



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης των τσουνάμι στη Μεσόγειο

Πτυχιακή εργασία της Σύρμα Παγώνα (Α.Μ: 20932)

Αθήνα, Μάρτιος 2014



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης των τσουνάμι στη Μεσόγειο

Πτυχιακή εργασία της Σύρμα Παγώνα (Α.Μ: 20932)

**Επιβλέπων καθηγητής: κ. Καρύμπαλης Ευθύμιος (Αναπληρωτής καθηγητής
του τμήματος Γεωγραφίας)**

Αθήνα, Μάρτιος 2014

Ευχαριστίες

Μετά από συζήτηση με τον κ. Ε. Καρύμπαλη, μου ανατέθηκε από εκείνον η εκπόνηση της μελέτης με τίτλο <<Συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης των τσουνάμι στη Μεσόγειο>>. Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Καρύμπαλη για την πολύτιμη βοήθεια του, όχι μόνο στα πλαίσια της εκπόνησης της παρούσας εργασίας αλλά και για όλα αυτά τα τέσσερα πανεπιστημιακά χρόνια τόσο σε επιστημονικό όσο και σε ηθικό επίπεδο. Επίσης, ένα μεγάλο ευχαριστώ στους υπόλοιπους καθηγητές του τμήματος που καθοδήγησαν τους συναδέλφους κι εμένα στην ακαδημαϊκή μας πορεία. Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαιτέρως την οικογένειά μου που ήταν δίπλα μου σε όλες τις ανησυχίες μου, τα άγχη μου και να αφιερώσω την εργασία στη μητέρα μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

ABSTRACT

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
II. ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΚΥΜΑΤΑ : ΒΑΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΒΑΣΙΚΕΣ ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΤΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ.	10
1.1.ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΑ ΤΣΟΥΝΑΜΙ	21
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΡΟΠΟΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΤΣΟΥΝΑΜΙ	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΣΟΥΝΑΜΙ	30
3.1. ΤΑ ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΑΙΤΙΑ ΓΕΝΕΣΗΣ ΤΩΝ ΤΣΟΥΝΑΜΙ	30
3.2.1: ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΓΕΝΟΥΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ	35
3.2.2: ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΕ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ	36
3.2.3: ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΕ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ	40
3.3: ΚΥΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΤΣΟΥΝΑΜΙ	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	46
4.1: ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΚΥΜΑΤΑ ΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΑ ΜΕ ΣΕΙΣΜΟΥΣ ΣΤΗΝ ΧΩΡΑ ΜΑΣ	49
4.2: ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΣΤΗΝ ΧΩΡΑ ΜΑΣ	53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΑΠΟ ΤΑ ΤΣΟΥΝΑΜΙ _ 57

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΟΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΤΣΟΥΝΑΜΙ ____ 60

6.1. ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΣΤΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ ____ 65

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΤΑ ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΣΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ _____ 68

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΓΚΑΙΡΗΣ
ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ
_____ 71**

**8.1. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ
ΤΣΟΥΝΑΜΙ _____ 71**

8.1.1. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ _____ 73

8.1.2. ΡΟΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ _____ 77

8.1.3. ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ _____ 78

8.2. ΑΝΟΔΙΚΗ ΡΟΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ _____ 81

8.2.1. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ _____ 81

8.3. ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ _____ 83

8.4. ΑΠΟΦΑΣΗ ΚΑΙ ΔΡΑΣΗ _____ 86

**8.4.1 ΓΡΑΦΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΧΡΗΣΤΗ (GRAPHICAL USER
INTERFACE - GUI) _____ 86**

8.4.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ _____ 89

8.5. ΚΑΘΟΔΙΚΗ ΡΟΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ _____ 91

**8.5.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΤΙΚΩΝ
ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ _____ 91**

8.5.2 ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ LOGISTICS ΣΕ ΜΙΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΚΕΝΤΡΟ-ΠΡΟΣ- ΚΕΝΤΡΟ	93
8.6. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ	94
8.6.1 ΤΡΕΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	94
8.6.2 ΑΝΤΙΣΥΜΒΑΤΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΑΧΕΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	95
8.6.3. ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΩΝ ΣΕ ΕΝΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ	95
8.6.4. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΓΕΓΟΝΟΣ	96
8.6.5. ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ	97
8.7. ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ	98
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	100

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μελέτη ασχολήθηκε με το ζήτημα των τσουνάμι και ολοκληρώθηκε μέσα από οκτώ κεφάλαια, όπου πιο συγκεκριμένα, το πρώτο κεφάλαιο αναφέρθηκε στα κύματα και τα βασικά τους χαρακτηριστικά. Το δεύτερο κεφάλαιο εστίασε στον τρόπο διάδοσης των τσουνάμι ενώ το τρίτο ανέφερε τα κυριότερα αίτια δημιουργίας ενός τσουνάμι. Το τέταρτο κεφάλαιο έκανε αναφορά στη γεωγραφική κατανομή και τη σχέση των θαλάσσιων κυμάτων με τους ελλαδικούς σεισμούς. Το πέμπτο κεφάλαιο στη συνέχεια εμβάθυνε στις περιβαλλοντικές συνέπειες έπειτα από τσουνάμι. Το έκτο τόνισε τις επιπτώσεις που φέρει το καταστροφικό φαινόμενο ενός τσουνάμι στην δημόσια και ψυχική υγεία των ανθρώπων που αντιμετωπίζουν κάτι τέτοιο. Το έβδομο κεφάλαιο έκανε αναφορά των τσουνάμι στο Μεσογειακό χώρο και το όγδοο και τελευταίο κεφάλαιο έκανε εκτενή ανάλυση τόσο στην ανάπτυξη των συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης για τσουνάμι όσο και για τις μελλοντικές προκλήσεις που θα υπάρξουν.

Λέξεις κλειδιά: τσουνάμι, θαλάσσια κύματα, αίτια, επιπτώσεις

ABSTRACT

This study dealt with the issue of tsunami and was completed within eight chapters, where more specifically, the first chapter discussed the waves and their basic characteristics. The second section focused on the propagation mode of the tsunami and the third said the main causes of a tsunami. The fourth chapter makes reference to the geographical distribution and the relationship of sea waves with Helladic earthquakes. The fifth chapter then deepened the environmental consequences after tsunami. The sixth highlighted the consequences bearing the devastating effect of a tsunami in the public and mental health of people experiencing something. The seventh chapter makes reference tsunamis in the Mediterranean area and the eighth and final chapter makes an extensive analysis on the development of early warning systems for tsunamis and future challenges will be.

Keywords: tsunami, sea waves, causes, effects

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Έπειτα από την πρόσφατη εκδήλωση καταστροφικών κυμάτων τσουνάμι παγκοσμίως που συνοδεύτηκαν από εκτεταμένες καταστροφές και μεγάλο αριθμό ανθρώπινων απωλειών, το παγκόσμιο ενδιαφέρον για αυτού του είδους τις φυσικές καταστροφές εντάθηκε. Στις ακτές της Ελλάδας και της ευρύτερης περιοχής έχει παρατηρηθεί σημαντικός αριθμός τσουνάμι από την αρχαιότητα έως το πρόσφατο παρελθόν, πολλά εκ των οποίων ήταν πολύ καταστροφικά.

Ο περιορισμένος αριθμός υλικών ζημιών και θυμάτων στην Ελλάδα, δεν θα πρέπει να αποτελεί παράγοντα εφησυχασμού. Η επίθεση των κυμάτων τσουνάμι και η επίδρασή τους στις παράκτιες περιοχές αποτελεί έναν υπαρκτό και αρκετά σημαντικό φυσικό κίνδυνο (Καρτάλης, 2007)

Η παρούσα μελέτη θα εστιάσει πρωτίστως στα βασικά χαρακτηριστικά και τις κατηγορίες των κυμάτων, στον τρόπο διάδοσης των τσουνάμι, τα αίτια όσο και τα αποτελέσματα του φυσικού αυτού φαινομένου. Επίσης θα γίνει αναφορά στη γεωγραφική κατανομή καταστροφών από τσουνάμι που έχουν καταγραφεί ιστορικά. Θα καταγραφούν πληροφορίες για το υπό εξέταση φαινόμενο στο χώρο της Μεσογείου, ενώ θα γίνει λόγος και για μελλοντικές προκλήσεις.

II. ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα μελέτη σκοπό έχει να εστιάσει στην ανάλυση του φαινομένου των τσουνάμι σκιαγραφώντας τα χαρακτηριστικά, τα αίτια και τους τρόπους αντιμετώπισης. Μέσα από την εν λόγω εργασία, ο αναγνώστης θα λάβει πληροφορίες από τα ιστορικά φαινόμενα των τσουνάμι, μέχρι και τα συστήματα στις υποδομές προειδοποίησης πολλαπλών κινδύνων.

Κεφάλαιο 1.

Κύματα : Βασικά χαρακτηριστικά και βασικές κατηγορίες των κυμάτων.

Κύματα ονομάζονται οι περιοδικές και μη περιοδικές μεταβολές της στάθμης της θάλασσας . Οι μεταβολές αυτές μπορεί να προκληθούν τόσο από την πνοή του ανέμου πάνω στην επιφάνεια του πελάγους, οπότε δημιουργούνται τα ανεμογενή κύματα (Wind Driven Waves), όσο και από την έλξη των ουράνιων σωμάτων και κυρίως της σελήνης, οπότε δημιουργούνται οι παλίρροιες (Tides).

Τέλος τα κύματα προξενούνται από υποθαλάσσιους σεισμούς, οπότε δημιουργούνται τα τσουνάμι. Οι φυσικές παράμετροι που χαρακτηρίζουν τα κύματα είναι οι εξής :

Κορυφή κύματος (Wave Crest) : Είναι κάθε στιγμιαίο μέγιστο σημείο του κύματος.

Κοιλία κύματος (Wave Through) : Είναι κάθε ελάχιστο σημείο του κύματος.

Ύψος κύματος (H : Wave Height) : Είναι η κατακόρυφη διαφορά μεταξύ της κορυφής και της κοιλίας.

Πλάτος κύματος (Amplitude) : Είναι η διαφορά της κορυφής από τη μέση στάθμη του πελάγους (Mean Sea Level). Η σχέση που συνδέει το ύψος κύματος με το πλάτος α , είναι: $\alpha = H/2$

Μέση στάθμη θάλασσας (Mean Sea Level), θεωρείται η οριζόντια γραμμή που θα παρίστανε την επιφάνεια του νερού αν αυτό ήταν σε ηρεμία.

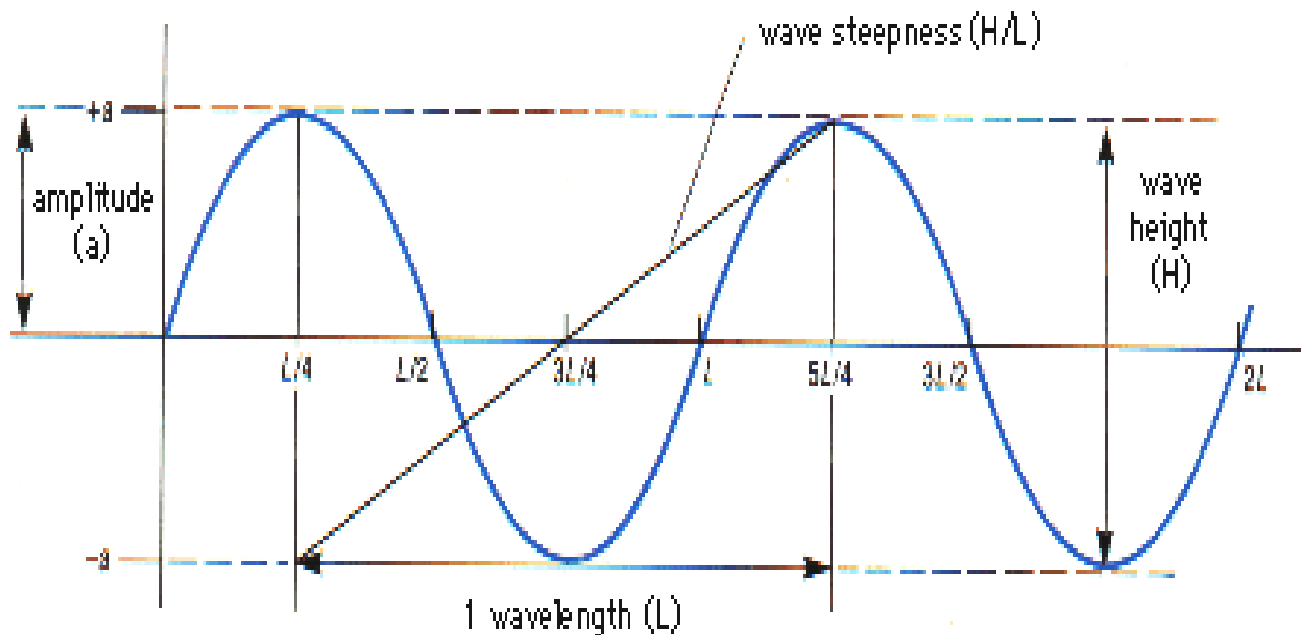
Μήκος κύματος L (Wave Length), είναι η διαφορά μεταξύ δύο διαδοχικών κορυφών σημείων.

Περίοδος κύματος T (Wave Period), θεωρείται το χρονικό διάστημα μεταξύ της διέλευσης δυο διαδοχικών κορυφών σημείων ή κοιλιών από ένα σταθερό σημείο.

Συχνότητα (f), ορίζεται το αντίστροφο της περιόδου κύματος ενώ επίσης εκφράζει τον αριθμό των κυμάτων που περνάει από ένα σημείο στη μονάδα του χρόνου.

Ταχύτητα κύματος C (Wave Celerity), είναι η ταχύτητα με την οποία διαδίδεται ένα κύμα.

Κλίση κύματος S (Wave Steepness), είναι ο λόγος του ύψους (H) προς το μήκος του κύματος (L) $S=H/L$



Σχήμα 1.1 :Σχηματική αναπαράσταση των βασικών φυσικών παραμ. ενός κύματος.

Πηγή:<http://maritime.haifa.ac.il>

Αν το κύμα διαδίδεται στο πέλαγος , έτσι ώστε σε διαδοχικές χρονικές στιγμές μια κορυφή του να κινείται κατά τη διεύθυνση διάδοσης του κύματος, τότε το κύμα καλείται τρέχον (Progressive wave). Το κύμα του οποίου οι κορυφές δεν προχωρούν κατά τη διεύθυνση διάδοσης, αλλά διατηρούνται σε καθορισμένες θέσεις καλείται στάσιμο κύμα (stationary wave).

Η σχέση που διέπει την εκδήλωση του τρέχοντος κύματος στον ωκεανό είναι η εξής : (Longley , 2010)

$$Y = A(z,t) \cos(\omega t - kz + \phi)$$

Όπου $A(z,t)$ είναι το πλάτος κύματος, k είναι ο αριθμός κύματος και ϕ η φάση. Το φάσμα των κυμάτων στους ωκεανούς είναι ευρύ και αποτελείται από τους εξής τύπους κυμάτων :

α) Τριχοειδή κύματα : Είναι κύματα περιόδου $T < 0,1 \text{ sec}$ και η δύναμη που στην ουσία ελέγχει τα στοιχεία τους είναι η επιφανειακή τάση, ενώ η γένεσή τους οφείλεται στον άνεμο.

β) Τριχοειδή βαρυτικά κύματα : Είναι κύματα περιόδου $0,1 < T < 1 \text{ sec}$, η δύναμη που ελέγχει τα στοιχεία τους είναι η επιφανειακή τάση και η βαρύτητα και η γένεσή τους οφείλεται στον άνεμο.

γ) Κύματα βαρύτητας: Είναι κύματα περιόδου $1 < T < 30 \text{ sec}$, ελέγχονται από τις δυνάμεις της βαρύτητας, ο μηχανισμός γένεσής τους είναι ο άνεμος και διακρίνονται σε κύματα (Waves) και κυματισμούς (Swells).

δ) Κύματα βαρύτητας - αδράνειας : Είναι κύματα περιόδου $30 \text{ sec} < T < 5 \text{ min}$, η δύναμη που ελέγχει τα στοιχεία τους είναι η βαρυτική επιτάχυνση και οφείλονται σε καταιγίδες ή σεισμούς.

ε) Κύματα μεγάλης περιόδου: Είναι κύματα περιόδου $T > 5 \text{ min}$, ελέγχονται από τη δύναμη της βαρυτικής επιτάχυνσης και οφείλονται σε καταιγίδες και σεισμούς.

στ) Παλιρροιακά κύματα (Tides): Η περίοδός τους διαρκεί μερικές ώρες, ελέγχονται από τη βαρυτική επιτάχυνση και οφείλονται στην έλξη της Σελήνης και του Ήλιου.

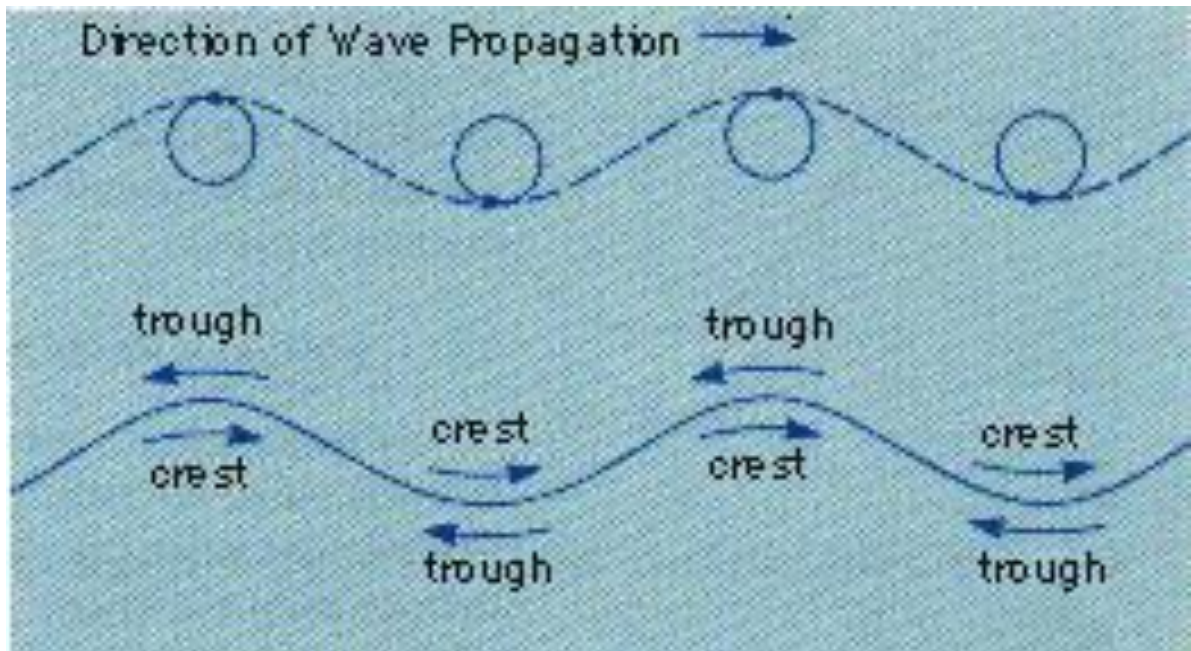
ζ) Υπέρ - παλιρροιακά κύματα : Εκφράζονται από περίοδο $T > 24 \text{ h}$, ελέγχονται από την βαρυτική επιτάχυνση και οφείλονται είτε σε καταιγίδες, είτε στην έλξη της Σελήνης και Ήλιου στην υδρόσφαιρα της γης.

