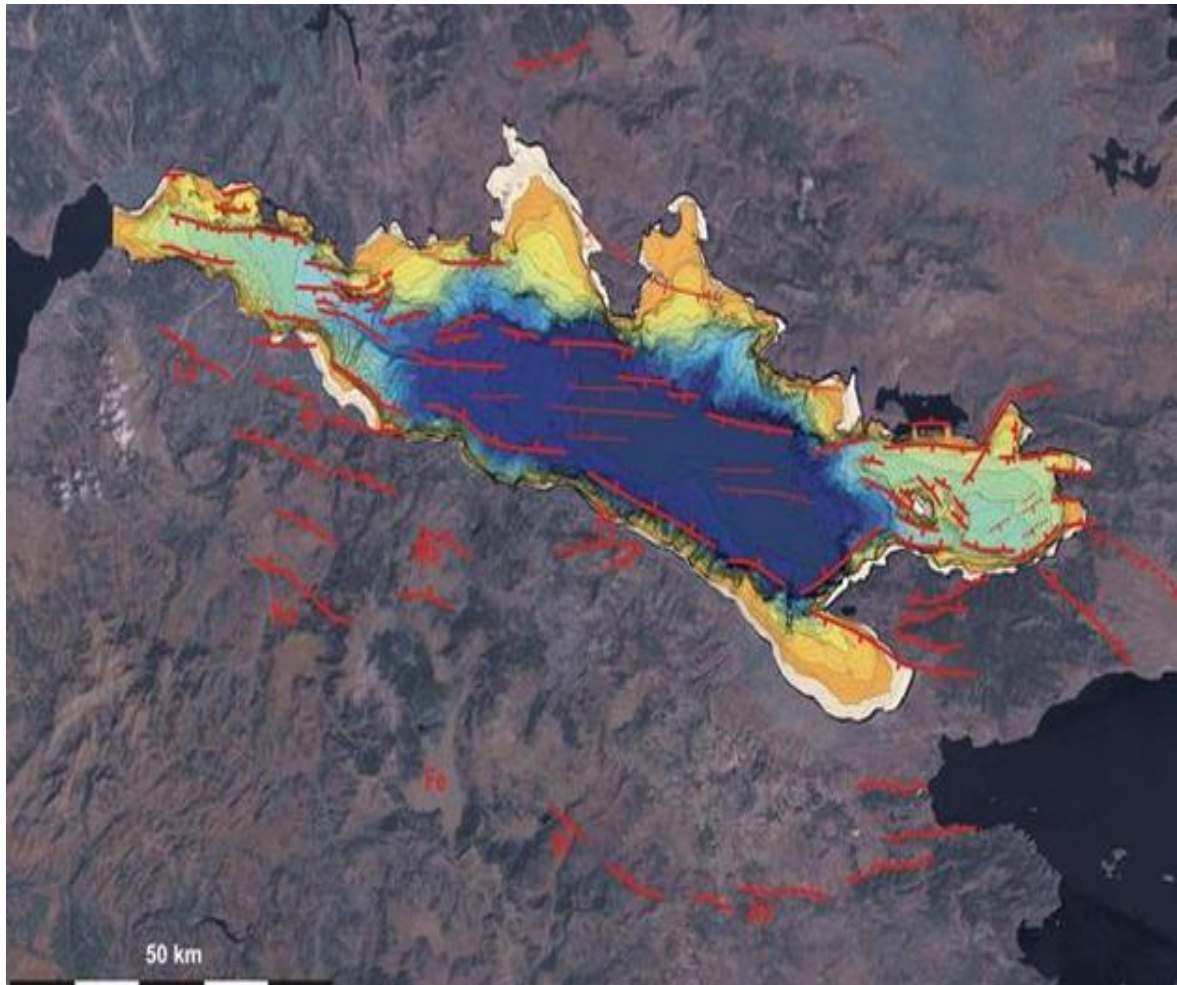
Στις περισσότερες περιοχές του κόλπου, η ηπειρωτική πλατφόρμα απουσιάζει, ή όπου βρίσκεται είναι περιορισμένη σε πολύ μικρή απόσταση από την ακτή. Ορισμένες από τις περιοχές που εμφανίζεται η ηπειρωτική πλατφόρμα είναι η περιοχή του Ψαθόπυργου, ο Όρμος της Ερατεινής και ο Κόλπος της Ιτέας. Το βάθος της πλατφόρμας δεν μπορεί

να χαρακτηριστεί σταθερό και κυμαίνεται μεταξύ 75 και 110 μέτρα. Αξιοσημείωτο είναι επίσης το γεγονός ότι στην περιοχή της Αιγιαλείας το όριο της ηπειρωτικής πλατφόρμας βρίσκεται μεταξύ 35 και 55 μέτρων.

Όσον αφορά την κατωφέρεια, η βόρεια και η νότια κατωφέρεια του Κόλπου χαρακτηρίζονται από έντονες μορφολογικές κλίσεις που κυμαίνονται μεταξύ 15-30%.

Τέλος, αναφορικά με την κύρια λεκάνη, αυτή αποτελεί το βαθύτερο τμήμα του Κορινθιακού Κόλπου και οριοθετείται μεταξύ της νότιας και της βόρειας κατωφέρειας. Το βάθος της κύριας λεκάνης αυξάνεται με σταδιακό ρυθμό από τα δυτικά προς τα ανατολικά (δηλαδή από την περιοχή νοτιοανατολικά των εκβολών του Μόρνου στο κεντρικό τμήμα του Κόλπου), από 200 μέτρα σε 930 μέτρα.

Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται η υποθαλάσσια μορφολογία του Κορινθιακού Κόλπου.



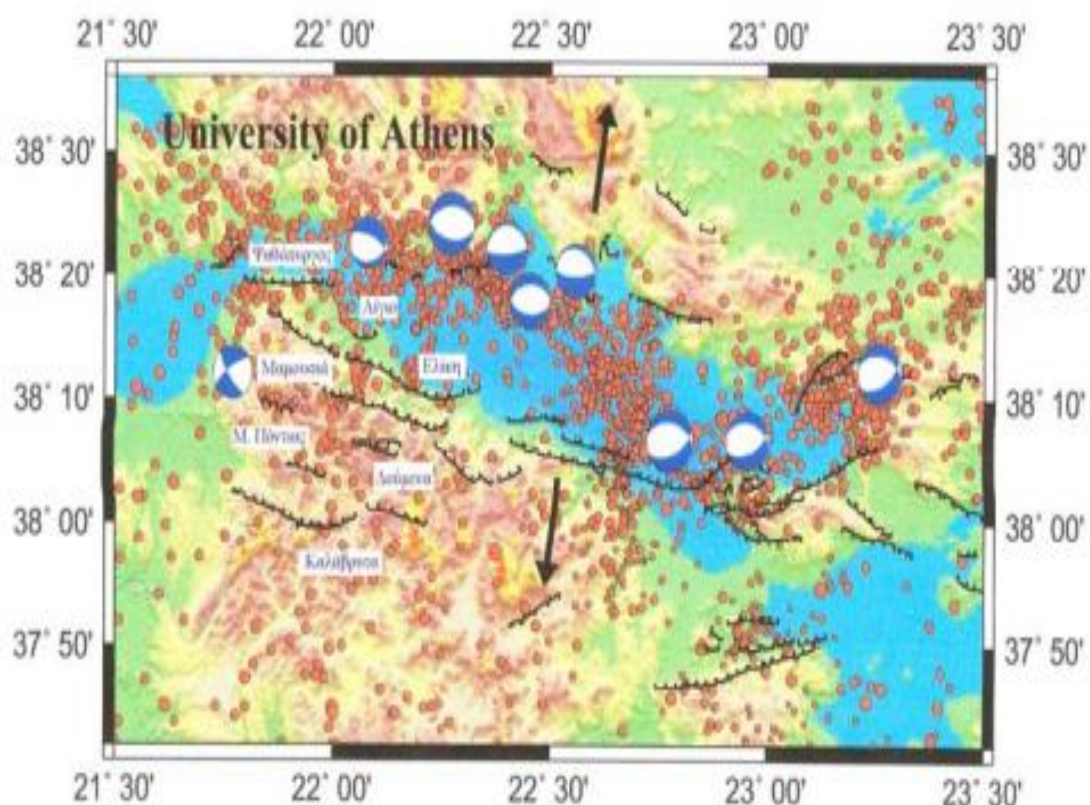
Εικόνα 3.2 Η υποθαλάσσια μορφολογία του Κορινθιακού Κόλπου