Η κλασσική μελέτη των κυμάτων συνίσταται στην εξέταση της υδροδυναμικής ενός ιδανικού κύματος που έχει ημιτονοειδή μορφή.

Στην πραγματικότητα τα κύματα που απαντώνται στους ωκεανούς απέχουν από τα ιδανικά κύματα ημιτονοειδούς μορφής και εκφράζονται από πολυμορφία και ακανόνιστη περιοδικότητα. Τα κύματα που υπάρχουν στους ωκεανούς, στην ουσία είναι άθροισμα ενός μεγάλου αριθμού ιδανικών κυμάτων, δηλαδή η μεταβολή της στάθμης του πελάγους σε ένα σημείο μπορεί να θεωρηθεί σαν αποτέλεσμα της σύνθεσης πολλών ημιτονοειδών κυμάτων διαφόρων πλατών, φάσεων και συχνοτήτων (Stefatos et al, 2007)

Το κύμα στην ουσία αποτελεί μια διαταραχή που μεταδίδεται από το ένα τμήμα του μέσου διάδοσης στο άλλο, δίχως να προκαλείται ουσιαστική κίνηση στο ίδιο το μέσο διάδοσης (Σχήμα 1.2). Κατά την διάδοση ενός κύματος, κάτω από την κορυφή του, το νερό μετακινείται με διεύθυνση προς τα εμπρός και ανοδική, ενώ κάτω από την κοιλία, το νερό μετακινείται καθοδικά και με διεύθυνση προς τον πυθμένα. Συνολικά, τα σωματίδια του νερού δεν μετατοπίζονται κατά την διάδοση του κύματος και πραγματοποιούν κυκλική

κίνηση. Αυτή η τροχιακή κυκλική κίνηση των σωματιδίων του νερού οφείλεται σε μια δύναμη που συμβάλλει στην μετατόπισή τους και στην επανατοποθέτησή τους.



Σχήμα 1.2 : Γραφική αναπαράσταση της τροχιακής κυκλικής κίνησης που πραγματοποιούν τα σωματίδια του νερού κατά την ευθεία διάδοσης ενός κύματος.

Πηγή:<http://maritime.haifa.ac.il>

Τα κύματα των ρηχών νερών εντοπίζονται σε κύματα βάθους μικρότερου του $1/20$ του αρχικού μήκους κύματος, τα ενδιάμεσα κύματα εντοπίζονται σε θαλάσσιες περιοχές βάθους μεγαλύτερου του $1/20$ του μήκους κύματος και μικρότερου του $1/2$ του μήκους κύματος, ενώ τα κύματα μεγάλου βάθους εντοπίζονται σε θαλάσσιες περιοχές βάθους μεγαλύτερου του $1/2$ του αρχικού μήκους κύματος.

Στα βαθιά κύματα στα οποία το βάθος είναι μεγαλύτερο από το 1/2 του μήκους κύματος, η ταχύτητα και το μήκος του κύματος δίδονται από τους τύπους:

$$C = \sqrt{gL / 2\pi}$$

$$L = g/2\pi * T^2$$

όπου L είναι το μήκος κύματος, $g=9,8\text{m/sec}^2$ η επιτάχυνση της βαρύτητας και T η περίοδος του κύματος.

Στα ρηχά κύματα (Σχήμα 1.3), στα οποία το βάθος είναι μικρότερο του 1/20 του μήκους κύματος, το βάθος του πελάγους είναι η μόνη μεταβλητή που επηρεάζει την ταχύτητα του κύματος.

$$C = \sqrt{gd}$$

$$L = T \sqrt{gh}$$

όπου $g=9,8\text{m/sec}^2$ η επιτάχυνση της βαρύτητας, d είναι το βάθος του πελάγους και T η περίοδος του κύματος.

Στα μεταβατικά βάθη, όπου το βάθος της θάλασσας είναι μικρότερο από το 1/2 του μήκους κύματος και μεγαλύτερο από το 1/20 αυτού, η σχέση γίνεται πολυπλοκότερη :

$$C = \sqrt{[gL / 2\pi (\tanh 2\pi d / L)]}$$

$$L = g/2\pi T^2 \tanh 2\pi h/L$$

όπου $\tanh$ είναι η υπερβολική εφαπτομένη, L το μήκος κύματος και T η περίοδος του κύματος.

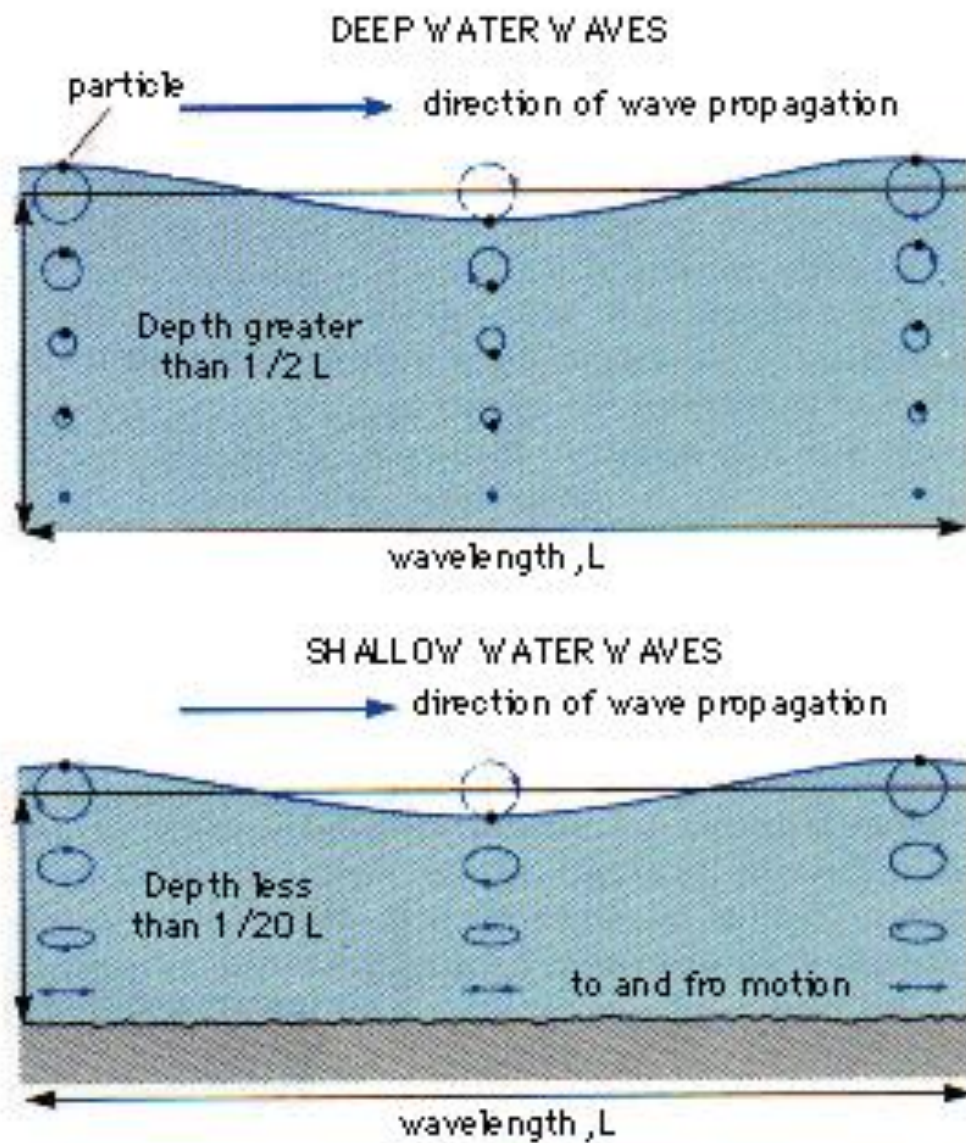
Επειδή το μήκος κύματος είναι πολύ δύσκολο να μετρηθεί στο πεδίο, υπολογίζεται έμμεσα μέσω της τιμής της περιόδου του κύματος. Το μήκος κύματος, όπως και η ταχύτητα του κύματος είναι ανάλογο της περιόδου του κύματος και συνδέονται με τη σχέση :

$$L = g/2 * T^2 = 1,56 * T^2 \text{ (μέτρα)}$$

όπου T η περίοδος κύματος και $g=9,8\text{m/sec}^2$ η βαρυτική επιτάχυνση.

Η Ενέργεια κύματος δίδεται από τον τύπο :

$E = 1/8 \rho g h^2$ όπου ρ είναι η πυκνότητα του πελάγους , $g=9,8\text{m/sec}^2$ η βαρυτική επιτάχυνση και h το ύψος κύματος.

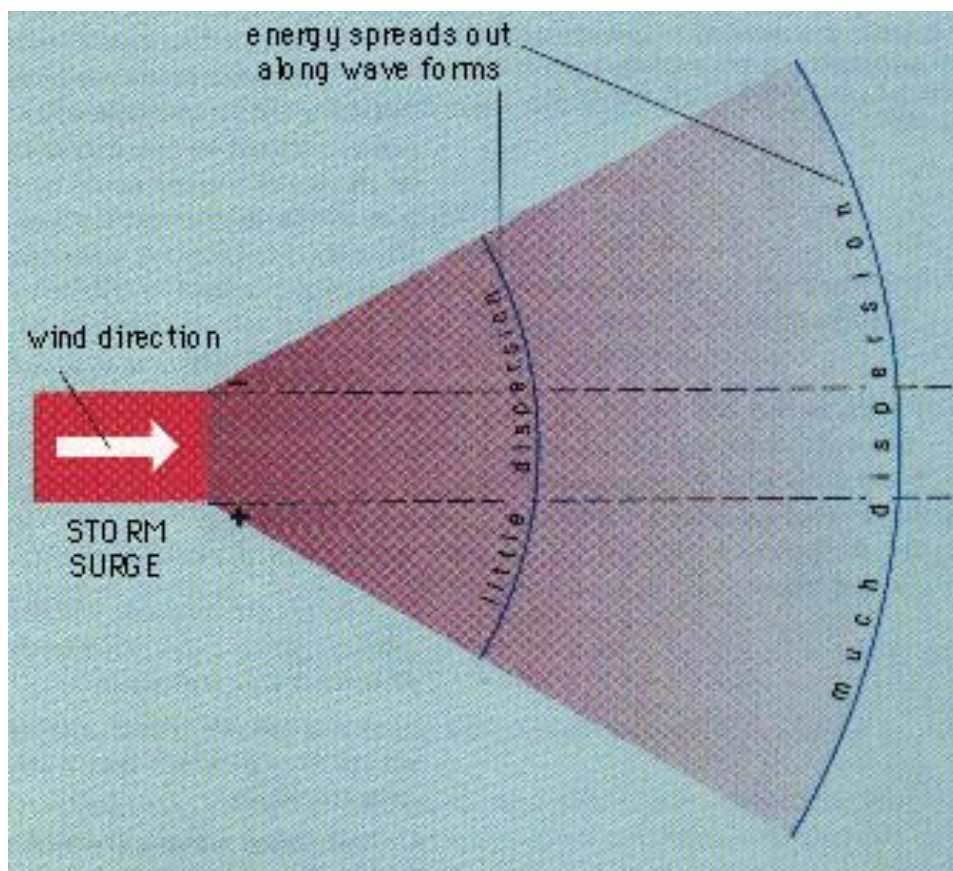


Σχήμα 1.3 :Σχηματική αναπαράσταση της διάδοσης ενός κύματος σε βαθιά και αβαθή νερά .

Πηγή: <http://maritime.haifa.ac.il/>

Τα κύματα βαθέων νερών, τα οποία εκφράζονται από μεγάλα μήκη και περιόδους, ταξιδεύουν με την μεγαλύτερη ταχύτητα και φθάνουν πολύ γρήγορα σε περιοχές απομακρυσμένες σε σχέση με το σημείο δημιουργίας τους. Η διάδοση των κυμάτων βασίζεται στο φαινόμενο της διασποράς. Τα κύματα εξαπλώνονται από το σημείο γένεσης σε διαδοχικούς κυματισμούς, και όσο μεγαλώνει η διαφορά από το σημείο εκδήλωσης της αρχικής διαταραχής, τα κύματα μεγαλύτερου μήκους σταδιακά ξεπερνούν εκείνα τα οποία έχουν μικρότερο μήκος. Τα κύματα στην ουσία εκδηλώνονται σε συστοιχίες μικρότερων κυμάτων με διαφορετικούς ρυθμούς και ταχύτητες εκδήλωσης. Στις συστοιχίες κυμάτων, το κύμα που οδηγεί την συστοιχία χάνει την ενέργειά του, αλλά μόλις ολοκληρωθεί η κίνηση της συστοιχίας, παραμένει αρκετή ενέργεια για τη δημιουργία νέου κύματος. Όταν σειρές κυμάτων προκαλούνται στον ίδιο χώρο από διαφορετικές διαταραχές θα υπάρξει ανάμειξη. Όταν οι κορυφές δύο κυματικών συστοιχιών συμπίπτουν, τα πλάτη των κυμάτων στην ουσία προστίθενται και το φαινόμενο καλείται εποικοδομητική ανάμειξη.

Όταν οι συστοιχίες κυμάτων είναι εκτός φάσης, οι κορυφές των κυμάτων συμπίπτουν με τις κοιλίες, τα πλάτη των κυμάτων αλληλοεξουδετερώνονται, και το φαινόμενο καλείται καταστροφική ανάμειξη. Όταν οι κορυφές με τις κοιλίες δεν συμπίπτουν, έχουμε το φαινόμενο της μεικτής ανάμειξης. Στα αβαθή κύματα, το μήκος κύματος δεν παίζει τόσο σημαντικό ρόλο και η ταχύτητα του κύματος προσεγγίζει την ταχύτητα της συστοιχίας. Έτσι, όλα τα κύματα διαδίδονται με περίπου την ίδια ταχύτητα, δίχως να υπάρχουν φαινόμενα ανάμειξης.



Σχήμα 1.4: Σχηματική αναπαράσταση συστοιχίας κυμάτων που εκδηλώνονται από συγκεκριμένη πηγή, αλλά εκφράζονται από διαφορετικούς ρυθμούς μετάδοσης.

Πηγή:<http://maritime.haifa.ac.il/>

Οι δυο βασικές δυνάμεις που διέπουν την εκδήλωση και τα στοιχεία των κυμάτων είναι η δύναμη της βαρυτικής έλξης και η επιφανειακή τάση. Όταν το βάθος του νερού είναι μικρότερο από το $1/2$ του μήκους κύματος, η κίνηση του κύματος επηρεάζεται από τον βυθό, ο οποίος διακόπτει την κυκλική κίνηση των μορίων του νερού. Η αλληλεπίδραση του κύματος με τον βυθό οδηγεί σε

μείωση της ταχύτητας του πρώτου κύματος μιας συστοιχίας, με τα υπόλοιπα κύματα της συστοιχίας να διατηρούν την ταχύτητά τους. Γι' αυτό τον λόγο, ενώ η περίοδος παραμένει αμετάβλητη, το μήκος κύματος ελαττώνεται ενώ ταυτόχρονα το ύψος του μήκους κύματος αυξάνεται(<http://maritime.haifa.ac.il>). Όταν οι κυματισμοί εισέρχονται στα αβαθή νερά , δηλαδή σε βάθος νερού ίσα ή μικρότερα του μισού του κύματος, τότε οι παράμετροι που χαρακτηρίζουν τους κυματισμούς αρχίζουν να μεταβάλλονται. Η ταχύτητα του κυματισμού και το μήκος κύματος ελαττώνονται προοδευτικά, η περίοδος παραμένει σταθερή, ενώ το ύψος αυξάνεται. Όταν κάποιος κυματισμός εισέρχεται στα αβαθή κύματα υπό γωνία σε σχέση με τις ισοβαθείς, τότε μέρη της κορυφής του κυματισμού βρίσκονται σε πιο ρηχά κύματα και επομένως επιβραδύνονται σε σχέση με τα μέρη της κορυφής που βρίσκονται στα βαθύτερα, με αποτέλεσμα η κορυφή του κύματος να αρχίσει να κάμπτεται. Η κάμψη της κορυφής του κυματισμού λέγεται διάθλαση κυματισμού (Wave refraction). (Stefatos et al, 2007)

1.1.ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΙΚΑ ΤΣΟΥΝΑΜΙ

Προτού 50 εκ. έτη στο Μεξικό προκλήθηκε ένα τεράστιο, φονικό τσουνάμι από πτώση μετεωρίτη, στο σημείο το οποίο βρίσκεται ο κόλπος του Μεξικού. Από την πτώση του μετεωρίτη προκλήθηκε τσουνάμι το οποίο προχώρησε στη ξηρά 100 km και πιστεύεται ότι η σκόνη άλλαξε το κλίμα της γης (Παπαζάχος, 2004)

Σχετικά με την Χώρα μας , τσουνάμι συμβαίνουν κάθε 80 - 100 έτη . Πολύ γνωστό είναι το φαινόμενο τσουνάμι της Σαντορίνη γύρω στο 1490 π.Χ. το

οποίο θεωρήθηκε ο λόγος της πανωλεθρίας του μινωικού πολιτισμού. Το φαινόμενο τσουνάμι αυτό οφείλονταν στην έκρηξη του ηφαιστείου της Σαντορίνης και είχε ύψος 120 μέτρα, το οποίο έφτασε στη Κρήτη. Ένα από τα πιο πρόσφατα τσουνάμι είναι αυτό το οποίο έπληξε το Αιγαίο, και προκλήθηκε από το σεισμό των 7,6 βαθμών στην κλίμακα Ρίχτερ, της Σαντορίνης την 9^η Ιουλίου 1956.

Ένα φαινόμενο τσουνάμι το οποίο πραγματοποιήθηκε στη Συρία κατά το 2000 π. Χ αποτελεί το αρχικό καταγεγραμμένο ιστορικά τσουνάμι.

Πάνω από 500 νεκροί και ο αφανισμός από το χάρτη ενός ολόκληρου κυπριακού χωριού, του Κουρίου, ήταν ο τραγικός απολογισμός ενός τεράστιου σεισμού το οποίο σημειώθηκε στις 21 Ιουλίου του 365 μ.Χ. ως την Αλεξάνδρεια της Αιγύπτου. Τα πρώτα στοιχεία ότι πιθανόν το Κούριο να ζημιώθηκε από σεισμό ήλθαν στην επιφάνεια το 1934 και έπειτα από επιστημονική επεξεργασία σημειώθηκαν οι τελευταίες δραματικές στιγμές των κατοίκων του Κουρίου (Παπαζάχος, 2004)

Τον Αύγουστο του 1883, σημειώθηκε ένα από τα πιο μεγάλα τσουνάμι, το οποίο ταξίδεψε τουλάχιστον τη μισή περιφέρεια της γης μετά την κατάρρευση του ηφαιστείου Κρακατόα, στην Ινδονησία. Τα κύματα είχαν φτάσει σε ύψος μέχρι 35 μ (Παπαζάχος, 2004)

Τα υλικά που εκτοξεύτηκαν από το ηφαίστειο Αίτνα της Σικελίας προκάλεσαν ένα τεράστιο τσουνάμι, και χτύπησε τις όχθες τριών ηπείρων μέσα σε μερικές ώρες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΤΡΟΠΟΣ ΔΙΑΔΟΣΗΣ ΤΩΝ ΤΣΟΥΝΑΜΙ

Η λέξη “τσουνάμι ” είναι Ιαπωνικής προέλευσης και αποτελείται από τις Ιαπωνικές λέξεις “Tsu” που σημαίνει λιμάνι και “namí” που σημαίνει κύμα. Τα τσουνάμι εκφράζονται ως ένα σύνολο μεγάλης κλίμακας διαταραχών στην επιφάνεια του νερού που παραμένει ενεργό για μικρό χρονικό διάστημα και διαδίδονται με μεγάλη ταχύτητα από μια συγκεκριμένη πηγή στον ωκεανό με κατεύθυνση προς την ακτή. Είναι τρέχοντα κύματα μεγάλου μήκους κύματος και μεγάλης περιόδου σε βίαια εκτόπιση υδάτινης μάζας. Κατά την εκδήλωση ενός τέτοιου κύματος, η βύθιση και η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης στους ωκεανούς μπορεί να φτάσει έως τα 10 μέτρα. Παράλληλα, το οριζόντιο μέγεθος (μήκος) της θαλάσσιας διαταραχής που αποκαλείται από ένα κύμα τσουνάμι μπορεί να αγγίζει τα 100 μ, ενώ το κύμα όπως προαναφέρθηκε διαδίδεται από την πηγή με τη μορφή συστοιχίας επιμέρους κυμάτων. Ένα τέτοιο κύμα μπορεί να διανύσει τον Ειρηνικό ωκεανό, σε 10-12 ώρες, ενώ είναι ικανό να μεταφέρει υδάτινη μάζα ύψους 10 μ, με ταχύτητα διάδοσης πάνω από 70 km ανά ώρα, σε μια οποιαδήποτε ακτή. Η ταχύτητα του τσουνάμι ελαχιστοποιείται κοντά στην ακτογραμμή γεγονός που οφείλεται κυρίως σε δυο λόγους: στο μικρό βάθος των νερών κοντά στις ακτές , και στην τραχύτητα που χαρακτηρίζει τον βυθό του πελάγους (Levin, 2007).



Εικόνα 2.1: Δορυφορικές φωτογραφίες από εκδήλωση κύματος τσουνάμι στον Ινδικό ωκεανό

Πηγή:http://www.biocrawler.com/encyclopedia/2004_Indian_Ocean_earthquake



Εικόνα 2.2: Δορυφορικές φωτογραφίες από εκδήλωση κύματος τσουνάμι στον Ινδικό ωκεανό

Πηγή:http://www.biocrawler.com/encyclopedia/2004_Indian_Ocean_earthquake

Αν και πολλές φορές τα τσουνάμι αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως παλιρροϊκά κύματα, κάτι τέτοιο δεν είναι απόλυτα σωστό. Το μεγαλύτερο μέγεθος των ζημιών προκαλείται από την μεγάλη μάζα νερού που μεταφέρει το αρχικό κύμα, καθώς το ύψος του θαλάσσιου κύματος ανεβαίνει με μεγάλη ταχύτητα και πλημμυρίζει δυναμικά μια παράκτια περιοχή. Το καθαρό βάρος του νερού είναι αρκετό για να καταστρέψει ολοκληρωτικά ό,τι αντικείμενο βρεθεί στην πορεία του. Τα τσουνάμι σε σχέση με τα άλλα είδη κυμάτων που προαναφερθήκαν, δρουν τελείως διαφορετικά, μετακινώντας όλο το βάθος του ωκεανού στο πέρασμά τους και όχι μόνο την υδάτινη επιφάνεια.

Μεταφέροντας τεράστια ποσά ενέργειας, διαδίδονται με μεγάλες ταχύτητες και έχουν την ικανότητα να διανύουν μεγάλες υπερωκεάνιες αποστάσεις, χάνοντας μόνο μικρό ποσό της ενέργειάς τους. Αν και η συνολική διαρροή ενέργειας είναι μικρή, κατά την εξάπλωση του τσουνάμι η συνολική ενέργεια κατανέμεται σε όλο και μεγαλύτερη περιοχή καθώς το κύμα εξαπλώνεται, με αποτέλεσμα όσο μεγαλώνει η διαφορά από την πηγή, τόσο μικραίνει και η ενέργεια που μεταφέρει το κύμα Ένα απλό τσουνάμι μπορεί να αποτελείται από 3 έως 4 κύματα διαφορετικού ύψους. Σε ανοικτές θαλάσσιες περιοχές τα τσουνάμι εκφράζονται από πολύ μεγάλες περιόδους και μεγάλα μήκη κύματος που μπορεί να φτάσουν σε μερικές εκατοντάδες χιλιόμετρα, σε αντίθεση με τα τυπικά κύματα που οφείλουν την ύπαρξή τους στους ανέμους. Μπορεί να έχουν περίοδο 10 δευτερολέπτων και μέγιστο μήκος κύματος έως 150 μέτρα. Το πραγματικό ύψος ενός τσουνάμι σε ανοικτή θαλάσσια περιοχή είναι συχνά μικρότερο του ενός μέτρου. Το κύμα ταξιδεύει στον ωκεανό με ταχύτητες που μπορούν να κυμαίνονται από 500 έως 1000 km ανά ώρα. Καθώς το κύμα προσεγγίζει την ακτογραμμή και το βάθος του πελάγους ολοένα ελαχιστοποιείται, η ταχύτητα του κύματος σταδιακά ελαττώνεται.

Το μέτωπο του κύματος γίνεται ολοένα πιο απότομο και αυξάνεται το ύψος, με αποτέλεσμα η διαφορά μεταξύ των δυο κορυφών σημείων του κύματος σταδιακά να μικραίνει. Ένα τέτοιου είδους κύμα (τσουνάμι) συμπεριφέρεται ως κύμα ρηχών νερών, όποτε η αναλογία ανάμεσα στο μήκος του κύματος και το βάθος του νερού ελαχιστοποιείται. Τα τσουνάμι ως κύματα ρηχών νερών, όπως προαναφέρθηκε κινούνται στον ανοικτό ωκεανό με ταχύτητα που προσδιορίζεται από τη σχέση $C = \sqrt{gd}$. Κατά την διάδοση των τσουνάμι σε μεγάλες αποστάσεις οι ενεργειακές απώλειες δεν είναι σημαντικές, ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι τα τσουνάμι δεν εκφράζονται πάντα από το στοιχείο της συμμετρικότητας.

Η πρώτη κλίμακα μέτρησης της ισχύος ενός τσουνάμι, σε αντιστοιχία με την κλίμακα μέτρησης της ισχύος ενός σεισμού, παρουσιάστηκε από τον Sieberg (1927), αποτελείτο από 6 βαθμίδες και βασίστηκε στις μακροσκοπικές επιπτώσεις των τσουνάμι και στις καταστροφές που προκαλούνταν από την εκδήλωσή τους.

Σχετικά με την μέτρηση της έντασης των τσουνάμι διαμορφώθηκε νεότερη κλίμακα μέτρησης της έντασης από τους Imamura (1942, 1949), Iida (1956, 1970) και Iida et al (1967), στα πλαίσια της οποίας το μέγεθος ενός τσουνάμι προσδιορίζεται από τη σχέση :

$$m = \log_2 H_{\max}$$

όπου $H_{\max}$ είναι το μέγιστο ύψος τσουνάμι που παρατηρείται σε οποιαδήποτε παράκτια περιοχή ή μετράται σε σταθμούς μέτρησης. Η κλίμακα μέτρησης των Imamura και Iida, είναι στην ουσία μια κλίμακα μέτρησης έξι βαθμίδων που ξεκινάει από το -1 και καταλήγει στο +4. Το 1970 ο Soloviev πρότεινε την εξής σχέση για τον υπολογισμό της έντασης των τσουνάμι :

$$i = \log_2 \sqrt{H^2}$$

όπου i η ένταση του τσουνάμι και H είναι το μέσο ύψος ενός τσουνάμι . Αντίστοιχη σχέση που αφορά τον υπολογισμό της έντασης των τσουνάμι προτάθηκε από τους Abe (1979, 1981, 1985, 1989) και Hatori (1986) όπου η ένταση της ισχύος ενός τσουνάμι δίνεται από τη σχέση :

$$M_t = a \log H + b \log \Delta + D$$

όπου το H είναι το μέγιστο ύψος των τσουνάμι που μετριέται από τους σταθμούς μέτρησης, Δ είναι η διαφορά σε χιλιόμετρα από το επίκεντρο του τσουνάμι έως τους σταθμούς μέτρησης του επιπέδου της στάθμης του πελάγους κατά μήκος του ωκεανού και a , b και D είναι σταθερές. Μια διαφορετική προσέγγιση του υπολογισμού της έντασης των τσουνάμι παρουσιάστηκε από τους Murty και Loomis (1980), βάσει της οποίας :

$$ML = 2 (\log E - 19)$$

όπου E είναι η δυναμική ενέργεια του τσουνάμι .

Μια ακόμα διαφορετική προσέγγιση του θέματος εισηγήθηκε ο Shuto (1993) βάσει της οποίας :

$$i = \log_2 H$$

όπου H είναι το ύψος κύματος του τοπικού τσουνάμι . Η σχέση αυτή που εισηγήθηκε ο Shuto (1993) στην ουσία θέτει την περιγραφή των επιπτώσεων ενός τσουνάμι σε μια κλίμακα έξι βαθμίδων που επεκτείνεται από το 0 έως το 5 ανάλογα με την τιμή του ύψους H .

Πρόσφατα, μια καινούρια κλίμακα μέτρησης της έντασης των τσουνάμι , εισηγήθηκαν οι Papadopoulos και Imamura (2001), που βασίστηκε στις εξής βασικές αρχές :

α) ανεξαρτησία της σχέσης από οποιαδήποτε φυσική παράμετρο όπως το ύψος του κύματος,

β) ευαισθησία της σχέσης που επιτυγχάνεται μέσω της ενσωμάτωσης ενός επαρκούς αριθμού βαθμίδων στην κλίμακα μέτρησης, με σκοπό την καλύτερη δυνατή περιγραφή ακόμα και των μικροδιαφορών σχετικά με τις επιπτώσεις των τσουνάμι και

γ) μια λεπτομερής περιγραφή κάθε βαθμού μέτρησης της έντασης λαμβάνοντας υπ' όψιν όλες τις επιπτώσεις των τσουνάμι . Τελικά, οι Papadopoulos και Imamura (2001) πρότειναν μια κλίμακα μέτρησης της έντασης των τσουνάμι αποτελούμενη από 12 βαθμίδες (Supratid - Shuto, 2004).

Όπως προαναφέρθηκε η ταχύτητα διάδοσης ενός τσουνάμι εξαρτάται άμεσα από το βάθος του ωκεάνιου πυθμένα. Η έως τώρα έρευνα και εμπειρία έχει δείξει ότι τα τσουνάμι που εισέρχονται σε ανοικτούς κόλπους με αντίστοιχα μεγάλη είσοδο, εκφράζονται από μεγάλα ύψη κύματος, ενώ αντίθετα ελαχιστοποιείται το ύψος τους όποτε εισβάλλουν σε θαλάσσιους κόλπους που έχουν στενές εισόδους και των οποίων η επιφάνεια αυξάνεται σταδιακά από την είσοδο του κόλπου έως τη κορυφή. Σε πολλές περιπτώσεις αξιοσημείωτος είναι ο προστατευτικός ρόλος των κοραλλιογενών σχηματισμών. Οι ακτές που περιβάλλονται από τέτοιους σχηματισμούς πλήττονται λιγότερο από ένα ενδεχόμενο χτύπημα τσουνάμι, λόγω της σημαντικής απώλειας ενέργειας που οφείλεται ακριβώς στην ύπαρξη αυτών των σχηματισμών που είναι φυσικά εμπόδια και αναχαιτίζουν τα κύματα τσουνάμι (<http://www.ngdc.noaa.gov/hazard/tsu.shtml>)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΤΣΟΥΝΑΜΙ

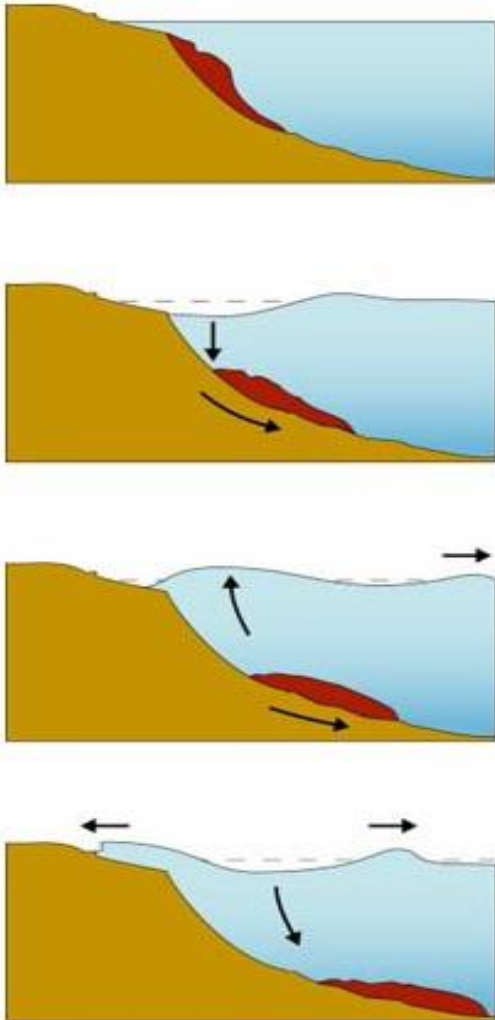
3.1. ΤΑ ΚΥΡΙΟΤΕΡΑ ΑΙΤΙΑ ΓΕΝΕΣΗΣ ΤΩΝ ΤΣΟΥΝΑΜΙ

Τα κυριότερα αίτια των τσουνάμι εντοπίζονται στους παρακάτω παράγοντες:

- Κατακόρυφες μετατοπίσεις του θαλάσσιου ύδατος που προξενούνται από υποθαλάσσιους σεισμούς, οι οποίοι με τη σειρά τους προξενούνται από την απότομη μετακίνηση κατά μήκος ενός υποθαλάσσιου ρήγματος.
- Τα τσουνάμι προξενούνται συνήθως και από σεισμούς μεγέθους πιο μεγάλου των 6.5 βαθμών της κλίμακας Richter και εστιακού βάθους μικρότερου και από 50 km. τσουνάμι, δεν προξενούν όλοι οι υποθαλάσσιοι σεισμοί. Η δημιουργία τους εξαρτάται και από τη φύση και το μέγεθος της μετακίνησης του ύδατος πάνω από το σεισμικό επίκεντρο.
- μετατοπίσεις της στήλης του ύδατος ως απόρροια των δονήσεων του σεισμού. Υπάρχει πιθανότητα να δημιουργηθεί τσουνάμι ακόμα και από σεισμούς που συμβαίνουν στην ξηρά, αν αυτοί συμβούν κοντά σε παραθαλάσσιες όχθες.
- Μετακίνηση του θαλάσσιου ύδατος με σχετική βιαιότητα που μπορεί να προκληθεί από ηφαιστειακές εκρήξεις.
- τσουνάμι είναι δυνατόν να προκληθούν από μεγάλης έκτασης υποθαλάσσιες κατολισθήσεις (Levin, 2007).
- Ανάλογα φαινόμενα εμφανίζονται συχνά σε αποθέσεις προδέλτα ποταμών όπου συσσωρεύεται μεγάλος όγκος ασταθών στρωμάτων χαλαρών υλικών. Ακόμη και πολύ ασθενείς σεισμικές δονήσεις είναι πιθανό να οδηγήσουν στην αποσταθεροποίηση των χαλαρών αυτών υλικών προκαλώντας εκτεταμένες υποθαλάσσιες κατολισθήσεις.

- Ανατάραξη του θαλάσσιου νερού από την πρόσκρουση ενός μεγάλων διαστάσεων, εξωγήινης έλευσης, αντικειμένου όπως για παράδειγμα αστεροειδούς. Το αίτιο αυτό θεωρείται σπάνιο.

Στην περίπτωση της μετατόπισης του θαλάσσιου πυθμένα, για κάποιον από τους λόγους που προαναφέρθηκαν, η στάθμη της θάλασσας ακριβώς πάνω από περιοχή της υποχώρησης του πυθμένα πέφτει καθώς νερό τείνει να πληρώσει τον κενό χώρο που δημιουργήθηκε από τη μετατόπιση (Καρυμπάλης, 2010)



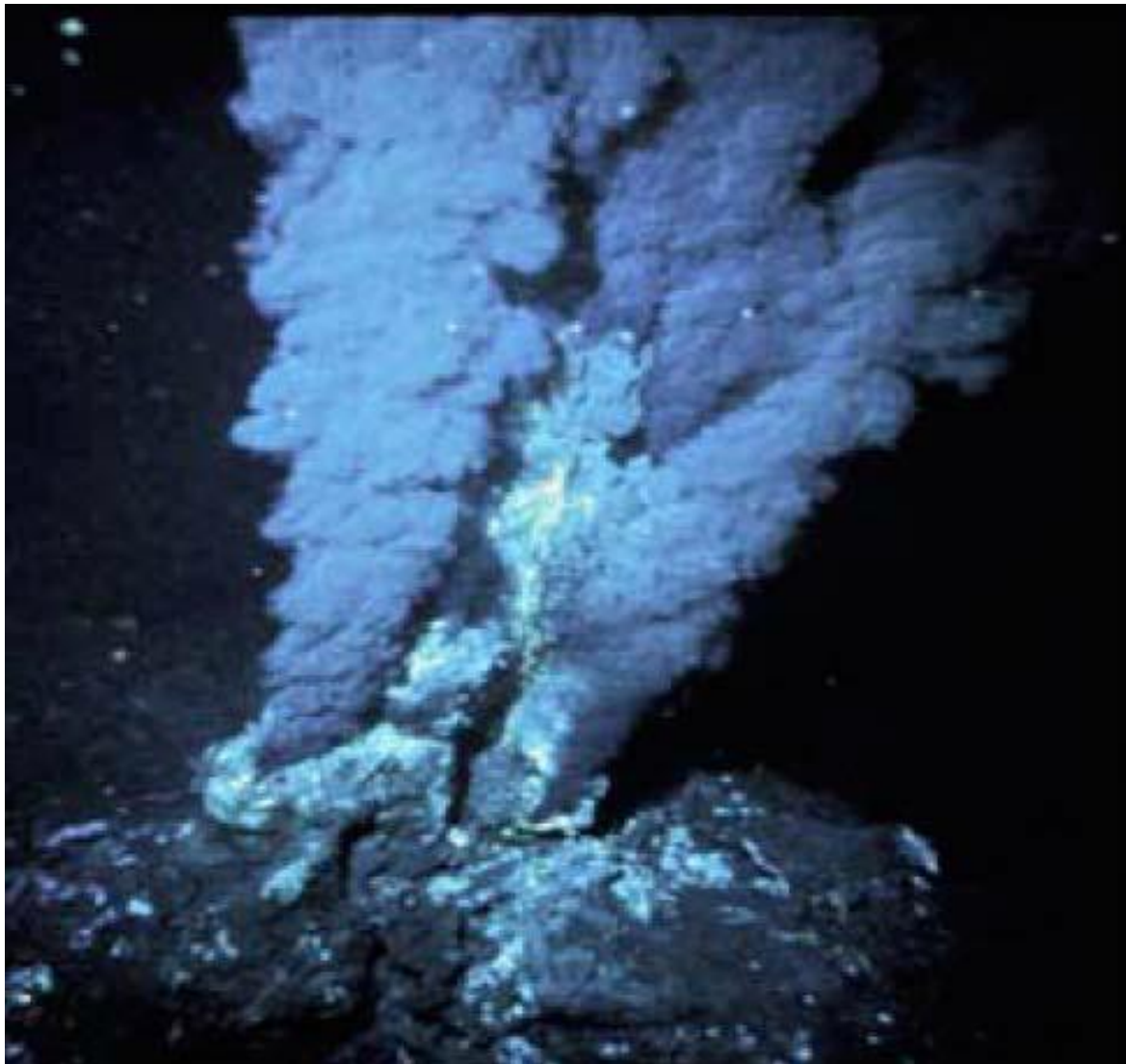
Εικόνα 3.1: Εκδήλωση τσουνάμι που οφείλεται σε υποθαλάσσια κατολίσθηση.