3.3 ΡΗΞΙΓΕΝΕΙΣ ΔΟΜΕΣ

Κατά μήκος της βόρειας και της νότιας κατωφέρειας του Κορινθιακού Κόλπου, διακρίνονται δύο υποθαλάσσιες ρηξιγενείς ζώνες, οι οποίες αποτελούν το τελευταίο στάδιο της εξέλιξης της τάφρου του Δυτικού Κορινθιακού Κόλπου. Οι ρηξιγενείς ζώνες του δυτικού τμήματος του κόλπου έχουν διεύθυνση ΑΝΑ-ΔΒΔ και αποτελούνται από μία σειρά ρηγμάτων ανατολικής-δυτικής διεύθυνσης, με κλιμακωτή διάταξη. Η κατακόρυφη μετατόπιση των δύο υποθαλάσσιων ρηξιγενών ζωνών είναι περίπου 200 μέτρα στο δυτικό τμήμα και αυξάνεται τμηματικά προς τα ανατολικά του κόλπου.

Ο κεντρικός Κορινθιακός Κόλπος επηρεάζεται από το ρήγμα της Κορίνθου, το συνολικό άλμα της οποίας υπερβαίνει τα 1000-1200 μέτρα. Όσον αφορά το ανατολικό τμήμα της περιοχής παρουσιάζεται ένα πολύπλοκο σύμπλεγμα εννέα υποθαλάσσιων ρηγμάτων.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι, εκτός από τις δύο υποθαλάσσιες ρηξιγενείς ζώνες, η κύρια λεκάνη ιζηματογένεσης χαρακτηρίζεται από την παρουσία συνιζηματογενών ρηγμάτων διεύθυνσης από ανατολικά προς τα δυτικά. Αξίζει να σημειωθεί επίσης, ότι διαφοροποίηση της κύριας διεύθυνσης των ρηξιγενών δομών παρατηρείται στο δυτικό άκρο του κόλπου, στην περιοχή μεταξύ του Ρίου – Αντιρρίου και των εκβολών του Μόρνου, στην οποία η διεύθυνση των ρηγμάτων είναι νοτιοδυτική-βορειοανατολική.



Εικόνα 3.3 Οι κυριότερες ρηξιγενείς ζώνες του Κορινθιακού Κόλπου

3.4 ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΣΗ

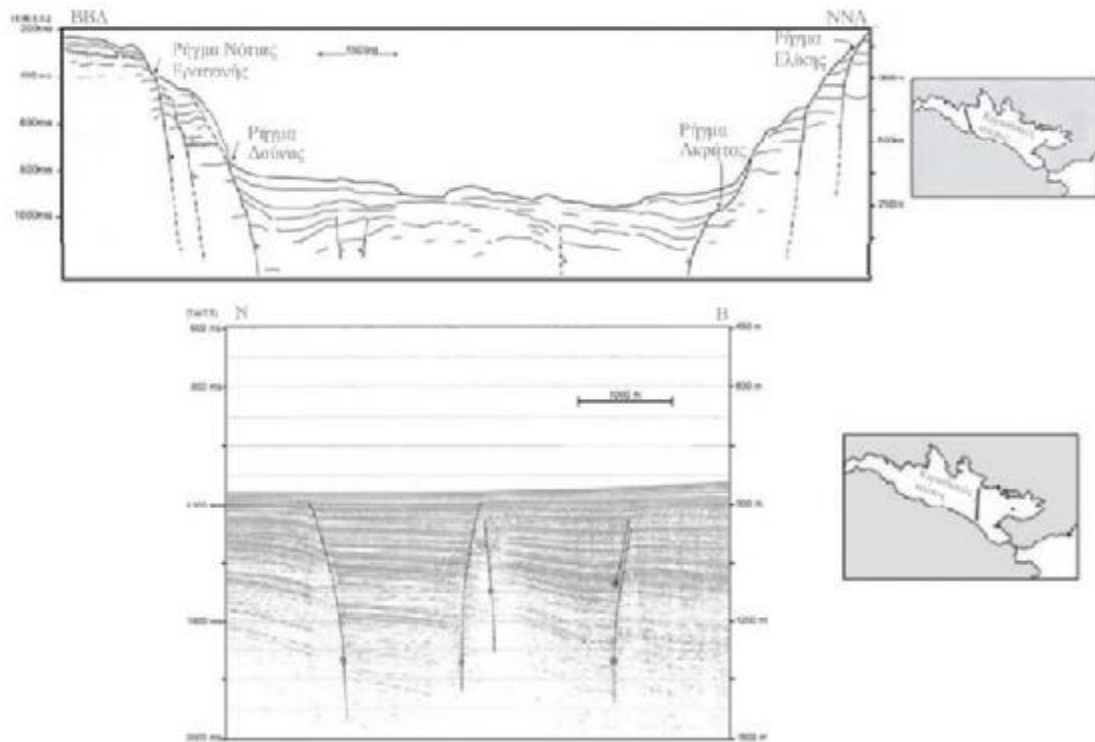
Ο Κορινθιακός δέχεται ιζήματα από την πλευρά της Στερεάς Ελλάδας μόνο από τον ποταμό Μόρνο (932 χιλιόμετρα) και από την πλευρά της Πελοποννήσου από 15 ορεινά ποτάμια τα οποία συνολικά αποστραγγίζουν μία έκταση 4.236 τετραγωνικών χιλιομέτρων.

Ο πυθμένας της λεκάνης του Κορινθιακού Κόλπου καλύπτεται από ιζήματα πάχους τουλάχιστον 1000m, μετά-Καλάβριας ηλικίας τα οποία συνίστανται από τουρβιδίτες με παρεμβολές ροών κορημάτων.

Το μεγαλύτερο τμήμα της κύριας λεκάνης καλύπτεται από μάζες πρόσφατων ιζημάτων που έχουν αποκοπεί από το εξωτερικό τμήμα της πλατφόρμας και έχουν ολισθήσει κατά μήκος της κατωφέρειας προς τα βαθύτερα σημεία.

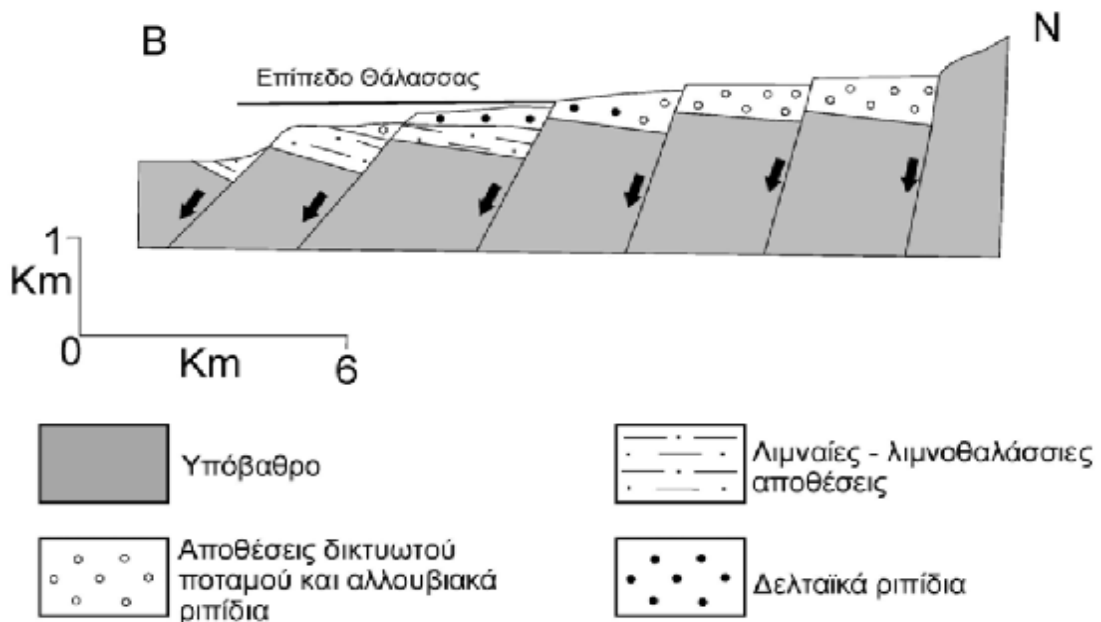
Μέγιστο πάχος ιζημάτων είναι 2400 μέτρα σε βάθος νερού 800 μέτρων, ενώ μικρότερου πάχους αποθέσεις (<1000 m) απαντώνται σε μικρότερα βάθη νερού (60 m) στο δυτικό τμήμα του Κορινθιακού.

Στην εικόνα 3.4 που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα διαφορετικά πάχη ιζηματογένεσης σε διαφορετικά βάθη νερού στο δυτικό και κεντρικό τμήμα του Κορινθιακού κόλπου. Τα τμήματα της εικόνας που παρουσιάζονται το δυτικό και κεντρικό τμήμα του κόλπου είναι το επάνω και κάτω μέρος αντίστοιχα.



Εικόνα 3.4 Διαφορετικά πάχη ιζηματογένεσης σε διαφορετικά βάθη νερού στο δυτικό (επάνω) και κεντρικό (κάτω) τμήμα του Κορινθιακού κόλπου

Στην ακόλουθη εικόνα, παρουσιάζεται η στρωματογραφική τομή εγκάρσια στην τάφρο της Κορίνθου.

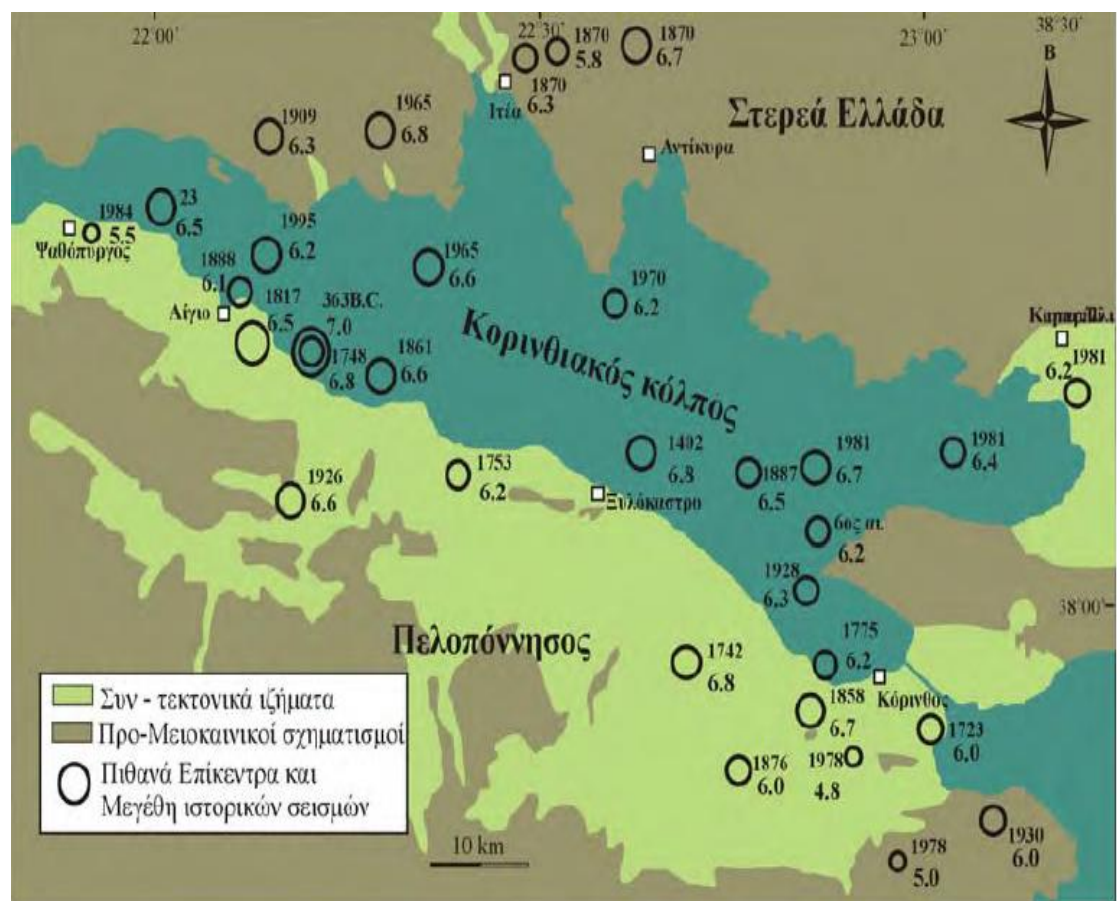


Εικόνα 3.5 Στρωματογραφική τομή εγκάρσια στην τάφρο της Κορίνθου

3.5 ΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΑ

Ο Κορινθιακός Κόλπος αποτελεί μία περιοχή που εμφανίζει έντονη σεισμική δραστηριότητα και υψηλή σεισμικότητα. Πρόκειται για μία από τις πιο ενεργές σεισμικά περιοχές στο κόσμο.

Η περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου έχει πληγεί στο παρελθόν από πολύ ισχυρούς σεισμούς, οι οποίοι προκάλεσαν έντονες καταστροφές. Κάτι τέτοιο αποδεικνύεται και μέσω της εικόνας 3.6 που ακολουθεί και καταγράφει ιστορικά σεισμικά γεγονότα και τα επίκεντρά τους.



Εικόνα 3.6 Ιστορικά σεισμικά γεγονότα και τα επίκεντρά τους στον Κορινθιακό Κόλπο

Στην περιοχή του δυτικού Κορινθιακού κόλπου, υπάρχουν δύο περιοχές με ιδιαίτερα υψηλή σεισμικότητα. Πρόκειται για το ανατολικό και το δυτικό τόξο του Κόλπου.

Σύμφωνα με πολλούς επιστήμονες, η ευρύτερη περιοχή του Αιγίου θεωρείται η ζώνη με την υψηλότερη σεισμική επικινδυνότητα στην Ευρώπη. Το συγκεκριμένο συμπέρασμα εξάγεται από το γεγονός ότι, μέχρι σήμερα στην εν λόγω περιοχή έχουν καταγραφεί περισσότερες από 600 σεισμικές δονήσεις. Παρόλο που μπορεί το μέγεθος των δονήσεων αυτών να είναι μεταξύ 2,6 και 3,9 βαθμών, αλλά αυτό που προβληματίζει τους σεισμολόγους είναι η συχνότητα με την οποία εκδηλώνεται το φαινόμενο.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι, οι σεισμικές δονήσεις μικρού εστιακού βάθους δημιουργούν τα Tsunamis, τα οποία αναλύονται στην παρούσα πτυχιακή εργασία.

3.6 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Ο Κορινθιακός Κόλπος αποτελεί μια ασύμμετρη τεκτονική κοιλότητα που πιθανότατα δημιουργήθηκε μεταξύ κατώτερου Μειόκαινου και του ανώτερου Πλειόκαινου.