Πηγή: <http://www.soest.hawaii.edu/τσουνάμι/tsugen.htm>



Εικόνα 3.2: Υποθαλάσσια φρεατομαγματική έκρηξη

Πηγή: Lindsay et al, 2001



Εικόνα 3.3: Απελευθέρωση αερίων από υποθαλάσσια ηφαίστεια και ρήγματα του πυθμένα.

Πηγή: Lindsay et al, 2001

3.2.1: ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΗΦΑΙΣΤΕΙΟΓΕΝΟΥΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ

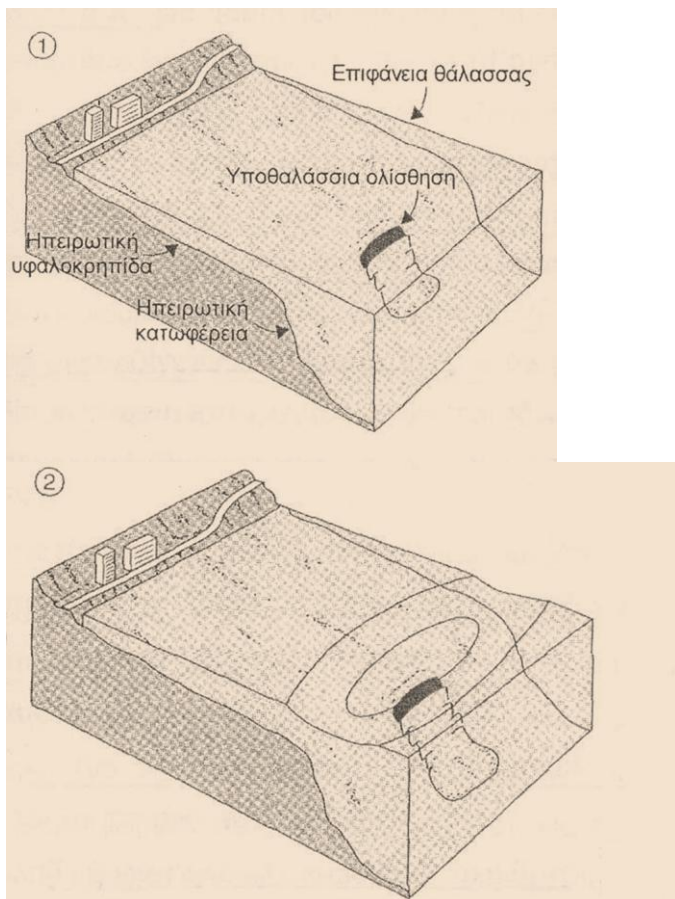
Σπουδαίες είναι οι περιπτώσεις δημιουργίας κυμάτων τσουνάμι από ηφαιστειογενείς εκρήξεις που λαμβάνουν χώρα είτε στην επιφάνεια της γης είτε είναι υποθαλάσσιες και εντοπίζονται στον ωκεάνιο πυθμένα. Οι ηφαιστειογενείς εκρήξεις μπορούν να δημιουργήσουν μεγάλες αναταράξεις στην επιφάνεια των θαλασσών και να οδηγήσουν στη δημιουργία κύματος τσουνάμι . Κατά την πραγματοποίηση μιας υποθαλάσσιας ηφαιστειακής έκρηξης απελευθερώνονται υποθαλάσσια αέρια τα οποία αποτελούνται από καπνό ηφαιστειακής προέλευσης υψηλής θερμοκρασίας, και ατμό υπό υψηλή πίεση. Τα αέρια αυτά απελευθερώνονται και διανύουν την υδάτινη στήλη έως ότου καταλήξουν στην επιφάνεια και να προκαλέσουν τοπικά ανύψωση της στάθμης του ύδατος . Η ενέργεια που υπάρχει συγκεντρωμένη στα αέρια μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του ύδατος που συμβάλλει στην δημιουργία κύματος τσουνάμι (Levin, 2007).

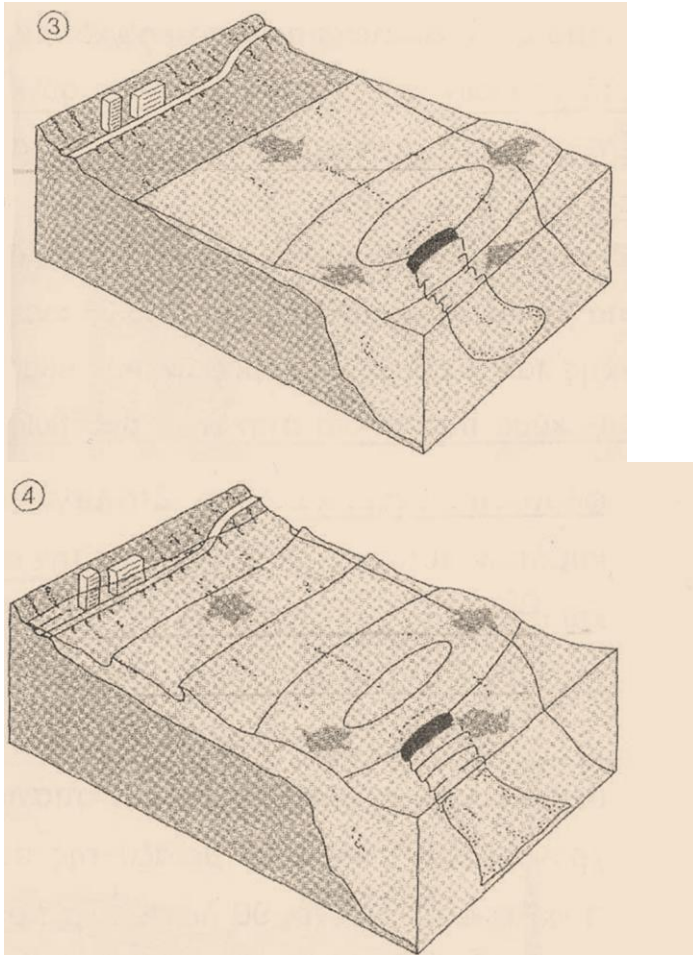
Ο μηχανισμός δημιουργίας τσουνάμι εξαιτίας υποθαλάσσιας έκρηξης ηφαιστείου, εντοπίζεται στη εξαιτίας έκρηξης υποθαλάσσια μετακίνηση μεγάλης μάζας ύδατος , που μεταφέρεται έως την επιφάνεια του ωκεανού και συμβάλλει δραστικά στην δημιουργία του κύματος. Σύμφωνα με αυτό τον μηχανισμό, το τσουνάμι σε αυτήν την περίπτωση οφείλεται στην εκτόπιση μεγάλης υδάτινης μάζας που προκαλείται από υποθαλάσσια έκρηξη ηφαιστείου, υποθαλάσσια κατακρήμνιση τμήματος ηφαιστείου, αλλά ακόμα πιο πιθανό ενδεχόμενο, είναι η φρεατομαγματική έκρηξη και η υποθαλάσσια κατάρρευση μαγματικών ηφαιστειακών τμημάτων (Intergovernmental Oceanographic Commission, 2001).

Στα μεγάλα βάθη τα υποθαλάσσια ηφαίστεια παράγουν τεράστιες ποσότητες ηφαιστειακής λάβας που εναποτίθεται στον ωκεάνιο πυθμένα. Όποτε αυξηθεί το μέγεθος των υποθαλάσσιων ηφαιστείων και προσεγγίσουν τις ζώνες των ρηχών νερών το μάγμα που παράγεται κοντά στην επιφάνεια των θαλασσών μετατρέπει τις υδάτινες μάζες σε ατμό, ενώ ποσότητες αερίων απελευθερώνονται από το ίδιο το μάγμα. Ο ατμός και τα αέρια που παράγονται προξενούν συνθήκες που οδηγούν σε έκρηξη του μάγματος. Η έκρηξη γίνεται αντιληπτή στην επιφάνεια του ωκεανού, απελευθερώνει μεγάλες ποσότητες στάχτης, τμημάτων του μάγματος και ατμού και μπορεί να δημιουργήσει κύμα τσουνάμι .

3.2.2: ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΠΟΥ ΟΦΕΙΛΟΝΤΑΙ ΣΕ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΙΣ

Όταν ο υποθαλάσσιος πυθμένας των θαλασσών παίρνει κλίση ή μετατοπίζεται ή ανυψώνεται ή κατακρημνίζεται κατά τη διάρκεια ενός σεισμού, ο φλοιός της Γης αλλάζει στην περιοχή του κέντρου του σεισμού. Κάτι τέτοιο συμβαίνει γιατί πάνω από την περιοχή της υποχώρησης του πυθμένα πέφτει καθώς το νερό τείνει να πληρώσει τον κενό χώρο που δημιουργήθηκε από την μετακίνηση (σχήμα). Έπειτα αρχίζουν να κινούνται ως κυκλικά κύματα, ακτινικά προς κάθε κατεύθυνση με ταχύτητα που ξεπερνά κι αυτή του ήχου, ακόμα και 800 km/h. Τα κύματα αυτά διαδίδονται στο επιφανειακό μέρος του πελάγους με ταχύτητα 200m/sec.





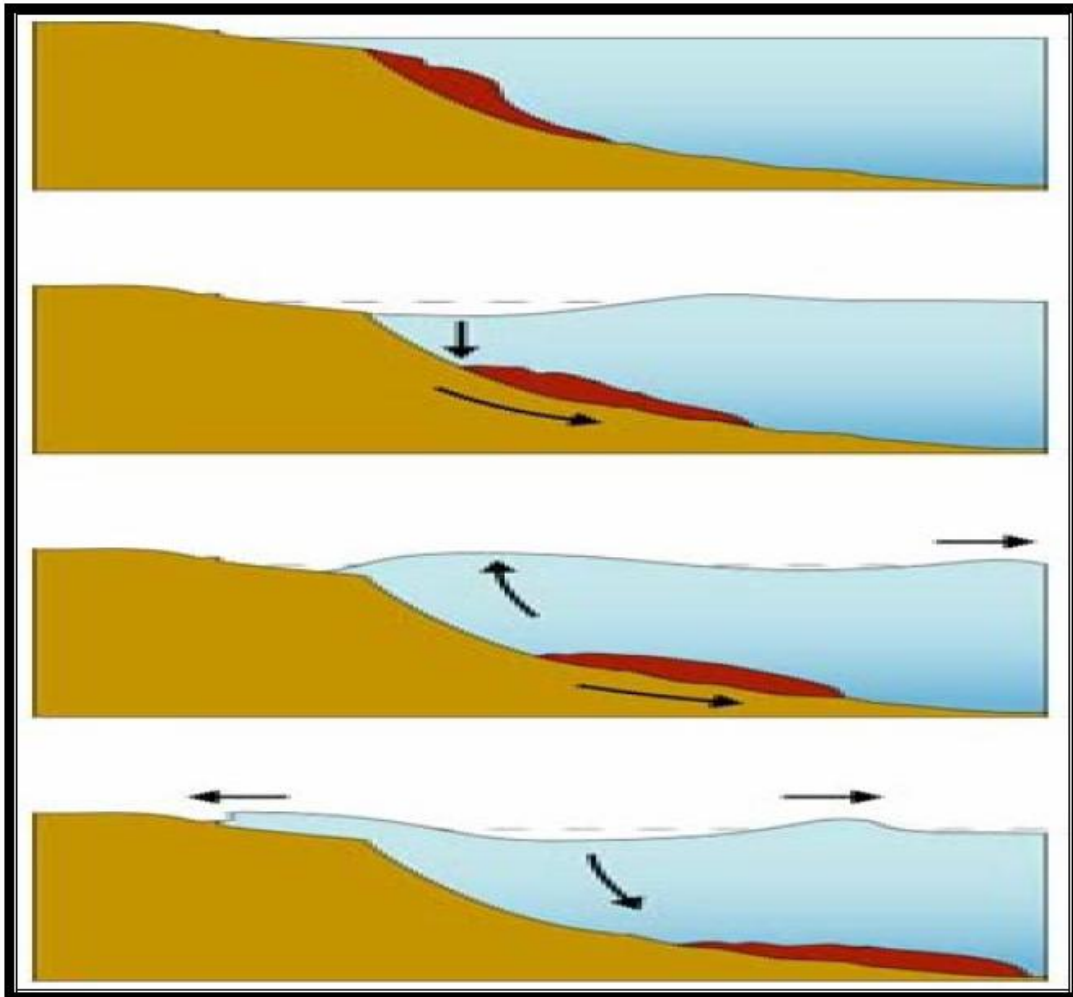
Εικόνα 3.4: Στάδια δημιουργίας ενός τσουνάμι

Πηγή: Smith & Dawson, 2000

Τα στάδια γένεσης ενός τσουνάμι προξενείται και από την υποθαλάσσια ολίσθηση υλικών. Αρχικά (1) προκαλείται η υποθαλάσσια ολίσθηση. Μετά (2) προκαλείται η υποχώρησης της επιφάνειας του πελάγους πάνω και από το σημείο που συνέβη η ολίσθηση. Σε ένα τρίτο στάδιο (3) μεγάλες ποσότητες ύδατος ορμούν για να αντισταθμίσουν την πτώση της επιφάνειας της θάλασσας .

Σε αυτή την φάση είναι πιθανό στην παράκτια περιοχή να υποχωρήσει η θάλασσα και να αποκαλυφθεί τμήμα του πυθμένα. Σε τελικό στάδιο (4), η μεγάλη ορμή με την οποία το νερό τείνει να αποκαταστήσει τη θαλάσσια στάθμη προκαλεί την ανύψωση του επιπέδου του πελάγους προς όλες τις κατευθύνσεις ως κύμα (Smith & Dawson, 2000).

Τις πιο πολλές φορές, ένα φαινόμενο τσουνάμι μπορεί να διαθέτει μήκος κύματος 100 έως 200 km (η απόσταση δύο διαδοχικών κορυφών σημείων του), ενώ το ύψος του κύματος που προχωράει στον ωκεανό μόλις μισό μέτρο, φαίνεται δηλαδή στην αρχή ως ένα αθώο κύμα. Βέβαια, γιγαντώνεται πολύ γρήγορα. Η ενέργεια των κυμάτων αυτών είναι συνήθως ίση με το 1/10 της ενέργειας του σεισμού που τα προκάλεσε. Όταν λοιπόν το κύμα φθάνει στην ακτή, το ύψος του μπορεί να φτάσει και τα 40 μ. πάνω και από την κανονική στάθμη του πελάγους. Στην ανοικτή θάλασσα (Παπαζάχος Β, 2003) δεν είναι επικίνδυνα αλλά όταν προσβάλλουν τις παραθαλάσσιες όχθες προκαλούν μεγάλες ζημιές, κυρίως όποτε διαδίδονται σε στενούς κόλπους. Τα μεγαλύτερα από τα κύματα αυτά παράγονται στις μεγάλες θαλάσσιες τάφρους του Ειρηνικού Ωκεανού (περιοχές σύγκλισης λιθοσφαιρικών πλακών). Κατά μέσο όρο, ένα μεγάλο τσουνάμι εκδηλώνεται μια φορά το χρόνο, κάπου στον κόσμο, και μολονότι τσουνάμι μπορούν να παρατηρηθούν σε οποιαδήποτε θάλασσα ή ωκεανό, είναι κυρίως συχνά στον Ειρηνικό, στην Μεσόγειο, στον Ατλαντικό και στην Καραϊβική. Τα τσουνάμι, επίσης, έχουν εμφανιστεί σε μεγάλες κλειστές θάλασσες, θάλασσες «νησιά», όπως είναι η Μαύρη Θάλασσα και η Κασπία στην κεντρική Ασία.



Εικόνα 3.5: Εκδήλωση τσουνάμι που οφείλεται σε υποθαλάσσια κατολίσθηση

Πηγή: <http://www.soeast.hawaii.edu/τσουνάμι/tsugen.htm>

3.2.3: Τσουνάμι που οφείλονται σε ατμοσφαιρικές διαταραχές

Συχνά τα τσουνάμι προέρχονται από ατμοσφαιρικές διαταραχές. Τα κύματα αυτά είναι ευρέως γνωστά ως “*Meteotsounamis*” και η ταλάντωση που

προξενείται στη στάθμη των θαλασσών οφείλεται σε μετεωρολογικής φύσης διαταραχές. Αυτού του είδους τα τσουνάμι δημιουργούνται και από μεγάλες ατμοσφαιρικές αναταράξεις με τη μορφή κυκλώνων, τυφώνων και θυελλών. Η δημιουργία αυτών των κυμάτων (Meteotsounamis) οφείλεται από τη μία στις συνθήκες συντονισμού των κυμάτων και από την άλλη στη σύμπτωση της ταχύτητας με την οποία εξελίσσεται η ατμοσφαιρική διαταραχή με την ταχύτητα διάδοσης του θαλάσσιου βαρυτικού κύματος. Από την έρευνα και τις επιστημονικές παρατηρήσεις βρέθηκε ότι οι ατμοσφαιρικές διαταραχές που εξελίσσονται με ταχύτητα 70-140 km ανά ώρα, μπορούν να προκαλέσουν meteotsounamis ύψους κύματος πιο μεγάλου του 1 m και περιόδου 30-60 λεπτών (Levin, 2007).

3.3: ΚΥΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΤΣΟΥΝΑΜΙ

Ενώ ένα φαινόμενο τσουνάμι (www.physics4u.gr) ξεκινά να διαδίδεται στον ωκεανό διαθέτει τεράστιο μήκος κύματος που φτάνει τα εκατοντάδες χιλιόμετρα. Διαθέτουν πολύ μικρό ύψος, το οποίο φτάνει μόλις το 1 μέτρο και το διάστημα του είναι πολύ μεγάλη, σχεδόν 1 ώρα. Τα τσουνάμι μπορούν να θεωρηθούν κύματα ρηχών νερών γιατί ο λόγος του βάθους του ύδατος προς το μήκος του κύματος είναι πολύ μικρό ($3/2 \cdot 000000$ και $6/1 \cdot 000000$).