Ο Κορινθιακός Κόλπος χαρακτηρίζεται ως μια σύνθετη ασύμμετρη τάφρος εξαιτίας της ύπαρξης μεγάλων και εντυπωσιακών ρηξιγενών πρανών.

Τα ρήγματα του Κόλπου είναι κλιμακωτά και η διεύθυνση τους είναι σχεδόν παράλληλη με την ακτογραμμή. Κάτι τέτοιο διαπιστώνεται και από την εικόνα 3.7 που ακολουθεί. Στην συγκεκριμένη εικόνα παρουσιάζεται ο γεωλογικός χάρτης της τάφρου της Κορίνθου στον οποίο προβάλλονται τόσο τα ΔΒΔ όσο και τα ΑΒΑ ρήγματα της χέρσου και του θαλάσσιου χώρου.



Εικόνα 3.7 Γεωλογικός χάρτης της τάφρου της Κορίνθου στον οποίο προβάλλονται τόσο τα ΔΒΔ όσο και τα ΑΒΑ ρήγματα της χέρσου και του θαλάσσιου χώρου

Το μήκος του κάθε ρήγματος δεν ξεπερνά τα 15 με 20 χιλιόμετρα. Το νότιο τμήμα του Κορινθιακού Κόλπου καθορίζεται από κανονικά ρήγματα που δημιουργούν το όριο μεταξύ των δύο τεμαχών που μετακινούνται. Το νότιο τέμαχος ανυψώνεται και συμβάλλει στην ανύψωση της Βόρειας Πελοποννήσου. Από τις γεωμορφολογικές παρατηρήσεις και τις παρατηρήσεις κατακόρυφων κινήσεων προκύπτει ότι, τα ενεργά ρήγματα της Βόρειας Πελοποννήσου μετανάστευσαν βορειότερα, στην σημερινή τους θέση.

Τα ενεργά ρήγματα βρίσκονται σήμερα κατά μήκος των ακτών της Βόρειας Πελοποννήσου, ενώ στο νότιο μέρος του κόλπου τα ρήγματα είναι λιγότερο ενεργά.

Από τα δυτικά προς τα ανατολικά, τα ρήγματα έχουν κλίση προς τον Βορρά και διεύθυνση Α-Δ. Στο ανατολικό τμήμα, τα ρήγματα έχουν διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ και κλίση προς τον Βορρά. Στο βόρειο τμήμα του κόλπου, τα ρήγματα χαρακτηρίζονται αντιθετικά και είναι μικρότερου μήκους. Η συγκεκριμένη περιοχή χαρακτηρίζεται από την απουσία σχηματισμών λόγω της βύθισης που παρατηρείται.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι, το υποθαλάσσιο τεκτονικό πλαίσιο του Κορινθιακού Κόλπου έχει αποτελέσει αντικείμενο μελέτης για πολλές επιστημονικές ομάδες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

Ο ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΣΤΟΝ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟ ΚΟΛΠΟ

4.1 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Το βύθισμα του Κορινθιακού Κόλπου άρχισε να διαμορφώνεται πριν 4-5 εκατομμύρια χρόνια, όταν τα πρώτα ρήγματα, αυτά που σήμερα βρίσκονται νότια, στις βόρειες πλαγιές των βουνών της Πελοποννήσου έκοψαν κάθετα τις οροσειρές.

Πριν από 500.000 χρόνια δημιουργήθηκε μια νεώτερη γενιά ρηγμάτων, τα οποία συνεχίζουν να είναι ενεργά ακόμη και σήμερα και έχουν δημιουργήσει την βαθειά λεκάνη του Κορινθιακού Κόλπου, τον Κόλπο των Αλκυονίδων και τον Δυτικό Κορινθιακό Κόλπο.

Ο Κεντρικός Κορινθιακός Κόλπος αποτελεί την μεγαλύτερη και βαθύτερη λεκάνη του κόλπου. Το βαθύτερο σημείο της λεκάνης ανέρχεται σε 870 μέτρα περίπου. Αντίστοιχα, το βαθύτερο σημείο του Κόλπου των Αλκυονίδων ανέρχεται στα 440 μέτρα, ενώ το βαθύτερο σημείο του Δυτικού μέρους του Κόλπου βρίσκεται περίπου στα 600 μέτρα. Ο Κόλπος του Λέχαιου φτάνει τα 400μ κοντά στο ακρωτήριο Ηραίο.

Γεωγραφικά, στα δυτικά, ο κόλπος συνδέεται με το Ιόνιο Πέλαγος με το στενό Ρίου-Αντιρρίου (Πατραϊκός Κόλπος), το οποίο έχει μέγιστο βάθος 60 μέτρα περίπου. Στα ανατολικά, βρίσκεται ο Ισθμός της Κορίνθου, ο οποίος χωρίζει τον Κορινθιακό από τον Σαρωνικό Κόλπο.

Ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά του Κορινθιακού Κόλπου είναι ότι, αποτελεί μία από τις πιο σεισμογενή περιοχές στην χώρα μας, με ενεργά ρήγματα, μεγάλες κατακόρυφες και οριζόντιες παραμορφώσεις, χερσαίες και υποθαλάσσιες κατολισθήσεις, τσουνάμι κ.λπ.

Σύμφωνα με μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, έχει διαπιστωθεί ότι, ο Κορινθιακός Κόλπος μεγαλώνει, λόγω της απομάκρυνσης μεταξύ των δύο ακτών, της Πελοποννήσου και της Στερεάς Ελλάδας. Ο ρυθμός με τον οποίο οι ακτές αυτές απομακρύνονται είναι περίπου 1 με 1.5 μέτρο ανά 1000 χρόνια. Παράλληλα, έχει διαπιστωθεί ότι, η Βόρεια Πελοπόννησος ανυψώνεται με ρυθμό από 1 έως 1,3 μέτρα στα 1000 χρόνια ενώ οι ακτές της Στερεάς Ελλάδας βυθίζονται με τον ίδιο περίπου ρυθμό.

Όσον αφορά τα τσουνάμι και την εμφάνισή τους στον Κορινθιακό Κόλπο κατά το παρελθόν, έχει υπολογιστεί ότι, κάθε 40 χρόνια περίπου εκδηλώνεται και ένα κύμα ύψους 3 μέτρων τουλάχιστον. Η τελευταία φορά που δημιουργήθηκε ένα παρόμοιο κύμα, ήταν το 1965. Το τσουνάμι δημιουργήθηκε στην Ερατεινή και προκάλεσε ζημιές από την Πάτρα μέχρι την Κόρινθο. Οι ζημιές δεν ήταν καταστροφικές, για το γεγονός ότι, εκείνη την εποχή δεν υπήρχε η πυκνή δόμηση που παρατηρείται σήμερα.

Τσουνάμι παρατηρήθηκε τον Κορινθιακό και το 1963 στο Αίγιο. Πρόκειται για ένα τσουνάμι, τα κύματα του οποίου ξεπερνούσαν τα 5 μέτρα και έπληξαν μια περιοχή η οποία είχε έκταση 7.600 στρεμμάτων.

Παρόλα αυτά μικρά ή μεγάλα τσουνάμι εκδηλώθηκαν αρκετές φορές στην ευρύτερη περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου. Τα έτη κατά τα οποία παρατηρήθηκε το θαλάσσιο φαινόμενο του τσουνάμι είναι τα εξής: 1402, 1742, 1748, 1794, 1817, 1861, 1887, 1888, 1963, 1965, 1981, 1995.

4.2 ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

Στην παρούσα ενότητα παρουσιάζονται τα τσουνάμι που έχουν εκδηλωθεί στον κόλπο του Κορινθιακού. Πέρα από τη χρονολογία εκδήλωσης του φαινομένου, παρουσιάζονται επίσης, οι συντεταγμένες (μοίρες και λεπτά), οι αιτίες που το προκάλεσαν, καθώς και η έντασή του σύμφωνα με την εξατάξια κλίμακα Ambraseys–Sieberg.

1402: το τσουνάμι εκδηλώθηκε στον κεντρικό Κορινθιακό κόλπο.

Συντεταγμένες: 38 06° 22' 24''

Ένταση: 4

Αίτια: το τσουνάμι δημιουργήθηκε ύστερα από σεισμό στην περιοχή μεταξύ του Αιγίου και του Ξυλόκαστρου. Τα κύματα που δημιουργήθηκαν έφθασαν στην στεριά σε μήκος 1,2 χιλιόμετρα περίπου. Αξιοσημείωτο είναι ότι μετά την υποχώρηση του νερού, εμφανίστηκαν ψάρια στην στεριά.

1742: το τσουνάμι εκδηλώθηκε στην πόλη του Αιγίου.

Συντεταγμένες: 37 54° 22' 36''

Ένταση: 3

Αίτια: η εκδήλωση σεισμού στην βορειοδυτική Πελοπόννησο, δημιούργησε κύματα 75 μέτρων, τα οποία έπληξαν το νότιο τμήμα του Κορινθιακού Κόλπου και συγκεκριμένα την πόλη του Αιγίου.

1748: το τσουνάμι εκδηλώθηκε στην πόλη του Αιγίου.

Συντεταγμένες: 38 12° 22' 12''

Ένταση: 4

Αίτια: η αιτία πρόκλησης τσουνάμι το 1748, ήταν η εκδήλωση ενός σεισμού στο Αίγιο. Κατόπιν, δημιουργήθηκαν τρία μεγάλα κύματα, τα οποία έφθασαν την ακτή του Αιγίου και προκάλεσαν ανεξέλεγκτες καταστροφές σε υλικά, καλλιεργήσιμες εκτάσεις, ενώ χάθηκαν και ανθρώπινες ζωές.

1794: το τσουνάμι εκδηλώθηκε στο Γαλαξίδι.

Συντεταγμένες: 38 18° 22' 18''

Ένταση: 3

Αίτια: η εκδήλωση ενός σεισμού κοντά στην θάλασσα, στην περιοχή του Γαλαξιδίου, είχε ως αποτέλεσμα την εμφάνιση στην επιφάνεια της γης λασπωμένου νερού, το οποίο κατόπιν υποχώρησε προς την θάλασσα. Τότε, η στάθμη της θάλασσας αυξήθηκε ενώ παράλληλα δημιουργήθηκαν κύματα 1⁰ μέτρων περίπου, τα οποία έπληξαν ολόκληρο τον κορινθιακό κόλπο.

1817: το τσουνάμι εκδηλώθηκε στην πόλη του Αιγίου.

Συντεταγμένες: 38 18° 22' 06''

Ένταση: 4

Αίτια: ένας μεγάλος σεισμός που προκλήθηκε στο Αίγιο, προκάλεσε τσουνάμι το οποίο εκδηλώθηκε στην παράκτια περιοχή του Αιγίου και είχε ως αποτέλεσμα, υλικές καταστροφές, καθώς και απώλεια περίπου 65 ανθρώπινων ζωών.

1861: το τσουνάμι εκδηλώθηκε στον δυτικό κορινθιακό κόλπο.

Συντεταγμένες: 38 12° 22' 12''

Ένταση: 3+

Αίτια: ένας σεισμός στην πόλη του Αιγίου ήταν η αιτία πρόκλησης ενός ακόμη τσουνάμι στον δυτικό κορινθιακό κόλπο. Με το πέρας του

σεισμού παρατηρήθηκε διάβρωση του εδάφους, καθώς και καθίζηση της παράκτιας περιοχής στο ανατολικό τμήμα του Αιγίου. Κατόπιν, εκδηλώθηκε τσουνάμι, τα κύματα του οποίου έφθασαν τα 2 μέτρα και έπληξαν, τόσο την νότια, όσο και την βόρεια παραλία του δυτικού κορινθιακού κόλπου.

1887: το τσουνάμι εκδηλώθηκε στον Κεντρικό και Δυτικό Κορινθιακό Κόλπο.

Συντεταγμένες: 38 06° 22' 54''

Ένταση: 2+

Αίτια: η αιτία πρόκλησης του τσουνάμι ήταν ένας σεισμός που σημειώθηκε στην ανατολική πλευρά του κόλπου. Κατόπιν παρατηρήθηκε ένα σεισμικό θαλάσσιο κύμα στην περιοχή μεταξύ Ξυλόκαστρου και Συκιάς, καθώς επίσης και στο Γαλαξίδι.

1888: το τσουνάμι εκδηλώθηκε στο Γαλαξίδι.

Συντεταγμένες: 38 12° 22' 06''

Ένταση: 2

Αίτια: ένας σεισμός που εκδηλώθηκε στην περιοχή του Αιγίου, είχε ως αποτέλεσμα την δημιουργία ενός τσουνάμι, το οποίο έφθασε μέχρι την παράκτια περιοχή του Γαλαξιδίου.

1963: το τσουνάμι εκδηλώθηκε στο νοτιοδυτικό τμήμα του κορινθιακού κόλπου.

Συντεταγμένες: 38 12° 22' 12''

Ένταση: 4

Αίτια: η αιτία πρόκλησης του τσουνάμι ήταν η ύπαρξη μαζικών αντισεισμικών και υποθαλάσσιων ιζημάτων. Τα κύματα του τσουνάμι

που δημιουργήθηκαν, ξεπερνούσαν τα 5 μέτρα και έπληξαν μια περιοχή η οποία είχε έκταση 7.600 στρεμμάτων

1965: το τσουνάμι εκδηλώθηκε στην Ερατεινή.

Συντεταγμένες: 38 16° 22' 18''

Ένταση: 3

Αίτια: ένας δυνατός σεισμός στην περιοχή της Ερατεινής, προκάλεσε τσουνάμι, τα κύματα του οποίου ξεπέρασαν το 3 μέτρα.

1981: το τσουνάμι εκδηλώθηκε στην πόλη του Αιγίου.

Συντεταγμένες: 38 04° 23' 00''

Ένταση: 2

Αίτια: ακόμη ένας σεισμός ήταν η αιτία δημιουργία μίας ταλάντωσης με υψηλή συχνότητα και πλάτος 20-30cm. Τα κύματα που δημιουργήθηκαν εξασθένησαν σταδιακά και υποχώρησαν τέσσερις ημέρες μετά την αρχική εμφάνισής τους.

4.3 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ

Σύμφωνα με έρευνες που έχουν πραγματοποιήσει επιστήμονες, έχει διαπιστωθεί ότι, μεταξύ των περιοχών που κινδυνεύουν περισσότερο από την εκδήλωση ενός τσουνάμι είναι και η Μεσόγειος. Μέσα σε αυτή συμπεριλαμβάνεται φυσικά και ο Κορινθιακός Κόλπος. Οι υπόλοιπες περιοχές είναι η Καραϊβική, οι ακτές της Νοτίου και Κεντρικής Αμερικής, καθώς και ο Ινδικός και Ειρηνικός Ωκεανός.

Πολλές από τις προαναφερθείσες περιοχές έχουν αναπτύξει και εγκαταστήσει συστήματα συναγερμού για την προειδοποίηση από την εκδήλωση ενός τσουνάμι. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το νησιωτικό σύμπλεγμα της Χαβάης που βρίσκεται στον Ειρηνικό Ωκεανό.

Στη Μεσόγειο ωστόσο, δεν έχουν εγκατασταθεί κατάλληλα συστήματα συναγερμού για την προειδοποίηση και αντιμετώπιση θαλάσσιων φαινομένων, όπως είναι το τσουνάμι που πιθανόν να προκύψουν από υποθαλάσσιους σεισμούς.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει να σημειωθεί ότι, το τσουνάμι δεν αποτελεί ένα φαινόμενο που μπορεί να αντιμετωπιστεί μόνο από την ανάπτυξη και την χρησιμοποίηση τεχνικών μεθόδων. Η πρόληψη από ένα τσουνάμι απαιτεί και την εκπαίδευση του πληθυσμού κάθε χώρας που βρίσκεται σε κίνδυνο, για τον συντονισμό και την αντιμετώπιση δύσκολων καταστάσεων. Οι άνθρωποι κάθε περιοχής θα πρέπει να εκπαιδευτούν σε θέματα όπως για παράδειγμα, πώς να αντιδράσουν σε μία περίπτωση εκδήλωσης τσουνάμι, πως θα σώσουν τις ζωές τους, κ.λπ.