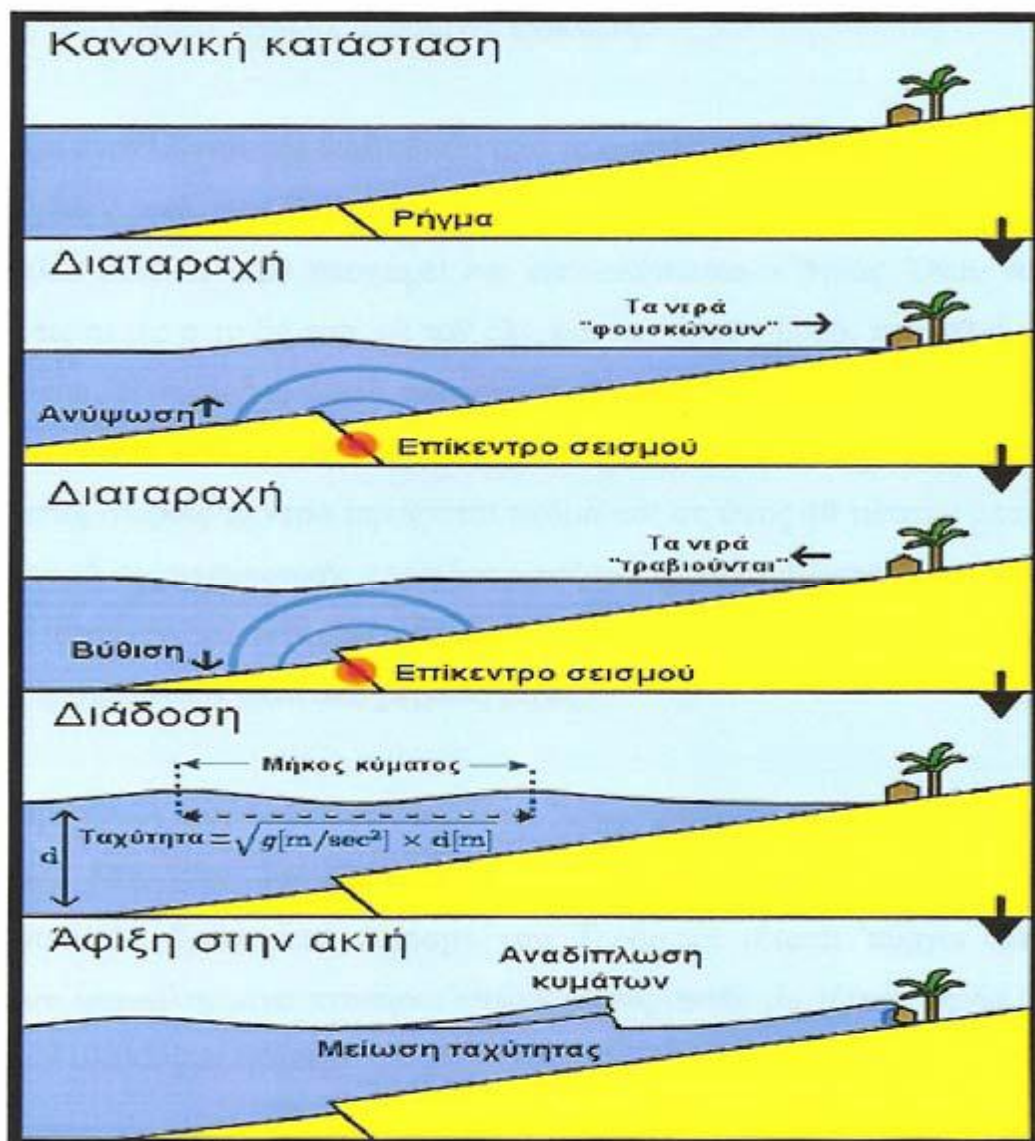
Όποτε το κύμα χτυπήσει την ακτή δημιουργεί διάφορα κύματα με τα βαθύτερα του σημεία να είναι χαμηλότερα και από την κανονική στάθμη θάλασσας. Κάθε ακόλουθο κύμα είναι υψηλότερο και από το προηγούμενο. Το διάστημα μεταξύ των κυμάτων που φτάνουν είναι 10 έως 30 λεπτά. Συνήθως ο χρόνος είναι αρκετός για να διαφύγουν οι άνθρωποι σε υψηλότερα εδάφη, μετά το πρώτο κύμα.

Η ταχύτητα αυτών των γιγαντιαίων κυμάτων είναι τόσο μεγαλύτερη, όσο μεγαλύτερο είναι και το βάθος του πελάγους και υπολογίζεται και από την σχέση $v=(g \cdot h)^{1/2}$ όπου g η ένταση της βαρύτητας και h το βάθος του ύδατος. Γι' κάτι τέτοιο στον ανοικτό ωκεανό τρδιαθέτουν με 1000 χιλιόμετρα ανά ώρα, δηλαδή προσεγγίζει την ταχύτητα του ήχου. Εν τούτοις, όταν το φαινόμενο τσουνάμι πλησιάζει την ακτή ελαττώνεται η ταχύτητά του γιατί ελαχιστοποιείται το βάθος του πελάγους, ενώ παράλληλα αποκτά ολοένα μεγαλύτερο ύψος.

Τα τσουνάμι διαθλώνται και από το ανάγλυφο του παράκτιου βυθού με κύμα που αντιστοιχεί σε μια κοιλία τότε το νερό υποχωρεί και αποκαλύπτεται ο πυθμένας.

Μια τέτοια περίπτωση καταγράφηκε και την 1η Νοεμβρίου του 1755 στη Λισαβόνα. Σημειώθηκαν 10.000 - 60.000 νεκροί.

Όταν το φαινόμενο τσουνάμι πάει προς τις παραθαλάσσιες όχθες η τριβή του, με τον όλο και πιο αβαθή βυθό, προκαλεί μείωση της ταχύτητας του. Το διάστημα βέβαια του κύματος διατηρείται σταθερή επομένως το μήκος κύματος ελαχιστοποιείται, ενώ αυξάνει το πλάτος (ύψος) του κύματος. Γι' κάτι τέτοιο και κοντά στις παράκτιες περιοχές το ύψος του ύδατος φτάνει ακόμα και σε ύψος 40 μ. μέσα σε 10-15 λεπτά.



Εικόνα 3.6: Μηχανισμός δημιουργίας ενός τσουνάμι

Πηγή: File:Tsunami comic book style.png

Τα τσουνάμι διαθέτουν μια απίστευτη ενέργεια εξαιτίας του μεγάλου όγκου του ύδατος που μεταφέρουν. Μπορούν να σκοτώσουν χιλιάδες ανθρώπους στις παραθαλάσσιες όχθες και να καταστρέψουν ότι βρουν στο πέρασμά τους. Η επικινδυνότητα των κυμάτων τσουνάμι εξαρτάται και από το μέγεθος του κύματος, δηλαδή από την ποσότητα ενέργειας που μεταφέρει. Κάτι τέτοιο με τη σειρά του εξαρτάται και από την ενέργεια της πηγής που το προκάλεσε.

Ένα άλλο μέτρο του μεγέθους κύματος, είναι το ύψος του σε συγκεκριμένη παράκτια τοποθεσία. Κάτι τέτοιο εξαρτάται και από την διαφορά και από την σεισμική ή άλλη πηγή, και τη βαθυμετρία και την παράκτια γεωμορφολογία της περιοχής και το αζιμούθιο της περιοχής, δηλαδή τη διεύθυνσή της σε σχέση με την πηγή.

Το καταστροφικό αποτέλεσμα ενός τσουνάμι σε συγκεκριμένη παράκτια τοποθεσία εξαρτάται και από το ύψος του κύματος, την παράκτια γεωμορφολογία που ευνοεί ή εμποδίζει την αναρρίχηση και την προέλαση του κύματος στα ενδότερα. Το τελευταίο στοιχείο αναφέρεται στην ποιότητα των τεχνικών κατασκευών, στην πληθυσμιακή πυκνότητα, στην κατάσταση του οδικού δικτύου και στις άλλες υποδομές. Τα πιο καταστροφικά τσουνάμι είναι αυτά που προξενούν από μεγάλους υποθαλάσσιους σεισμούς. Επειδή οι διαστάσεις της σεισμικής πηγής είναι εξαιρετικά μεγάλες, το ενεργειακό περιεχόμενο τέτοιων τσουνάμι είναι πολύ μεγάλο και γι' κάτι τέτοιο η διάδοσή τους σε μεγάλες αποστάσεις και από τον Ειρηνικό Ωκεανό, είναι κυρίως ευχερής. Τα κύματα αυτά αποκαλούνται transoceanic. Το ίδιο μπορεί να γίνει και με τσουνάμι που προξενούνται από μεγάλες υποθαλάσσιες ηφαιστειακές εκρήξεις, όπως η έκρηξη του ηφαιστείου Κρακατόα μεταξύ Σουμάτρας και Ιάβας το 1883.

Τα τσουνάμι που προξενούνται από κατολισθήσεις δίχως δυνατότητα διάδοσης και από την μια πλευρά του Ωκεανού στην άλλη. Βέβαια στην περιοχή

της κατολίσθησης συχνά αποκτούν μεγάλο ύψος, γίνονται βίαια και τοπικά αποβαίνουν καταστροφικά.

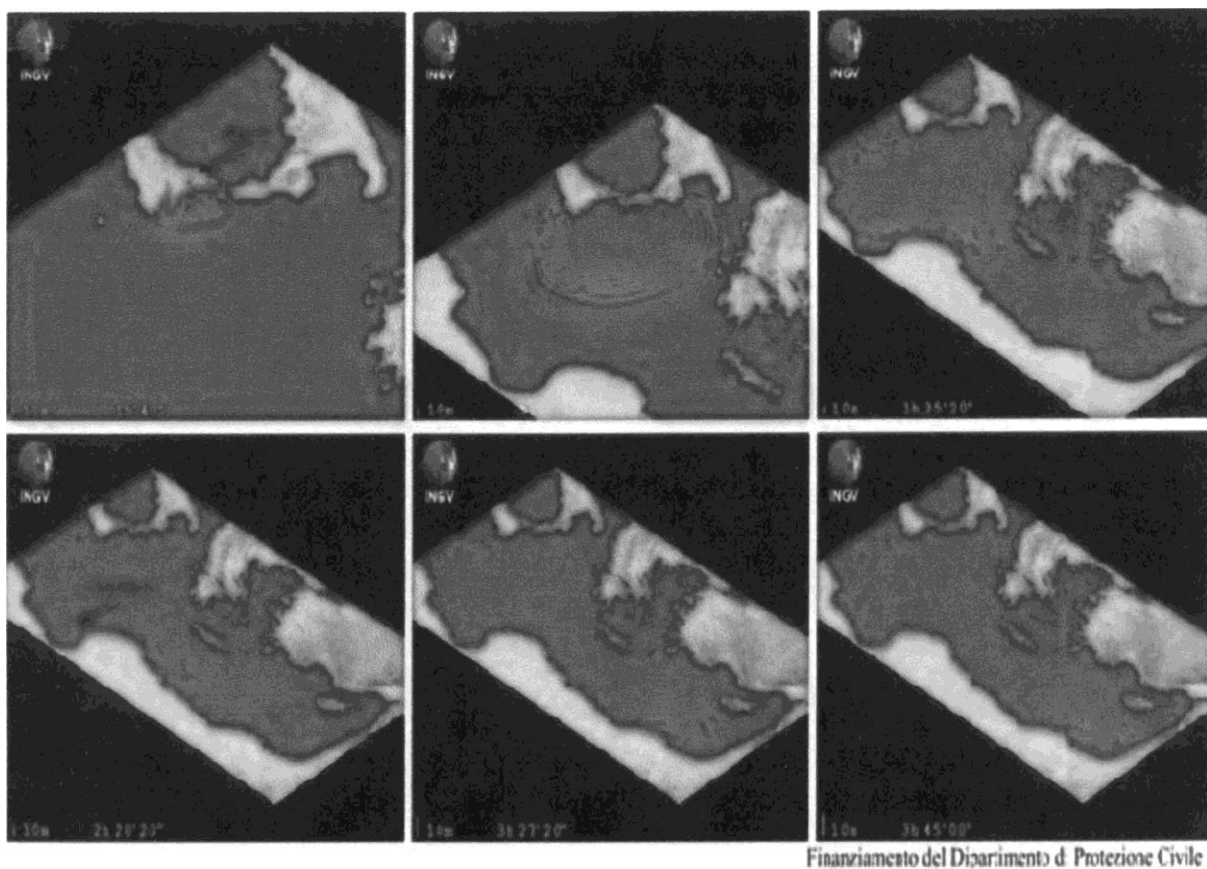
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ

Τον Αύγουστο του 1883, καταγράφηκε ένα από τα μεγαλύτερα και πιο καταστροφικά τσουνάμι, το οποίο ταξίδεψε τουλάχιστον τη μισή περιφέρεια της γης μετά την κατάρρευση του ηφαιστείου Κρακατόα, στην Ινδονησία. Τα κύματα τότε είχαν φτάσει σε ύψος μέχρι 35 μέτρα που προκάλεσαν μεγάλες καταστροφές κατά μήκος της ακτής της Σουμάτρας. Μετά από αυτό το νησί Κροκατόα εξαφανίστηκε.

Οι ερευνητές συνδέουν το αρχαίο τσουνάμι με τη μυστηριώδη ξαφνική εγκατάλειψη του Αλτιτ - Γιάμ, ενός νεολιθικού χωριού το οποίο βρίσκεται κατά μήκος της όχθης του σημερινού Ισραήλ. Όποτε οι αρχαιολόγοι ανακάλυψαν το χωριό γύρω στα 20 έτη πριν, ανακάλυψαν στοιχεία μιας απότομης εκκένωσης, συμπεριλαμβανομένης μιας στοίβας ξεντερισμένων ψαριών τα οποία, όμως, είχαν σαπίσει.

Αναφορικά με την ερευνήτρια Μαρία Παρέτσι, στη περίπτωση που το ίδιο τσουνάμι γίνονταν σήμερα, η νότια Ιταλία θα πλημμύριζε σε ένα τέταρτο και σε μία ώρα τα κύματα θα έφταναν στη Χώρα μας και σε μιάμιση ώρα στη Βενγκάζη στη Β. Αφρική. Σε τρεισήμισι ώρες, τα κύματα θα είχαν διαπεράσει όλη τη Μεσόγειο ώστε να φθάσουν ως τις ακτές του Ισραήλ, του Λιβάνου και της Συρίας.

Εκρήξεις καθώς και εκτοξεύσεις υλικών συμβαίνουν στο ηφαίστειο της Αίτνα ακόμη καθώς και στις μέρες μας, αλλά μέχρι τώρα, τίποτα δεν πλησιάζει το μέγεθος του αρχαίου συμβάντος. «Εάν το Νεολιθικό τσουνάμι της Αίτνα είχε εμφανιστεί στις μέρες μας, ο αντίκτυπος θα ήταν τεράστιος επειδή οι ανατολικές μεσογειακές όχθες είναι πυκνοκατοικημένες ανέφερε η Παρέτσι.



Finanziamento del Dipartimento di Protezione Civile

Εικόνα 4.1: Το γιγαντιαίο τσουνάμι που έφερε ανεπανόρθωτες ζημιές στη Μεσόγειο



Εικόνα 4.2: Εικόνα από το φοβερό τσουνάμι το οποίο έπληξε την Ινδονησία το 2004

Πηγή: <http://cosmo.gr/Epikairotita>

Ένα άλλο καταστροφικό τσουνάμι, είναι το φαινόμενο τσουνάμι της Ινδονησίας το οποίο προξένησε βιβλικές καταστροφές με τα κύματα να φτάνουν τα 10 μέτρα, τα οποία έπληξαν την Σρι Λάνκα, την Ινδία, την Ταϊλάνδη, την Μαλαισία, το Μπαγκλαντές καθώς και τις Μαλβίδες. Το κύμα αυτό προκλήθηκε από τον ισχυρότατο σεισμό, μεγέθους 8,9 βαθμών της κλίμακας Ρίχτερ, το οποίο σημειώθηκε το πρωί της Κυριακής 26 Δεκεμβρίου του 2004 δυτικά της νήσου Σουμάτρα της Ινδονησίας, σε βάθος 40 Km. Οι πολύ άσχημες συνέπειες ήταν ότι οι νεκροί ήταν πάνω από 250 000 αλλά και χάθηκαν αρκετά παραθαλάσσια χωριά (Παπαζάχος , 2004)

4.1: ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΚΥΜΑΤΑ ΣΧΕΤΙΖΟΜΕΝΑ ΜΕ ΣΕΙΣΜΟΥΣ ΣΤΗΝ ΧΩΡΑ ΜΑΣ

Διάφοροι ερευνητές ασχολήθηκαν καθώς και μελέτησαν τα τσουνάμι στην Χώρα μας καθώς και στις γύρω περιοχές όπως είναι ο Γαλανόπουλος 1957, που απέδειξαν ότι ο κίνδυνος από τα τσουνάμι στην Ελλάδα δεν είναι τόσο σημαντικός όσο στον Ειρηνικό ωκεανό. Υπάρχουν όμως περιπτώσεις κυμάτων τα οποία προκάλεσαν αξιόλογες βλάβες στην Χώρα μας .

Μικρότερος αλλά όχι ανύπαρκτος είναι ο κίνδυνος καθώς και στη Μεσόγειο Θάλασσα, πολύ στην Χώρα μας λόγω της υψηλής της σεισμικότητας.