Κάθε σύστημα προειδοποίησης για την αντιμετώπιση ενός τσουνάμι περιλαμβάνει τα εξής:

- Έναν αριθμό σειсмоγράφων, οι οποίοι θα ανιχνεύουν και θα καταγράφουν τις δονήσεις που θα προκαλούνται από υποθαλάσσιους σεισμούς. Καθοριστικής σημασίας είναι το γεγονός ότι, οι σειсмоγράφοι αυτοί θα πρέπει να είναι άρτια εξοπλισμένοι και τεχνολογικά εξελιγμένοι, ενώ απαραίτητη κρίνεται και η συνεχής συντήρησή τους.
- Περιφερειακά κέντρα επεξεργασίας των δεδομένων που συλλέγονται και θα ερμηνεύουν το πότε θα φθάσει στην ακτή το τσουνάμι, με τι ένταση θα φθάσει, ποιες περιοχές θα πληγούν, κ.λπ.
- Συστήματα επικοινωνίας τα οποία μεταφέρουν προειδοποιητικά μηνύματα στις περιοχές που πρόκειται να πληγούν. Επιπλέον, θα χρησιμοποιούνται συστήματα με σειρήνες για προειδοποιητικά σήματα στον πληθυσμό της περιοχής.

ü Την εκπαίδευση του πληθυσμού. Έχει ήδη αναφερθεί ότι, οι άνθρωποι που ζουν σε επικίνδυνες περιοχές θα πρέπει να είναι εκπαιδευμένοι σε ζητήματα που άπτονται των σεισμών και τσουνάμι. Επίσης, είναι πολύ σημαντικό να πραγματοποιούνται σχεδιασμοί από τις χώρες για το που θα καταφύγουν οι πολίτες για να διασωθούν και ποια μέσα θα χρησιμοποιήσουν.

Στον Ελληνικό χώρο, τα μέτρα προστασίας από τσουνάμι δοκιμάστηκαν στην περιοχή του Νότιου Αιγαίου. Πέρα από το εθνικό δίκτυο των σειсмоγράφων, εγκαταστάθηκε ένα επιπρόσθετο σύστημα ψηφιακών σειсмоγράφων και παλιρροιογράφων. Πρόκειται για μία πειραματική ακόμη ενέργεια.

Παρά τις προσπάθειες που πραγματοποιούνται για την εγκατάσταση μέτρων προστασίας από θαλάσσια φαινόμενα όπως είναι το τσουνάμι, επικρατεί στην χώρα μας η αντίληψη ότι «στην Ελλάδα δεν υπάρχουν τσουνάμι και επομένως δεν χρειάζεται η εγκατάσταση ανάλογων συστημάτων, ούτε η εκπαίδευση του πληθυσμού γύρω από το θέμα».

Ωστόσο, θα πρέπει να γίνει αντιληπτό ότι η εγκατάσταση συστημάτων προειδοποίησης σε συνδυασμό με την εκπαίδευση του πληθυσμού, μπορεί να προβλέψει την εκδήλωση ενός τσουνάμι και επομένως τις καταστροφικές του συνέπειες, όσον αφορά τις ανθρώπινες ζωές.

4.4 Ο ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΤΣΟΥΝΑΜΙ

Σύμφωνα με μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί από την Διακυβερνητική Επιτροπή για τις Κλιματικές Αλλαγές (IPCC), έχει διαπιστωθεί ότι, η στάθμη της θάλασσας στον Κορινθιακό Κόλπο, αναμένεται να ανέλθει κατά μέσο όρο 50 cm. Κάτι τέτοιο θα συμβεί σε

περίπτωση που το διοξείδιο του άνθρακα παρουσιάσει αυξητική συγκέντρωση στην ατμόσφαιρα.

Μια παρατηρούμενη άνοδος στην στάθμη της θάλασσας στον Κόλπο, αναμένεται να επιφέρει αρκετά σοβαρές συνέπειες για ολόκληρο τον πλανήτη. Πιο συγκεκριμένα, αναμένεται να προκληθεί οπισθοχώρηση της ακτογραμμής κατά 50 μέτρα, με απρόβλεπτες συνέπειες στην οικονομική και κοινωνική ζωή των παράκτιων περιοχών του Κορινθιακού Κόλπου.

Ένας άλλος και πολύ σημαντικός κίνδυνος από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, είναι ο κίνδυνος για την δημιουργία και την πρόκληση φαινομένων τσουνάμι. Όπως ήδη αναφέρθηκε και σε προηγούμενα κεφάλαια, ένα τσουνάμι μπορεί να δημιουργηθεί κυρίως από σεισμούς, υποθαλάσσιες κατολισθήσεις, καθώς και από υποθαλάσσιες ηφαιστειακές εκρήξεις. Κάτι αντίστοιχο ισχύει και για τη περίπτωση του Κορινθιακού Κόλπου.

Στο παρελθόν, στην χώρα μας, έχουν εκδηλωθεί περισσότερα από 160 τσουνάμι κατά την διάρκεια των τελευταίων 3500 χρόνων. Σε πολλά τσουνάμι από αυτά, οι συνέπειες ήταν καταστροφικές και οι ζημιές αρκετά μεγάλες.

Σήμερα, η πιθανότητα εμφάνισης ενός τσουνάμι στις παράκτιες περιοχές της χώρας μας, είναι ιδιαίτερα μεγάλη, κυρίως λόγω της εκμετάλλευσης που έχει παρατηρηθεί στην παράκτια ζώνη της χώρας τις τελευταίες δεκαετίες. Οι επιπτώσεις στις περιοχές αυτές αναμένεται να είναι ακόμη μεγαλύτερες, λόγω της εκμετάλλευσης που έχει παρατηρηθεί.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι, ο συνδυασμός της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης και της εμφάνισης τσουνάμι θα μπορούσε να έχει καταστρεπτικές συνέπειες σε μια παράκτια ζώνη.

Όσον αφορά τον Κορινθιακό κόλπο, πρόκειται για μία από τις πιο σεισμογενείς περιοχές της Ελλάδας. Η σεισμογόνος ζώνη έχει μήκος 130 χιλιόμετρα, πλάτος 30km και βάθος 850m. Τα γεγονότα τσουνάμι που έχουν εκδηλωθεί στην συγκεκριμένη περιοχή οφείλονται κυρίως σε υποθαλάσσιες κατολισθήσεις λόγω έντονων βροχοπτώσεων ή σεισμών.

Κατά τη διάρκεια του προηγούμενου αιώνα, τις παράκτιες περιοχές του Κορινθιακού κόλπου έπληξαν 7 τσουνάμι, τα οποία είχαν υψηλή ένταση και το ύψος των κυμάτων ανήλθε περίπου στα 5 m.

Στην εικόνα που ακολουθεί παρουσιάζεται ο χάρτης του Κορινθιακού Κόλπου και ο τρόπος με τον οποίο μπορεί να δημιουργηθεί ένα τσουνάμι στην εν λόγω περιοχή.

Πότε χτύπησαν τα τσουνάμι

Τσουνάμι από 3 μέχρι 5 μέτρα ύψος μπορεί να εκδηλωθεί στον Κορινθιακό κόλπο εξαιτίας σεισμού ή υποθαλάσσιας κατολισθήσης.

1748	10,0 μέτρα	Φεβ. 1963	5,0 μέτρα
Απρ. 1928	2,0 μέτρα	Ιουλ. 1965	3,0 μέτρα
		Φεβ. 1981	0,5 μέτρα

ΥΨΟΣ ΑΝΘΡΩΠΟΥ

Υψηλό παλιρροϊκό κύμα είχε παρατηρηθεί το 1984 αλλά και τη δεκαετία του '90 (το 1995 και το 1996)

ΚΥΜΑΤΑ ΤΣΟΥΝΑΜΙ μπορεί να εμφανιστούν σε ολόκληρο τον Κορινθιακό και κυρίως στη νότια πλευρά του

Η ΣΕΙΣΜΟΓΟΝΟΣ ΖΩΝΗ του Κορινθιακού έχει μήκος 130 χλμ. πλάτος 30 χλμ. και βάθος 850 μέτρα

Πώς δημιουργείται

- 1** Υποθαλάσσιος σεισμός εκτοπίζει τεράστιες ποσότητες νερού
- 2** Μεγάλα αβαθή κύματα διατρέχουν με ταχύτητα τη θάλασσα
- 3** Καθώς φθάνουν σε επικλινή ακτή, συμπιέζονται και υψώνονται
- 4** Τα κύματα ξεκύνονται στην ξηρά προκαλώντας καταστροφές στην παράκτια ζώνη

Ένα τσουνάμι μπορεί επίσης να προκληθεί από μια υποθαλάσσια κατολισθήση. Μεγάλοι όγκοι πετρωμάτων ή ιζημάτων αποκολλούνται από τα πρανή του βυθού και κατακυλούν προς τον πυθμένα. Η αύξηση της στάθμης της θάλασσας μπορεί επίσης να προκαλέσει τσουνάμι

Εικόνα 4.1 Η δημιουργία τσουνάμι τον Κορινθιακό Κόλπο

Σύμφωνα με τους επιστήμονες, το μεγαλύτερο κίνδυνο για την εμφάνιση τσουνάμι στον Κορινθιακό Κόλπο, εμφανίζει η νότια πλευρά, η οποία είναι υπερδομημένη. Ωστόσο, επειδή στην συγκεκριμένη περιοχή δεν υπάρχουν ενεργά ηφαίστεια, η γένεση ενός τσουνάμι θα οφείλεται στις κατολισθήσεις των υποθαλάσσιων πρανών.

Με τον όρο υποθαλάσσια πρανή εννοούνται οι απόκρημνες πλαγιές που καταλήγουν στον πυθμένα της θάλασσας. Οι όγκοι υλικού και πετρωμάτων που κατολισθαίνουν μπορούν να δημιουργήσουν παλιρροϊκό κύμα, όπως επίσης το ίδιο μπορεί να συμβεί και από κατολισθήσεις αποσαθρωμένων παράκτιων ζωνών.

Ένας ακόμη λόγος που ο Νότιος Κορινθιακός είναι ευάλωτος στην εμφάνιση τσουνάμι είναι και οι χαμηλές κλίσεις που παρουσιάζει.

Πιο συγκεκριμένα, οι περιοχές του κόλπου που αντιμετωπίζουν τον υψηλότερο κίνδυνο εμφάνισης τσουνάμι είναι: η Κόρινθος, το Κιάτο, το Ευλόκαστρο, το Αίγιο, ο Λόγγος, η Πάτρα και ο Ψαθόπυργος.

Σύμφωνα με το Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωγραφίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας του Τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών, το πιο επικίνδυνο τσουνάμι που μπορεί να χτυπήσει την παράκτια ζώνη της Κορίνθου μπορεί να προέλθει από κατολίσθηση και να ανέλθει σε ύψος μέχρι 4 μέτρα.

Η συγκεκριμένη πρόβλεψη, είναι το αποτέλεσμα έρευνας καθηγητή του Πανεπιστημίου και της ερευνητικής του ομάδας ύστερα από 15 χρόνια έρευνας.

Όσον αφορά τα μέτρα προστασίας για την πρόβλεψη και την αποτελεσματικότερη αντιμετώπιση ενός τσουνάμι, στον Κορινθιακό Κόλπο έχει αναπτυχθεί ένα σχέδιο έκτακτης ανάγκης, αποκαλούμενο ως

«Ξενοκράτης», το οποίο ωστόσο δεν περιλαμβάνει μέτρα από την εμφάνιση τσουνάμι.

Καθίσταται λοιπόν σαφές, ότι σε συνδυασμό με την επικινδυνότητα που παρουσιάζει ο Κορινθιακός Κόλπος, η υιοθέτηση μέτρων προστασίας και εκπαίδευσης του πληθυσμού για την αντιμετώπιση ενός επικείμενου τσουνάμι είναι ζήτημα καθοριστικής σημασίας για την ομαλή διαβίωση του Κορινθιακού Κόλπου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το τσουνάμι είναι ένα παλιρροιακό κύμα το οποίο μπορεί να δημιουργηθεί από διάφορους τρόπους. Οι συνηθέστεροι τρόποι γένεσης ενός τσουνάμι είναι οι σεισμοί με επίκεντρο κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, οι υποθαλάσσιες κατολισθήσεις, καθώς και οι υποθαλάσσιες ηφαιστειακές εκρήξεις.

Σύμφωνα με στατιστικές μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί, ο Κορινθιακός Κόλπος, αποτελεί μια από τις πιο σεισμογενείς περιοχές του κόσμου και για τον λόγο αυτό εκδηλώνεται ένα τσουνάμι με ύψος τουλάχιστον 3 μέτρα κάθε 40 χρόνια περίπου.

Ένα χαρακτηριστικό τσουνάμι που εκδηλώθηκε στον Κορινθιακό Κόλπο ήταν το 1965 στην Ερατεινή. Το ύψος του κύματος ξεπέρασε τα 3 μέτρα. Ο λόγος για τον οποίο δεν έγιναν μεγάλες ζημιές είναι ότι εκείνη την εποχή δεν υπήρχε η πυκνή δόμηση που παρατηρείται σήμερα.

Οι πιθανότητες να εκδηλωθεί τσουνάμι στο μέλλον στον Κορινθιακό Κόλπο, είναι υπαρκτές. Ο κύριος λόγος ο οποίος θα δημιουργήσει το παλιρροιακό κύμα πιθανότατα να είναι μια μεγάλη υποθαλάσσια κατολίσθηση που θα σημειωθεί στις απότομες πλαγιές της νότιας ακτογραμμής του Κορινθιακού Κόλπου. Την κατολίσθηση αυτή μπορεί να πυροδοτήσει ακόμη και ένας μικρός σεισμός μεγέθους 4 βαθμών της κλίμακας Ρίχτερ.

Καθώς τα εδάφη στα υποθαλάσσια πρηνή θα αποκολλώνται και θα κυλούν προς τον πυθμένα, το τσουνάμι θα αρχίσει να σχηματίζεται και να κινείται τόσο προς τη βόρεια πλευρά του κόλπου όσο και προς τα πίσω, στην ακτογραμμή της Πελοποννήσου.

Στη βόρεια πλευρά, δηλαδή στη Στερεά Ελλάδα, οι ζημιές θα είναι ελάχιστες επειδή το κύμα θα βρει αντίσταση από τις απόκρημνες ακτές

και δεν θα εισβάλει στην ενδοχώρα. Όμως μόλις αρχίσει να κατευθύνεται προς την παράκτια ζώνη ανάμεσα στην Πάτρα και την Κόρινθο που έχει μήκος περίπου 123 χιλιόμετρα, τότε θα συναντήσει περιοχές με ήπια κλίση και θα εισβάλει σε βάθος μεγαλύτερο από 250 μέτρα.