Αναφορικά με το Συνολάκη: *"Τα νησιά στο κεντρικό Αιγαίο ίσως να διατρέχουν μεγαλύτερο κίνδυνο όποτε σημειώνονται σεισμοί. Προς το παρόν όμως δεν μπορούμε να μιλήσουμε πιο συγκεκριμένα. Για να γίνει κάτι τέτοιο, θα πρέπει να χαρτογραφηθεί με μεγάλη λεπτομέρεια ο ελληνικός πυθμένας. Αλλά οι έρευνες αυτές κοστίζουν καθώς και χρειάζονται πολύ χρόνο για να ολοκληρωθούν. Ως εκ τούτου, μόνο αμέλεια δεν μπορείς να χαρακτηρίσεις το γεγονός ότι δεν έχει χαρτογραφηθεί με λεπτομέρεια ο ελληνικός βυθός"* (Παπαζάχος , 2004)

Πίνακας 4.1: Στοιχεία για τους τσουναμογόνους σεισμούς στην Χώρα μας καθώς και την γύρω περιοχή καθώς και για τα τσουνάμι τα οποία προκλήθηκαν από αυτούς (Παπαζάχος, 2003)

No	Ημερομηνία	φ_N°	λ_E°	M	Περιοχή της τσουναμο- γόνου πηγής	Θέση της μέγιστης έντα- σης που παρατηρήθηκε	K _o
1	[479 π.Χ.]	39.7	23.3	7.0	Λεκάνη Β. Αιγαίου	Ποτίδαια	III
2	426 π.Χ.	38.85	22.78	7.0	Μαλιακός Κόλπος	Σκάρφεια	V
3	373 π.Χ.	38.2	22.2	6.8	Δ. Κορινθιακός	Ελίκη	VI
4	58 π.Χ.	41.5	19.4	6.6	Αδριατική Θάλασσα	Δυρράχιο	III
5	[46 μ.Χ.]	36.4	25.4	6.5	Θήρα	Κρήτη	III
6	62 μ.Χ.	34.8	24.1	7.5	Ν. Κρήτης	Λεβήνη	IV
7	121	40.6	29.1	7.2	Θάλασσα Μαρμαρά	Νικομήδεια	II
8	142	36.3	29.0	7.5	Α. της Ρόδου	Ρόδος	IV
9	365, 21 Ιουλ.	35.2	23.4	8.3	Α. της Κρήτης	Μεθώνη	VI
10	368, 11 Οκτ.	40.4	29.3	7.0	Θάλασσα Μαρμαρά	Νίκαια	III
11	407, 1 Απρ.	40.9	28.8	6.7	Θάλασσα Μαρμαρά	Κωνσταντινούπολη	IV
12	447, 26 Ιαν.	40.8	28.5	7.1	Θάλασσα Μαρμαρά	Κωνσταντινούπολη	III+
13	477, 25 Σεπτ.	40.7	29.2	7.1	Θάλασσα Μαρμαρά	Κωνσταντινούπολη	III
14	[544]	42.0	28.2	7.0	Μαύρη Θάλασσα	Θράκη	III
15	551	38.8	22.8	6.8	Μαλιακός Κόλπος	Εχινός	IV
16	(556, Αύγ.)	36.8	27.3	7.0	Κως	Κως	IV+
17	740, 26 Οκτ.	40.9	28.2	7.5	Θάλασσα Μαρμαρά	Κωνσταντινούπολη	II
18	1265, 11 Αυγ.	40.7	27.3	6.6	Θάλασσα Μαρμαρά	Προικόννησος	II
19	1273, Μάρτ.	41.2	19.4	6.8	Αδριατική Θάλασσα	Δυρράχιο	II
20	1303, 8 Αυγ.	36.1	29.4	8.0	Α. της Ρόδου	Α. Μεσόγειος	VI
21	1332, 17 Ιαν.	40.8	28.9	6.8	Θάλασσα Μαρμαρά	Κωνσταντινούπολη	IV
22	1343, 18 Οκτ.	40.9	28.3	7.2	Θάλασσα Μαρμαρά	Κωνσταντινούπολη	IV+
23	1389, 20 Μαρτ.	38.7	26.2	6.7	Α. της Χίου	Χίος	IV

No	Ημερομηνία	φ_N°	λ_E°	M	Περιοχή της τσουναμο- γόνου πηγής	Θέση της μέγιστης έντα- σης που παρατηρήθηκε	K ₀
24	1402, Ιουν.	38.15	22.45	6.8	Κορινθιακός Κόλπος	Ακτές της Δ. Κορίνθου	V
25	1481, 3 Μαΐου	36.2	29.0	7.2	Α. της Ρόδου	Ρόδος	IV
26	1494, 1 Ιουλ.	35.5	23.3	7.5	Ν. της Κρήτης	Ηράκλειο	III+
27	1509, 10 Σεπτ.	40.9	28.5	7.4	Θάλασσα Μαρμαρά	Κωνσταντινούπολη	III+
28	1609, Απρ.	36.2	29.0	7.2	Α. της Ρόδου	Ρόδος	IV
29	1612, 8 Νοεμβ.	35.0	23.8	7.2	Θάλασσα της Κρήτης	Ηράκλειο	IV
30	1630, 9 Μαρτ.	35.0	23.7	7.3	Α. της Κρήτης	Δ. Κρήτη	IV
31	1633, 5 Νοεμβ.	37.7	20.8	7.0	Ζάκυνθος	Ζάκυνθος	II
32	1636, 30 Σεπτ.	38.1	20.3	7.2	Κεφαλονιά	Κεφαλονιά	III
33	1650, 9 Οκτ.	36.5	25.5	6.0	Θήρα	Θήρα	V
34	1667, 6 Απρ.	42.6	18.1	7.2	Αδριατική Θάλασσα	Μαυροβούνιο	III
35	1688, 10 Ιουλ.	38.38	27.17	6.8	Κόλπος της Σμύρνης	Σμύρνη	III
36	1723, 22 Φεβρ.	38.60	20.65	6.7	Λευκάδα	Ληξούρι	II+
37	1732, Νοεμβ.	39.4	20.1	6.5	Κέρκυρα	Κέρκυρα	II
38	1735	36.8	24.5	6.5	Μήλος	Μήλος	II
39	1741, 31 Ιαν.	36.2	29.3	7.3	Α. της Ρόδου	Ρόδος	IV
40	1748, 25 Μαΐου	38.3	22.2	6.6	Δ. Κορινθιακός	Αίγιο	IV
41	1766, 22 Μαΐου	40.8	29.1	7.1	Θάλασσα Μαρμαρά	Κωνσταντινούπολη	III
42	1769	38.4	22.0	6.8	Κορινθιακός Κόλπος	Κορινθιακός	III
43	1794, 11 Ιουν.	38.3	22.4	6.7	Κορινθιακός Κόλπος	Γαλαξειδί	III+
44	1804, 8 Ιουν.	38.1	21.7	6.4	Κόλπος της Πάτρας	Πάτρα	III
45	1817, 23 Αυγ.	38.3	22.1	6.6	Δ. Κορινθιακός	Αίγιο	IV
46	1833, 19 Ιαν.	40.5	19.4	6.5	Κόλπος Αυλώνας	Νήσος Sazan	III+
47	1843, 18 Οκτ.	36.4	27.7	6.6	Ν. Αιγαίο	Χάλκη	IV
48	1851, 12 Οκτ.	40.8	19.4	6.8	Κόλπος Αυλώνα	Αυλώνα	III
49	1853, 18 Αυγ.	38.4	23.4	6.4	Ν. Ευβοϊκός Κόλπος	Πετάλιο	II
50	1856, 13 Νοεμβ.	38.2	26.1	6.3	Α. της Χίου	Χίος	III+
51	1861, 26 Δεκ.	38.25	22.16	6.7	Δ. Κορινθιακός	Βαλμιτικά	IV
52	1866, 2 Ιαν.	40.4	19.6	6.6	Κόλπος της Αυλώνας	Αυλώνα	III+
53	1866, 31 Ιαν.	36.4	25.4	6.1	Θήρα	Θήρα	IV
54	1866, 6 Φεβρ.	36.1	22.9	6.8	Κύθηρα	Κύθηρα	IV
55	1867, 4 Φεβρ.	38.39	20.52	7.4	Κεφαλονιά	Ληξούρι	II
56	1867, 7 Μαρτ.	39.20	26.25	7.0	Λέσβος	Μυτιλήνη	II
57	1867, 20 Σεπτ.	36.73	22.60	6.8	Ν. της Μάνης	Γύθειο	IV
58	1869, 28 Δεκ.	38.85	20.80	6.4	Λευκάδα	Λευκάδα	II
59	1878, 19 Απρ.	40.70	29.70	6.8	Θάλασσα Μαρμαρά	Νικομήδεια	III+
60	1881, 3 Απρ.	38.20	26.20	6.5	Χίος	Χίος	II+
61	1886, 27 Αυγ.	37.00	21.40	7.3	Δ. των Φιλιππίνων	Φιλιππίνες	III
62	1887, 3 Οκτ.	38.05	22.65	6.5	Κορινθιακός Κόλπος	Ξυλόκαστρο	II+
63	1893, 9 Φεβρ.	40.59	25.53	6.8	Σαμοθράκη	Σαμοθράκη	III+
64	1893, 14 Ιουν.	40.10	19.70	6.6	Δ. της Χειμάρρας	Αυλώνα	III

Νο	Ημερομηνία	φ_N°	λ_E°	M	Περιοχή της τσουναμο- γόνου πηγής	Θέση της μέγιστης έντα- σης που παρατηρήθηκε	K_0
65	1894, 27 Απρ.	38.56	23.24	7.0	Ευβοϊκός Κόλπος	Κυπαρίσσι	III+
66	1894, 10 Ιουλ.	40.75	29.20	7.2	Θάλασσα Μαρμαρά	Κωνσταντινούπολη	III
67	1899, 22 Ιαν.	37.20	21.60	6.5	Κόλπος Κυπαρισσίας	Μαραθούπολη	III
68	1914, 27 Νοεμβ.	38.72	20.62	6.3	Λευκάδα	Λευκάδα	IV
69	1920, 26 Νοεμβ.	40.40	20.00	6.3	Κόλπος Αυλώνας	Νήσος Sezan	IV
70	1923, 5, Δεκ.	39.90	23.40	6.4	Ακτές Χαλκιδικής	Κασσάνδρα	II+
71	1932, 26 Σεπτ.	40.45	23.86	7.0	Κόλπος Ιερισσού	Ιερισσός	III
72	1947, 6 Οκτ.	36.96	21.68	7.0	Δ. της Πύλου	Μεθώνη	III
73	1948, 9 Φεβρ.	35.70	27.00	7.1	Κάρπαθος	Κάρπαθος	IV
74	1948, 22 Απρ.	38.71	20.57	6.5	Λευκάδα	Βασιλική	III
75	1949, 23 Ιουλ.	38.68	26.13	6.7	Χίος	Χίος	III
76	1955, 16 Ιουλ.	37.55	27.15	6.9	Σάμος	Πυθαγόρειο	III
77	1956, 9 Ιουλ.	36.64	25.96	7.5	Αμοργός	Ν. Αμοργός	V
78	1968, 19 Φεβρ.	39.50	25.00	7.1	Άγιος Ευστράτιος	Μύρινα	III
79	1979, 15 Απρ.	41.97	19.00	7.1	Μαυροβούνιο	Μαυροβούνιο	IV
80	1981, 24 Φεβρ.	38.07	23.00	6.7	Κόλπος Αλκωνίδων	Αλκωνίδες	II
81	1983, 6 Αυγ.	40.00	24.70	6.8	Λήμνος	Μύρινα	II
82	1995, 15 Ιουν.	38.27	22.15	6.4	Κορινθιακός Κόλπος	Διακοφτό	III
83	1999, 17 Αυγ.	40.76	29.97	7.5	Kocaeli	Izmit	IV

4.2: ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΣΤΗΝ ΧΩΡΑ ΜΑΣ

Στη συνέχεια απεικονίζεται κάποιος χάρτης της Χώρα μας καθώς και των γύρω περιοχών όπου με βάση τα στοιχεία του πίνακα 1, φαίνονται με αστερίσκους οι τσουναμογόνες πηγές. Από τον αθροιστικό αριθμό των τσουνάμι τα οποία αναφέρονται (Παπαζάχος, 2003) στον πίνακα σε σχέση με το χρόνο εξάγεται στο συμπέρασμα ότι τα δεδομένα εμφάνισης είναι πλήρη για τα επόμενα χρονικά διαστήματα καθώς και τις αντίστοιχες μέγιστες εντάσεις των τσουνάμι:

1840-2000, $K_o \geq III$

1300-2000, $K_o \geq V$

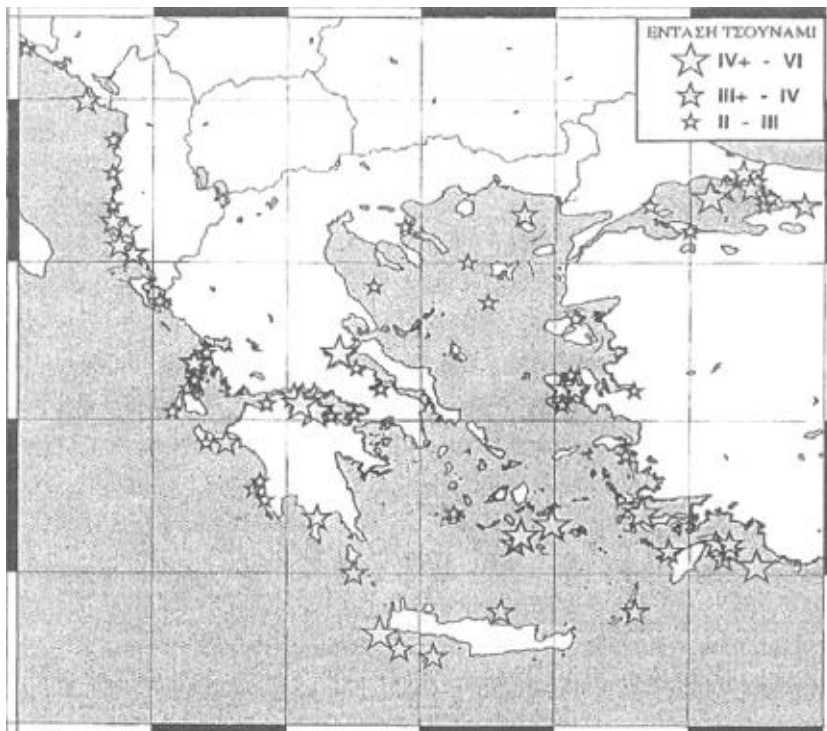
550 π.χ.-2000, $K_o = VI$

Ο πίνακας δίνει τις τιμές της μέσης περιόδου των τσουνάμι για τέσσερις τιμές της μέγιστης έντασης. Έτσι, τσουνάμι στην Ελλάδα και τις γύρω περιοχές με μέγιστη ένταση III ή παραπάνω γίνονται κάθε τέσσερα χρόνια (κατά μέσο όρο), IV ή παραπάνω κάθε 26 χρόνια, V ή παραπάνω κάθε 170 χρόνια και VI κάθε 1100 χρόνια.

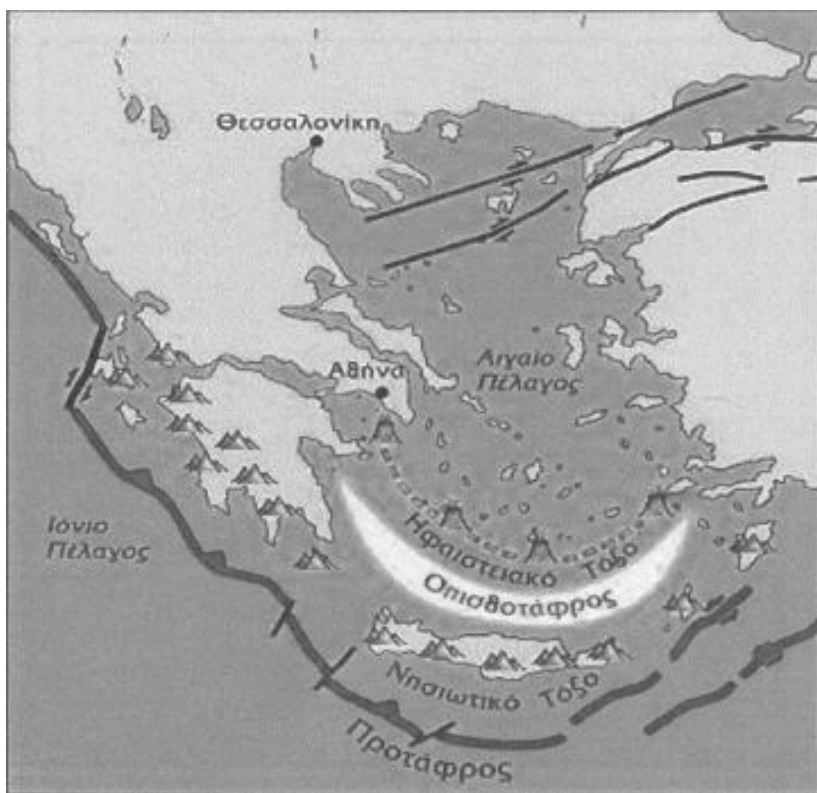
Το σχήμα παρουσιάζει ότι οι περιοχές της Χώρα μας είναι κυρίως ο δυτικός Κορινθιακός κόλπος, ο Μαλιακός κόλπος, οι Κυκλάδες, η Κρήτη, τα Δωδεκάνησα, η Χίος καθώς και οι Δυτικές όχθες της Χώρα μας (Hebenstreit, 2001)

Τα μεγαλύτερα γνωστά τσουνάμι τα οποία παρατηρηθήκαν στην Χώρα μας καθώς και στις γύρω περιοχές είναι αυτά τα οποία προκλήθηκαν από τους τεράστιους επιφανειακούς σεισμούς ($M \geq 8.0$) το 365 μ.Χ. καθώς και το 1303 μ.Χ. στην Ελληνική Τάφρο ΝΔ της Κρήτης καθώς και ανατολικά της Ρόδου, αντίστοιχα. Φαίνεται ότι αυτά τα μεγάλα τσουνάμι καθώς και οι αντίστοιχοι επιφανειακοί σεισμοί έχουν πολύ μεγάλες μέσες περιόδους επανάληψης (1000 έτη). Τα τσουνάμι αυτά προκαλούν εκτεταμένες καταστροφές σε διάφορες παράκτιες περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου (Παπαζάχος , 2004)

Μια περίπτωση ενός τσουνάμι στην Χώρα μας το οποίο δεν προκλήθηκε από σεισμό αποτελεί το φαινόμενο τσουνάμι το οποίο πραγματοποιήθηκε στις 7 Φεβρουαρίου 1963 στον Κορινθιακό κόλπο. Το φαινόμενο τσουνάμι αποδόθηκε σε κατολισθήσεις, οι οποίες προκλήθηκαν από εντατικές βροχοπτώσεις. (Γαλανόπουλος κ.α, 1964) Στην ίδια περιοχή πραγματοποιήθηκε ένα φαινόμενο τσουνάμι τεσσεράμισι μήνες μετά τη γένεση του δυνατού σεισμού της 15 Ιουνίου 1995 ($M=6.4$) στο Αίγιο.



Χάρτης 4.1: Τσουνάμι στον Ελληνικό χώρο με βάση την κλίμακα Sieberg-Ambraseys (Smith & Dawson, 1990)



Χάρτης 4.2: Το ελληνικό τόξο (Παπανικολάου Δ., 1998)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΑΠΟ ΤΑ ΤΣΟΥΝΑΜΙ

Το παρόν κεφάλαιο πρόκειται να αναπτύξει τις περιβαλλοντικές συνέπειες από τα τσουνάμι, μέσα από το παράδειγμα που ακολουθεί. Πιο συγκεκριμένα, ο απολογισμός της ζημιάς που προκλήθηκε κατά το τσουνάμι της Ν. Σουμάτρας (Aceh, 2004) έδειξε εκτεταμένες καταστροφές στο παράκτιο ανθρωπογενές περιβάλλον. Οι ζημιές αυτές προκλήθηκαν σε περιοχή συνολικού εμβαδού 25.000 εκταρίων και ήταν ολοκληρωτικές, ενώ έκταση 285.000 εκταρίων επλήγη σε μικρότερο βαθμό (Wetlands International Indonesia Programme, 2004).

Λαμβάνοντας υπ' όψιν το τσουνάμι που έπληξε τις νήσους Μαλβίδες στον Ινδικό ωκεανό (2004), σχετικά με το ανθρωπογενές περιβάλλον παρατηρήθηκαν καταστροφές που αφορούσαν κυρίως τσιμεντένια κτίσματα. Τα κτίσματα τα οποία εντοπίστηκαν κοντά στην πορεία διάδοσης του τσουνάμι χάλασαν ολοσχερώς. Κτίσματα με κύρια υλικά κατασκευής πέτρα, τσιμέντο και ασβέστη έπαθαν σημαντικές ζημιές, ανάλογες πάντα με τη σχετική θέση και διαφορά αυτών των κτιρίων ως προς την πορεία διάδοσης του κύματος. Ακόμα και νεότερα κτίσματα, χάλασαν εκτενώς και τμήματά τους παρασύρθηκαν από το κύμα σε μεγάλες αποστάσεις. Σημαντικό στοιχείο που ενίσχυσε την επίδραση του κύματος στα συγκεκριμένα κτίσματα ήταν η έλλειψη ενίσχυσης των εξωτερικών τοίχων των κτισμάτων. Αρκετές ήταν οι περιπτώσεις κτισμάτων που κατέρρευσαν πολύ αργότερα από την εξασθένιση του κύματος (περίπτωση νήσου Gouraidhoo), κάτι το οποίο έχει να κάνει με την πλημμύρα που εκ των υστέρων δημιούργησε υπόγεια μετακίνηση της άμμου και τοπική βύθιση του εδάφους (Keating et al, 2004). Σχετικά με την περίπτωση του τσουνάμι της Σουμάτρα (2004), η μελέτη και η έρευνα των κατεστραμμένων κτιρίων και συντριμμιών έδειξε, ότι σχετικά με τον τρόπο και τα υλικά δόμησης παρατηρήθηκαν

σημαντικές ελλείψεις βασικών και απαραίτητων δομικών στοιχείων, όπως πλευρική ενίσχυση και στήριξη των τοίχων, και βασικά συστατικά στοιχεία των κατασκευών, όπως δοκάρια και κολώνες στήριξης. Ο μέσος κοινός τοίχος που χαρακτηρίζει τη συγκεκριμένη περιοχή είναι λεπτός τοίχος από τούβλα, πάχους 10 cm. Το μέγεθος της στήλης είναι 15 x 15 εκατοστά οπλισμένο σκυρόδεμα με 4 έως 12 χιλιοστά κυκλικές μπάρες.

Υπολογίστηκε ότι με ταχύτητα ροής του θαλασσινού νερού 4 μ. ανά δευτερόλεπτο, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη συγκέντρωση μάζας νερού 10 τόνων ανά μέτρο. Είναι εμφανές ότι ο κώδικας κατασκευής στην εν λόγω περιοχή πρέπει να αναθεωρηθεί και να εφαρμοστούν όροι δόμησης τέτοιοι που να οδηγήσουν σε πιο ανθεκτικές κατασκευές κτιρίων (Supratid and Shuto, 2004).

Από την εκ των υστέρων αποτίμηση των ζημιών που προκλήθηκαν από τσουνάμι σε αρκετές περιπτώσεις περιοχών που επλήγησαν κρίνεται αναγκαία η βελτίωση της δόμησης και της τυπολογίας των κτιρίων, ενώ σχετικά με τη ζώνη γύρω από τις όχθες και τους ποταμούς κρίνεται προτιμητέα η κατασκευή πέτρινων σπιτιών. Επίσης κρίνεται αναγκαία η αναδάσωση των παράκτιων περιοχών, έτσι ώστε να διαχωρίζονται μέσω αυτής της φυσικής δασικής ζώνης οι οικισμοί από τη θάλασσα. Η αναδάσωση κρίνεται απαραίτητη, λόγω του πολύ σημαντικού προστατευτικού ρόλου που παίζουν οι κορμοί των δένδρων, αφού περιορίζουν τη δράση των τσουνάμι κατά την εκδήλωσή τους κατά μήκος της ακτής (Shanker et al, 2007).

Αξιοσημείωτες ήταν και οι καταστροφές που υπέστησαν οι μόλοι, οι προβλήτες, οι κυματοθραύστες και οι παράκτιες αλιευτικές εγκαταστάσεις και υποδομές. Οι κυματοθραύστες, αν και έπαιξαν πολύ προστατευτικό ρόλο, στις περισσότερες περιπτώσεις αποκολλήθηκαν, χάλασαν και αναποδογύρισαν. Οι ξύλινες προβλήτες έπαθαν τεράστιες ζημιές, ενώ οι ανάλογες τσιμεντένιες υπέστησαν μερική καταστροφή. Σχετικά με τους κυματοθραύστες, υπέστησαν

σημαντικές ζημιές και πολλοί από αυτούς διαλύθηκαν αργότερα λόγω του φαινομένου της διάβρωσης. Αξίζει να επισημανθεί ότι το μέγεθος της ζημιάς εξαρτάται από την ηλικία των κατασκευών, καθώς και την ποιότητα των υλικών κατασκευής τους (Keating et al, 2004).



Κατεστραμμένη αποβάθρα από την επέλαση του Tsunami

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6: ΟΙ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΤΣΟΥΝΑΜΙ

Σε οικονομικό στάδιο η καταστροφή που προκλήθηκε παγκόσμια από εκδηλώσεις τσουνάμι είναι ανυπολόγιστες. Το οικονομικό κόστος του τσουνάμι που έπληξε την περιοχή Aceh της Ινδονησίας, ανέρχεται σε 150 εκατομμύρια δολάρια τα οποία απαιτήθηκαν σε πρώτη φάση για την ανακατασκευή της πληγείσας περιοχής, και σε ένα δισεκατομμύριο δολάρια τα οποία απαιτήθηκαν μέσα στα επόμενα πέντε χρόνια. Στα νησιά των Μαλβίδων το κόστος από την καταστροφή που επέφερε το τσουνάμι, ήταν εξίσου μεγάλο και αφορούσε την ανακατασκευή της πλειοψηφίας των υποδομών, διαδικασία άκρως απαραίτητη κυρίως σχετικά με τις τουριστικές υποδομές, αφού η οικονομία των Μαλβίδων εξαρτάται άμεσα από τον τουρισμό. Στην περίπτωση της Ταϊλάνδης, η οικονομία της σε σχέση με άλλες οικονομίες, χαρακτηρίζεται από ελαστικότητα και προσαρμοστικότητα σχετικά με τις επιπτώσεις από το τσουνάμι. Ο ρυθμός ανάπτυξης της Ταϊλάνδης μετά τα τσουνάμι που έπληξαν την εν λόγω περιοχή, μειώθηκε από 6% σε 5,7%. Η οικονομική καταστροφή που σχετίζεται με τον τομέα του τουρισμού υπολογίστηκε σε 768 εκατομμύρια δολάρια και αφορούσε χρονικό διάστημα μόλις τριών μηνών μετά το πέρας της ζημιάς των τουριστικών υποδομών. Τέλος, σχετικά με την Σρι-Λάνκα, επλήγη οικονομικά περισσότερο από οποιαδήποτε άλλη χώρα της περιοχής, δεδομένου ότι στο νότιο τμήμα της χώρας χάλασαν ολοκληρωτικά το οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο, γέφυρες, μονάδες παραγωγής ενέργειας και λιμενικές εγκαταστάσεις, δημιουργώντας τεράστιο πλήγμα στην τοπική παραγωγή και οικονομία (Παυλόπουλος, 2011)

Φυσικές καταστροφές τέτοιου μεγέθους, όπως τα τσουνάμι, συνοδεύονται από πολύ σημαντικές μακροοικονομικές επιπτώσεις που συχνά δεν είναι άμεσα

οφθαλμοφανείς. Το μεγάλο πλήγμα μιας τέτοιας ζημιάς αφορά τον τομέα της τοπικής παραγωγής που σχετίζεται άμεσα σε τοπικό στάδιο με την απασχόληση, τα δημόσια έσοδα, τους φόρους και την παραγωγή συναλλάγματος. Το μέγεθος αυτών των δευτερογενών συνεπειών εξαρτάται άμεσα από τη δομή της εκάστοτε τοπικής οικονομίας και την ελαστικότητά της. Οι επιπτώσεις είναι ισχυρότερες όποτε η μορφή της οικονομίας είναι τέτοια, ώστε να υπάρχουν πολλοί τομείς που να εξαρτώνται άμεσα από τον τομέα εκείνο που έχει υποστεί τη μεγαλύτερη ζημιά από την επίθεση του τσουνάμι. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση εκείνων των οικονομιών που βασίζονται στην τουριστική κίνηση. Σε τέτοιας κλίμακας τοπικές κοινωνίες, τα ξενοδοχεία καταναλώνουν μεγάλο μέρος της τοπικής παραγωγής τροφίμων και προμηθειών και απασχολούν και πολυάριθμο εργατικό δυναμικό. Σε περιπτώσεις περιοχών που πλήττονται από τσουνάμι, η τουριστική κίνηση γνωρίζει ραγδαία κάμψη, οι τουριστικές επιχειρήσεις επίσης γνωρίζουν αντίστοιχα κάμψη και οι επιπτώσεις όπως είναι φυσικό, αλυσιδωτά μεταφέρονται στην τοπική παραγωγή και απασχόληση, επομένως στην τοπική κοινωνία.

Οι πιο ανεπτυγμένες οικονομίες είναι πιο ανθεκτικές απέναντι στις αρνητικές επιπτώσεις ενός τσουνάμι, σε σχέση με τις λιγότερο αναπτυγμένες. Τα μακροοικονομικά αποτελέσματα φυσικών ζημιών όπως το τσουνάμι εκφράζονται από μικρή χρονική διάρκεια.

Στην περίπτωση εκδήλωσης τσουνάμι οι κοινωνίες που πλήττονται περισσότερο είναι οι μικρού μεγέθους και πληθυσμού παράκτιες κοινωνίες που επιβιώνουν κυρίως από την αλιεία. Σε αυτού του μικρού μεγέθους τις φτωχές κοινωνίες, οι συνέπειες είναι καταστροφικές διότι οι κάτοικοι χάνουν τα σπίτια τους, τα αλιευτικά τους σκάφη καθώς και τα σύνεργα της εργασίας τους. Οι αλιευτικές υποδομές καταστρέφονται, οι υπάρχουσες εγκαταστάσεις απαξιώνονται και οι κάτοικοι μετά το πέρας της ζημιάς χρεώνονται,

προκειμένου να αναπληρώσουν τις ζημιές. Παράλληλα ο τουριστικός τομέας που σε κάποιες περιπτώσεις εξασφαλίζει το μεγαλύτερο μέρος του τοπικού εισοδήματος και σεκάποιες άλλες το συμπληρώνει, απαξιώνεται για μεγάλα χρονικά διαστήματα μετά την ολοκλήρωσης της φυσικής ζημιάς (Benson et al, 2004).

Στην περίπτωση του Aceh (Νότια Σουμάτρα) παρατηρήθηκαν εκτεταμένες ζημιές σε αλιευτικά σκάφη, τα περισσότερα εκ των οποίων βυθίστηκαν. Η μεταβολή της γεωμορφολογίας της ακτής και του βάθους του πελάγους δημιούργησαν τεράστια προβλήματα στον απόπλου και τον ελλιμενισμό των εναπομεινάντων αλιευτικών σκαφών. Αντίστοιχα προβλήματα στην τοπική αλιεία δημιούργησε η καταστροφή και οι σημαντικές ζημιές που υπέστησαν προβλήτες και λιμένες. Αξίζει να επισημανθεί ότι οι οικονομικές συνέπειες από το κύμα τσουνάμι έχουν άμεσο και μακροπρόθεσμο χαρακτήρα αφού οι επισκευές και η αναδιάρθρωση των παράκτιων αλιευτικών υποδομών, απαιτούν χρονικό διάστημα από 6 μήνες έως 1 χρόνο δίχως τη χρήση τεχνικών μέσων. Υπολογίζεται ότι η παραγωγή μπορεί να επανακάμψει ενάμιση με δυο χρόνια μετά την ολοκλήρωση των ανακατασκευών των υποδομών (Wetlands International, Indonesia Program, 2004).

Πολλά μεγάλα και μικρά ξενοδοχεία, τοπικές τουριστικές επιχειρήσεις και επιχειρήσεις συνδεδεμένες με τον τουρισμό επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό, λόγω της μείωσης των τουριστικών αφίξεων που οφείλεται και στην απαξίωση των τουριστικών και μεταφορικών υποδομών, και σε ψυχολογικούς λόγους που επικαλούνται οι τουρίστες, οι οποίοι φοβούνται μια καινούρια καταστροφή. Επίσης, οι τιμές στις εναπομείναντες τουριστικές επιχειρήσεις αυξάνουν μετά το χτύπημα του τσουνάμι λόγω της πτώσης της τουριστικής κίνησης, και της παρουσίας μεγάλου αριθμού εθελοντικών οργανώσεων που εργάζονται για την αποκατάσταση της πληγείσας περιοχής (Bambaradeniya et al, 2010). Το μέγεθος

και το εύρος μιας φυσικής ζημιάς όπως το τσουνάμι και ο βαθμός στον οποίο επηρεάζει μια τοπική κοινωνία εξαρτάται και από άλλους παράγοντες με πιο σημαντικό την ανταπόκριση των τοπικών και κυβερνητικών οργανισμών απέναντι στην καταστροφή, και την ευαισθητοποίηση της τοπικής κοινωνίας. Οι απομονωμένες οικονομίες, η συγκέντρωση των οικονομικών δραστηριοτήτων στην ακτή που πλήγεται περισσότερο από το τσουνάμι, και η εξάρτηση από οικονομικές δραστηριότητες που σχετίζονται με τις όχθες και τη θάλασσα, είναι παράγοντες που ενισχύουν την επίδραση ενός τσουνάμι και δημιουργούν σημαντικές απώλειες στο τοπικό εισόδημα (Benson et al, 2004).

Τα τελευταία χρόνια οι αρνητικές επιπτώσεις των τσουνάμι, τόσο σε ανθρώπινες απώλειες, όσο και σε υποδομές έχουν πολλαπλασιαστεί. Αυτό οφείλεται στα φαινόμενα ραγδαίας αστικοποίησης και μαζικού εποικισμού των ακτών, που σε πολλές περιπτώσεις πραγματοποιείται δίχως προγραμματισμό και σχεδιασμό. Οι συγκρούσεις χρήσεων γης είναι ολοφάνερές και αποδεικνύονται από την χωροθέτηση επικίνδυνων βιομηχανικών εγκαταστάσεων παράκτια, πολύ κοντά σε κατοικήσιμες περιοχές. Οι συνέπειες ενός τσουνάμι σε αυτή την περίπτωση είναι περισσότερες και εντονότερες, με δεδομένη την επιπρόσθετη οικολογική καταστροφή που προέρχεται από τις πληγείσες βιομηχανικές εγκαταστάσεις καθώς και τις επιβλαβείς επιπτώσεις στους κατοίκους. Τις ήδη σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις που επιφέρει ένα τσουνάμι, ενισχύει η συγκέντρωση πληθυσμού σε απροστάτευτες παραλιακές τοποθεσίες, σε περιοχές ευάλωτες σε πλημμυρικά φαινόμενα καθώς και σε παράκτιες περιοχές που διακρίνονται από έντονη σεισμική δραστηριότητα. (United Nations Development Programme, Disaster Reduction Unit)

Βάσει του τσουνάμι που έπληξε τη Νότια Σουμάτρα (Aceh, 2004), την μεγαλύτερη καταστροφή υπέστησαν οι καλλιέργειες ρυζιού που αποτελούσαν την κύρια τοπική καλλιέργεια και την βασική αγροτική πηγή εισοδήματος. Κατά την

επίθεση του κύματος τα αρδευτικά κανάλια και οι τάφροι περισυλλογής νερού για πότισμα των καλλιεργειών πλημμύρισαν με θαλασσινό νερό, το οποίο μετέφερε μεγάλες ποσότητες άμμου και απορριμμάτων και σε συνδυασμό με την αύξηση της αλατότητας που προκλήθηκε, οι καλλιέργειες μολύνθηκαν και χάλασαν ολοσχερώς (Wetlands International, Indonesia Programme, 2004).

Σε περιπτώσεις εκτάσεων που η παραγωγή δεν υπέστη ολοκληρωτική καταστροφή και ενδεχομένως θα μπορούσαν να καλλιεργηθούν, οι αγρότες δεν προχώρησαν προς την εκμετάλλευσή τους, διότι η παρουσία αυξημένων ποσοτήτων αποβλήτων και αυξημένων ποσοστών αλατότητας θα επηρέαζε μελλοντικά την ανάπτυξη των καλλιεργειών (Bambaradeniya et al, 2010).

6.1. ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΣΤΗ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ

Εκτός από τις μεγάλες απώλειες σε ανθρώπινες ζωές και τις εκτεταμένες καταστροφές στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον, το τσουνάμι επιφέρει πολύ αρνητικές επιπτώσεις στην ψυχική υγεία των επιζώντων της ζημιάς. Πολλοί από τους επιζώντες αντιμετωπίζουν ψυχολογικές διαταραχές, όπως ολική κατάθλιψη, γενικευμένη φοβία και μετατραυματικές αγχωτικές διαταραχές. Σε αρκετές περιπτώσεις υπάρχουν φαινόμενα κατάθλιψης, σωματικών παθήσεων και άλλων ψυχοπαθολογικών διαταραχών της υγείας τους. Αν και υπάρχει έλλειψη στοιχείων, σχετικά με τις επιπτώσεις ενός τσουνάμι στην ψυχική υγεία των κατοίκων της πληγείσας περιοχής, η έως τώρα εμπειρία έχει δείξει ότι η επίδραση στους επιβίωσαντες είναι εξαιρετικά μεγάλη. Η εμφάνιση ψυχολογικών προβλημάτων εξαρτάται από τον βαθμό έκθεσης των κατοίκων στην καταστροφή. Οι κάτοικοι που έχουν άμεση εμπειρία από το τσουνάμι, και οι κάτοικοι που έχουν στενή σχέση και επαφή με τα θύματα, εμφανίζουν

περισσότερες ψυχολογικές διαταραχές από αυτούς που έχουν έμμεση ή επιφανειακή εμπειρία. Τουλάχιστον το 30% των επιζώντων από τσουνάμι αποτελείται από παιδιά ενώ αξίζει να σημειωθεί ότι εντονότερα ψυχολογικά προβλήματα παρουσιάζει το γυναικείο φύλο. Εξίσου έντονες είναι οι ψυχολογικές συνέπειες που εμφανίζονται στα παιδιά, τα οποία εμφανίζουν εντονότερα συμπτώματα κατάθλιψης σε σχέση με τους ενήλικες. Η απώλεια συγγενικών προσώπων, μελών της οικογένειας, η απειλή του θανάτου, ο φόβος και ο πανικός, η απώλεια της οικογενειακής στέγης, και η αναγκαστική, μετά το πέρας της ζημιάς, μετανάστευση συμβάλλουν στην ψυχολογική αποσταθεροποίηση (Stevens, 2007).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7: ΤΑ ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΣΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ

Παρόλο που εμφανίσεις τσουνάμι υφίστανται στη Μεσόγειο θάλασσα από τη γένεση του πολιτισμού, η συστηματική έρευνα ξεκίνησε περίπου το 1960 με αφορμή το καταστροφικό τσουνάμι που έλαβε χώρα στο Αιγαίο Πέλαγος (1956). Οι πληροφορίες για φαινόμενα εμφάνισης τσουνάμι στη Μεσόγειο θάλασσα είναι σχετικά αποσπασματικές στις μέρες μας και δεν πραγματοποιείται συστηματική έρευνα και συλλογή τέτοιων δεδομένων και πληροφοριών. Σχετικά με τη Μεσόγειο θάλασσα είναι γνωστές οι περιπτώσεις τριακοσίων τσουνάμι (Antenucci , 2004)



Επίκεντρα σεισμών που οδήγησαν σε εκδήλωση τσουνάμι στην περιοχή της Κύπρου και της Β.Συρίας και περιοχές της Μέσης Ανατολής που επλήγησαν από τσουνάμι (Soloviev, 1989)

Στη Μεσόγειο εντοπίζονται 18 ζώνες γένεσης και εκδήλωσης τσουνάμι οι οποίες είναι το Αιγαίο Πέλαγος, το Ελληνικό Νησιωτικό Τόξο, οι όχθες της Ανατολικής Ελλάδας, οι όχθες της Β. Ελλάδας που βρέχονται από το Αιγαίο Πέλαγος, οι όχθες της Δυτικής Ελλάδας, η θαλάσσια περιοχή του Μαρμαρά, του Βοσπόρου και των Δαρδανελίων, η Κύπρος, οι όχθες της Αλβανίας, οι όχθες της Δαλματίας και της Γιουγκοσλαβίας, οι ανατολικές όχθες της Ιταλίας προς την Αδριατική Θάλασσα και το Ιόνιο Πέλαγος, τα δυτικά παράλια της Ιταλίας που βρέχονται από το Τυρρηνίο Πέλαγος, η θαλάσσια περιοχή της Λιγουρίας, η Μεσογειακή ακτή Παλαιστίνης, Συρίας και Λιβάνου, οι όχθες της Μικράς Ασίας, ο κόλπος της Βενετίας, η περιοχή της Καλαβρίας, η Σικελία, οι όχθες της Ισπανίας καθώς και οι όχθες της βορείου Αφρικής. Το 75% των τσουνάμι που εκδηλώνονται στη Μεσόγειο προξενούνται από σεισμούς, το 2% προξενούνται από ηφαιστειακές εκρήξεις, το 2% από κατολισθήσεις και υπάρχει και ένα ποσοστό της τάξης του 21% που έχει άγνωστη προέλευση (Soloviev, 1989).