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί ότι στον Κορινθιακό Κόλπο και γενικά την ευρύτερη περιοχή της χώρας θα πρέπει να αναπτυχθούν μέτρα τα οποία θα προβλέπουν την προστασία του πληθυσμού από την εμφάνιση τσουνάμι. Στα μέτρα αυτά, πέρα από του σειсмоγράφους και τα συστήματα προειδοποίησης, απαραίτητη είναι και η εκπαίδευση του πληθυσμού σχετικά με το φαινόμενο, τους τρόπους εκδήλωσής του και των τρόπων αντιμετώπισής του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Διακογιάννη Γεωργία, (2010). «Η εδαφική παραμόρφωση της περιοχής του Ρίου – Αντιρρίου, με βάση την μέθοδο της συμβολομετρίας – radar και η ταυτοποίησή της με πιθανά αίτια γένεσης –δημιουργίας». Διπλωματική εργασία, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο
Πρόσβαση και από τον διαδικτυακό ιστό

http://estia.hua.gr:8080/dspace/bitstream/123456789/1022/1/thesis_diakogianni.pdf

Κέντρο Εκτίμησης Φυσικών Κινδύνων και Προληπτικού Σχεδιασμού (2005). «εκτίμηση κινδύνων στον Κορινθιακό». Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

Παπανικολάου Δ., Χρόνης Γ., Λυκούσης Β., Σακελλαρίου Δ., Παπούλια Ι. (1997). «Νεοτεκτονική δομή του Δ. Κορινθιακού Κόλπου και γεωδυναμικά φαινόμενα του σεισμού του Αγίου». Εθνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών, Αθήνα

Πρόσβαση και από τον διαδικτυακό ιστό

<http://symposia.ath.hcmr.gr/oldver/symposia5/415.pdf>

Crawford D.A., Mader C.L., (1998). «Modelling asteroid impact and tsunami». Science of Tsunami Hazards

Di Maro, R., Maramai, A. (1992). «Tsunamis in the Mediterranean and Pacific areas: An analysis, Science of Tsunami Hazards».

Doutsos T., Poulimenos G. «Geometry and kinematics of active faults and their seismotectonic significance in the western Corinth-Patras rift (Greece)». Department of Geology, University of Patras, Greece

Flotte´a N., Sorela T. D., Mullerb C., Tensic J. «Along strike changes in the structural evolution over a brittle detachment fault: Example of the Pleistocene Corinth–Patras rift (Greece)».

Kortekaas S., Papadopoulos G. A., Ganas A., Cundy A. B., Diakantoni A., (2011). «Geological identification of historical tsunamis in the Gulf of Corinth, Central Greece». Natural Hazards and Earth System Sciences

Nelson S. A., (2009). «Tsunami». Tulane University

Palyvos N., Lemeille F., Sorel D., Pantosti D., Pavlopoulos K. «Geomorphic and biological indicators of palaioseismicity and Holocene uplift rate at a coastal normal fault footwall (western Corinth gulf, Greece)».

Stefatos A., Charalambakis M., Papatheodorou G., Ferentinos G., (2006). «Tsunamigenic sources in an active European half-graben (Gulf of Corinth, Central Greece)». Marine Geology 232

Tsodoulos I., Koukouvelas I., Pavlides S. «Tectonic geomorphology of the easternmost extension of the Gulf of Corinth (Beotia, Central Greece)».

Vassilakis E., Royden L., Papanikolaou D. «Kinematic links between subduction along the Hellenic trench and extension in the Gulf of Corinth, Greece: A multidisciplinary analysis».

ΔΙΑΔΙΚΤΥΑΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CF%83%CE%BF%CF%85%CE%BD%CE%AC%CE%BC%CE%B9>

<http://www.medlook.net/%CE%A0%CE%B5%CF%81%CE%B9%CE%B2%CE%AC%CE%BB%CE%BB%CE%BF%CE%BD-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CF%85%CE%B3%CE%B5%CE%AF%CE%B1/602.html>

http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A4%CF%83%CE%BF%CF%85%CE%BD%CE%AC%CE%BC%CE%B9#.CE.99.CF.83.CF.84.CE.BF.CF.81.CE.B9.CE.BA.CE.AC_.CF.84.CF.83.CE.BF.CF.85.CE.BD.CE.AC.CE.BC.CE.B9

<http://tvxs.gr/news/%CF%84%CE%B1%CE%BE%CE%AF%CE%B4%CE%B9%CE%B1-%CF%83%CF%84%CE%BF-%CF%87%CF%81%CF%8C%CE%BD%CE%BF/%CF%80%CF%8C%CF%83%CE%BF-%CF%80%CE%B9%CE%B8%CE%B1%CE%BD%CE%AE-%CE%B5%CE%AF%CE%BD%CE%B1%CE%B9-%CE%B7-%CE%B5%CE%BA%CE%B4%CE%AE%CE%BB%CF%89%CF%83%CE%B7-%CF%84%CF%83%CE%BF%CF%85%CE%BD%CE%AC%CE%BC%CE%B9-%CF%83%CF%84%CE%B7-%CE%BC%CE%B5%CF%83%CF%8C%CE%B3%CE%B5%CE%B9%CE%BF>

<http://www.koolnews.gr/ellada/tremoun-ton-korinthiako-oi-seismologoi-perissoteres-apo-600-seismikes-doniseis-se-treis-mines/>

http://geologikathemata.blogspot.gr/2013/05/blog-post_20.html

<http://www.tmth.gr/sciencerelated/63-environment/364-ta-katastreptika-tsoynami>

http://racce.nhmc.uoc.gr/files/items/8/899/poster9_greekreduced.pdf?rnd=1355135278

http://apokrifamistiria.blogspot.gr/2014/04/blog-post_4619.html

<http://inkefalonportal.blogspot.gr/2014/03/oi-deka-poleis-poy-kindyneyoyn-perissotero-apo-seismoys-tyfones-kyklones-kai-tsoynami.html>

<http://www.alfavita.gr/arthron/%CE%BF%CE%B9-%CE%B4%CE%AD%CE%BA%CE%B1-%CF%80%CE%B9%CE%BF-%CE%B5%CF%80%CE%B9%CE%BA%CE%AF%CE%BD%CE%B4%CF%85%CE%BD%CE%B5%CF%82-%CF%80%CF%8C%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CF%82-%CF%83%CF%84%CE%BF%CE%BD-%CE%BA%CF%8C%CF%83%CE%BC%CE%BF>

http://wikipedia.qwika.com/en2el/1755_Lisbon_earthquake

<http://tvxs.gr/news/kosmos/seismos-82-rixter-kai-tsoynami-sti-xili>

http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CE%B5%CE%B9%CF%83%CE%BC%CF%8C%CF%82_%CE%BA%CE%B1%CE%B9_%CF%84%CF%83%CE%BF%CF%85%CE%BD%CE%AC%CE%BC%CE%B9_%CF%83%CF%84%CE%BF_%CE%A3%CE%B5%CE%BD%CF%84%CE%AC%CE%B9_%CF%84%CE%B7%CF%82_%CE%99%CE%B1%CF%80%CF%89%CE%BD%CE%AF%CE%B1%CF%82_%CF%84%CE%BF_2011

<http://www.unesco-hellas.gr/documents/tsunami.pdf>

<http://a-kentavrou.blogspot.gr/2011/03/tsunami.html>

<http://en.wikipedia.org/wiki/Meteotsunami>

<http://www.fireservice.gr/pyr/site/home/Various/advices/ti+ine+to+tsunami.csp?mode=print&pagenum>

<http://www.goldenmag.gr/%CF%84%CF%83%CE%BF%CF%85%CE%BD%CE%AC%CE%BC%CE%B9-%CE%BA%CE%B1%CE%B9-%CF%83%CF%84%CE%B7-%CE%BB%CE%AF%CE%BC%CE%BD%CE%B7-%CF%84%CE%B7%CF%82-%CE%B3%CE%B5%CE%BD%CE%B5%CF%8D%CE%B7%CF%82/>

http://iteanet.blogspot.gr/2010/03/blog-post_31.html

<http://www.madata.gr/diafora/science/35513.html>

http://www.parakato.gr/2009/06/blog-post_25.html