Σχετικά με την Ιταλία, στον κόλπο της Βενετίας έχουν καταγραφεί εκδηλώσεις κυμάτων ισχυρών τσουνάμι που εντοπίζονται στη χρονική περίοδο από τον 6ο έως τον 16ο αιώνα. Κατά μήκος της ανατολικής ακτής της Ιταλίας, τα τσουνάμι που εκδηλώθηκαν ήταν μεσαίου μεγέθους και ισχύος. Το νησιωτικό τόξο της Καλαβρίας αποτελεί μια από τις κύριες ζώνες γένεσης τσουνάμι στη Μεσόγειο Θάλασσα, ενώ τα τσουνάμι εκδηλώνονται στη συγκεκριμένη περιοχή με μεγάλη συχνότητα και έχουν χαρακτηριστεί και ιδιαίτερος καταστροφικά.

Χαρακτηριστική περίπτωση αποτελεί το πασίγνωστο τσουνάμι της Messina (1908) που οφείλεται σε σεισμική δόνηση. Η άνοδος της στάθμης του πελάγους και στις δύο παράκτιες πλευρές των στενών της Messina έφτασε τα 10-12 μ. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό στοιχείο αυτής της περιοχής, ήταν τα τοπικού χαρακτήρα, μεγάλου ύψους και ηφαιστειογενούς προέλευσης τσουνάμι που

χωρικά εντοπίζονται στη θαλάσσια περιοχή των νήσων του Αιόλου και της Σικελίας. Στη Δυτική Ιταλία εκδηλώσεις κυμάτων τσουνάμι συνδέονται κυρίως με την ακτή της Νάπολης, με πιο χαρακτηριστική περίπτωση ιστορικά, την εκδήλωση τσουνάμι που ακολούθησε την έκρηξη του ηφαιστείου του Βεζούβιου. Τέλος, στην θαλάσσια περιοχή της Λιγουρίας, τα τσουνάμι που εκδηλώθηκαν ήταν σεισμικής προέλευσης, με πιο χαρακτηριστικό το τσουνάμι του 1887.

Αρκετές είναι και οι περιπτώσεις εκδήλωσης τσουνάμι στις όχθες της Μικράς Ασίας, με την πλειοψηφία τέτοιων περιστατικών να συγκεντρώνονται μετά τον τέταρτο αιώνα. Σχετικά με τις όχθες της Ισπανίας και της Αφρικής στο παρελθόν έχουν παρατηρηθεί αποσπασματικά φαινόμενα δημιουργίας και εκδήλωσης τσουνάμι . Αντίστοιχα φαινόμενα έχουν παρατηρηθεί και στην Κύπρο, όπου η ζώνη γένεσης και εκδήλωσης κυμάτων τσουνάμι επεκτείνεται βορειοανατολικά με κατεύθυνση τον κόλπο του Iskenderun (Soloviev, 1989).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8:

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΕΓΚΑΙΡΗΣ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΚΑΙ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ

Ο σεισμός της 26 Δεκεμβρίου 2004 στον Ινδικό Ωκεανό και το τσουνάμι που προκάλεσε, είχε ως αποτέλεσμα την εστίαση διαφόρων διεθνών προσπάθειών στην έγκαιρη ανίχνευση φαινομένων τσουνάμι στην Ωκεάνια Λεκάνη της Ινδίας. Κυρίως λόγω των εξελίξεων στον τομέα των επιστημών σχετικά με τα τσουνάμι και την τεχνολογία της πληροφορικής και επικοινωνίας (ΤΠΕ), τα τεχνολογικά σχέδια για τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης για τσουνάμι (tsunami warning systems - TWS) έχουν βελτιωθεί σημαντικά. Η αρχιτεκτονική του συστήματος προειδοποίησης έχει λάβει ιδιαίτερη προσοχή ειδικά σε δύο συμπληρωματικά έργα: πρώτον στο German Indonesian Tsunami Early Warning System (GITEWS) (Γερμανικά Ινδονησιακά Σύστημα Έγκαιρης Προειδοποίησης Τσουνάμι) και δεύτερον στο Distant Early Warning System

(DEWS) (Distant σύστημα έγκαιρης προειδοποίησης), ένα ευρωπαϊκό πρόγραμμα που συγχρηματοδοτείται στο πλαίσιο του 6^{ου} Προγράμματος Πλαίσιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΠΠ). Η ανάπτυξη συνεχίζεται με το 7ο ΠΠ που είναι ένα μεγάλης κλίμακας ολοκληρωμένο πρόγραμμα συνεργασίας για την αντιμετώπιση έκτακτων κρίσεων (Collaborative, Complex and Critical Decision Support in Evolving Crises - TRIDEC).

Οι στόχοι του GITEWS περιλαμβάνουν τον σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός λειτουργικού συστήματος προειδοποίησης και, επίσης, την κατάρτιση και τις δραστηριότητες ανάπτυξης ικανοτήτων (Lauterjung et al., 2010). Το GITEWS ήταν το πρώτο σύστημα προειδοποίησης για τσουνάμι που εισήγαγε ρητά την προσέγγιση πολλαπλών αισθητήρων στα συστήματα TWS κοντινού πεδίου (Behrens et al., 2010). Με χρόνο απόκρισης τα 2-3 λεπτά, το σεισμικό σύστημα αποτελεί μια βασική συνιστώσα των συστημάτων TWS κοντινού πεδίου και αναμένεται να εκδίδει προειδοποιήσεις σε μόλις λίγα λεπτά μετά την εκδήλωση του φαινομένου (Kamigaichi 2009; Hanka et al., 2010). Η ενσωμάτωση των συστοιχιών ενός παγκόσμιου συστήματος συνεχούς και σχεδόν σε πραγματικό χρόνο εντοπισμό θέσης (continuous global positioning system - cGPS) είναι σημαντική για την επιτάχυνση της ανίχνευσης των σεισμών (Falck et al., 2010). Άλλα συστήματα αισθητήρων (Schone et al., 2010) παρέχουν άμεσες μετρήσεις στη διάδοση των κυμάτων και έτσι περιορίζουν περαιτέρω τις προβλέψεις της αβεβαιότητας. Προκειμένου να ενσωματωθούν και αυτές οι ετερογενείς αντίθετες ροές δεδομένων του αισθητήρα, έχει κατασκευαστεί μια πλατφόρμα ενοποίησης των συστημάτων αισθητήρων, η GITEWS Tsunami Service Bus (TSB) (Fleischer et al., 2010).

Ένα βασικό θέμα είναι ο σχεδιασμός και η υλοποίηση μιας ισχυρής και επεκτάσιμης υποδομής υπηρεσιών που θα υποστηρίζουν τη διαχείριση κρίσεων, π.χ. στο πλαίσιο και ως αποτέλεσμα καταστροφών που προκύπτουν από τα

τσουνάμι. Η συμπεριφορά αυτού του τύπου των σύνθετων υποδομών, η οποία προκύπτει εξαιτίας του φαινομένου, έχει ιδιαίτερη σημασία για το σχεδιασμό και τις βασικές συνιστώσες της αρχιτεκτονικής του TRIDEC.

Όλες οι έρευνες και οι εξελίξεις καθοδηγούνται και θα καθοδηγούνται από τις συνεχιζόμενες εργασίες της Διακυβερνητικής Ωκεανογραφικής Επιτροπής της UNESCO (UNESCO/IOC) σχετικά με την εφαρμογή των συστημάτων προειδοποίησης για τσουνάμι. Οι διακυβερνητικές ομάδες συντονισμού που είναι υπεύθυνες για την υλοποίηση υποδομών περιφερειακής προειδοποίησης για τσουνάμι (π.χ. Icg/iotws, Icg/neamtws) έχουν αναπτύξει συγκεκριμένα σχέδια εφαρμογών, τόσο σε επίπεδο παροχής υπηρεσιών, όσο και σε δείκτες απόδοσης (Unesco, 2011; Icg/neamtws, 2011).

8.1. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΣΟΥΝΑΜΙ

8.1.1. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟ

Τα TWS είναι συστήματα με μακρά διάρκεια τα οποία εξελίσσονται διαδοχικά. Καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους, αναπτύσσονται νέα συστήματα αισθητήρων, όπως επίσης και όλα τα συστατικά στοιχεία υποστήριξης αποφάσεων και προειδοποίησης της διάδοσης που τα αποτελούν (Haner και Kriegel, 2008).

Ως εκ τούτου, τα παλιά συστατικά στοιχεία θα πρέπει να αντικατασταθούν, και θα πρέπει να αναπτυχθούν νέες λειτουργίες και βελτιωμένες εκδόσεις λογισμικού. Από εκεί και πέρα, είναι πιθανό οι επιχειρηματικές και οι επιχειρησιακές διαδικασίες να πρέπει να τροποποιηθούν ή να προστεθούν (Haner και Kriegel, 2008). Ως εκ τούτου, η αρχιτεκτονική των

συστημάτων προειδοποίησης για τσουνάμι πρέπει να είναι ευέλικτη και ευπροσάρμοστη στη συμμόρφωση με τα ακόλουθα κριτήρια σχεδιασμού (Erl, 2008):

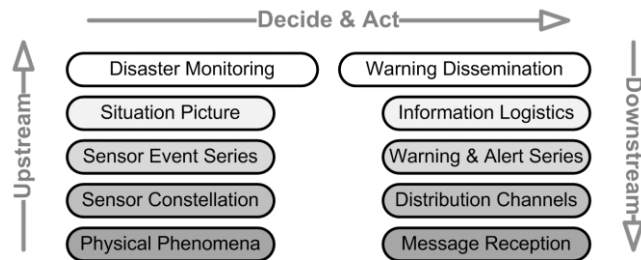
- Αφαίρεση και αφομοίωση δεδομένων και λειτουργικότητας των δεδομένων σε τυποποιημένες υπηρεσίες: η πρόσβαση στα δεδομένα βιομηχανικής ιδιοκτησίας των αισθητήρων μπορεί να επιτευχθεί με σαφώς καθορισμένες διεπαφές που ορίζονται στις κατάλληλες συμβάσεις παροχής υπηρεσιών. Οι διεπαφές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στα TWS για την πρόσβαση σε ετερογενή συστήματα αισθητήρων περιγράφονται εκτενώς στις προδιαγραφές του Sensor Web Enablement (SWE) του OGC.

- Χαλαρή σύνδεση των συστατικών στοιχείων του συστήματος: η σύνδεση αναφέρεται στο βαθμό της άμεσης γνώσης ενός συστατικού στοιχείου από ένα άλλο και αποσκοπεί στην ανθεκτική σχέση μεταξύ δύο ή περισσότερων συστημάτων και συστατικών. Η χαλαρή σύνδεση μειώνει τον κίνδυνο ότι μία αλλαγή σε ένα συστατικό θα έχει ως αποτέλεσμα απρόβλεπτες αλλαγές σε άλλα συστατικά. Επίσης, ελαχιστοποιεί τις εξαρτήσεις του ενός συστατικού από το άλλο στο λιγότερο δυνατό βαθμό.

- Διαφάνεια των υπηρεσιών ως προς την τοποθεσία: οι υπηρεσίες μπορούν να παρέχονται παντού και μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν σε μια ομοσπονδία συστημάτων. Η διαφάνεια ως προς την τοποθεσία επιτρέπει στις υποδομές να ενσωματώνουν αποκλειστικές και ετερογενείς εφαρμογές. Έτσι, είναι δυνατό να μοιράζονται και να ενσωματώνουν πόρους πέρα από την στατική αξιοποίησή τους στην δυναμική απαίτηση πληροφοριών.

- Διαχωρισμός των ανησυχιών: η διάλυση ενός συστήματος σε ξεχωριστές λειτουργίες που θα αλληλεπικαλύπτονται σε επίπεδο λειτουργίας όσο το δυνατόν λιγότερο. Αυτό επιτρέπει στις υπηρεσίες να μπορούν να χρησιμοποιούνται συχνά και να συνδυάζονται σε διάφορες επιχειρηματικές διαδικασίες. Έτσι, τα ξεχωριστά συστατικά του συστήματος μπορούν να επεξεργάζονται τις πληροφορίες ανεξάρτητα και αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε άλλους τομείς εξίσου καλά.

Τα κριτήρια αυτά μπορούν να υιοθετηθούν καλύτερα με την εφαρμογή των αρχών του παραδείγματος της Service Oriented Architecture (SOA), της αρχιτεκτονικής με προσανατολισμό στην υπηρεσία δηλαδή. Η SOA αναφέρεται στην έννοια της ενοποίησης (Josuttis, 2008) όπου η λειτουργικότητα (π.χ. σύστημα ειδοποίησης, παρατήρησης, σχεδιασμού, ενημέρωσης, διαδικασιών) είναι ομαδοποιημένη γύρω από τις επιχειρηματικές διαδικασίες (π.χ. παρακολούθηση, υποστήριξη αποφάσεων, πληροφορίες logistics) και συσκευάζεται ως διαλειτουργικές και τυποποιημένες υπηρεσίες. Η SOA της GITEWS και DEWS έχει υλοποιηθεί σύμφωνα με την τεχνολογία enterprise service bus (ESB) και παρέχει ένα πρότυπο με βάση την πλατφόρμα ενοποίησης των ετερογενών πηγών (Chappell, 2008). Ειδικότερα, έχει ενσωματώσει τα πρότυπα του Open Geospatial Consortium (OGC) και της Οργάνωσης για την Προώθηση των Δομημένων Συστημάτων Πληροφοριών (Organization for the Advancement of Structured Information Standards - OASIS).



ΣΧ. 8.1 . Ανοδική και καθοδική ροή γεγονότων και πληροφοριών στα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης

Πηγή:: Wachter et al., 2009; Lendholt και Hammitzsch, 2011).

8.1.2.ΡΟΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Σύμφωνα με το USIOTWS (2007) τα βασικά λειτουργικά συστατικά ενός συστήματος TWS είναι να παρέχει παρακολούθηση σε πραγματικό χρόνο, ειδοποίηση σεισμικών δραστηριοτήτων και δραστηριοτήτων τσουνάμι, έγκαιρη λήψη αποφάσεων, και διάδοση των προειδοποιήσεων τσουνάμι, των συμβουλών και των πληροφοριών. Ένα σύστημα TWS επιτρέπει και ελέγχει την ανοδική και καθοδική ροή των πληροφοριών. Η συνολική ροή των πληροφοριών περιλαμβάνει τρία τμήματα (Σχ.8.1):

1. Ανοδική: απόκτηση των δεδομένων των αισθητήρων και διαβίβαση στο κέντρο προειδοποίησης, συμπεριλαμβανομένης της επεξεργασίας και ανίχνευσης του γεγονότος
2. Απόφαση και δράση: ροές πληροφοριών εντός του κέντρου προειδοποίησης, συμπεριλαμβανομένης της ανάλυσης της κατάστασης, της υποστήριξης αποφάσεων και τον σχεδιασμό διάδοσης της προειδοποίησης
3. Καθοδική: προετοιμασία των εξατομικευμένων μηνυμάτων τσουνάμι για τη διάδοση μέσω επιλεγμένων καναλιών.

Η ανοδική ροή πληροφοριών παρέχει παρατηρήσεις σχετικά με τα φυσικά φαινόμενα που καταμετρώνται από τα συστήματα αισθητήρων και που είναι αναγκαία για τις διαδικασίες υποστήριξης αποφάσεων στο κέντρο προειδοποίησης. Για κάθε σύστημα αισθητήρων η ανοδική πληροφόρηση περιλαμβάνει σύνθετα στάδια επεξεργασίας και μεταποίησης. Τα δεδομένα των χρονολογικών σειρών από τους αισθητήρες πρέπει να φιλτραριστούν και να

αναλυθούν προκειμένου να εξαχθούν σημαντικά συμπεράσματα για τη λήψη αποφάσεων. Τα προκύπτοντα συγκεντρωτικά σύνολα δεδομένων αντιπροσωπεύουν την εισαγωγή δεδομένων που είναι σημαντικά για τα συστατικά στήριξης αποφάσεων του TWS. Οι συγκεκριμένες διαδικασίες λήψης αποφάσεων εκτελούνται στο τμήμα απόφασης και δράσης της συνολικής ροής των πληροφοριών. Σε αυτό το τμήμα τα γεγονότα που ανιχνεύονται από τους αισθητήρες πρέπει να αναλυθούν προκειμένου να καθοριστεί αν έχει ενεργοποιηθεί ένα τσουνάμι. Ανάλογα με την απόφαση αυτή, οι συγκεκριμένοι κίνδυνοι για τις παράκτιες περιοχές που ορίζονται πρέπει να καθοριστούν. Η διαδικασία αυτή υποστηρίζεται από προγνωστικά μοντέλα διάδοσης τσουνάμι που προκύπτουν από τα διάφορα μοντέλα προσομοίωσης. Με βάση αυτή την εισαγωγή δεδομένων, η καθοδική ροή των πληροφοριών περιλαμβάνει το μετασχηματισμό των πληροφοριών κινδύνου από τσουνάμι σε προσαρμοσμένα μηνύματα προειδοποίησης και αναφορές για την υφιστάμενη κατάσταση, τα οποία παραδίδονται σε καθορισμένες ομάδες-στόχους, συμπεριλαμβανομένων των αρχών, του κοινού σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, και σε άλλα περιφερειακά και τοπικά κέντρα προειδοποίησης.

8.1.3. ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Ένα απλοποιημένο μοντέλο SOA, ένα σύστημα προειδοποίησης υποστήριξης της ροής πληροφοριών, που περιγράφεται ανωτέρω θα αποτελείται από τρία επίπεδα (Εικ. 2). Το βασικό επίπεδο περιλαμβάνει μία δεξαμενή πόρων, συμπεριλαμβανομένων, για παράδειγμα των συστημάτων αισθητήρων και τους servers των υπολογιστών, και βάσεις δεδομένων για τα χωρικά δεδομένα και πληροφορίες γενικού πλαισίου, και σημεία πρόσβασης στα κανάλια διάδοσης

της προειδοποίησης. Οι πόροι αυτοί είναι προσβάσιμοι μέσω μιας σειράς υπηρεσιών:

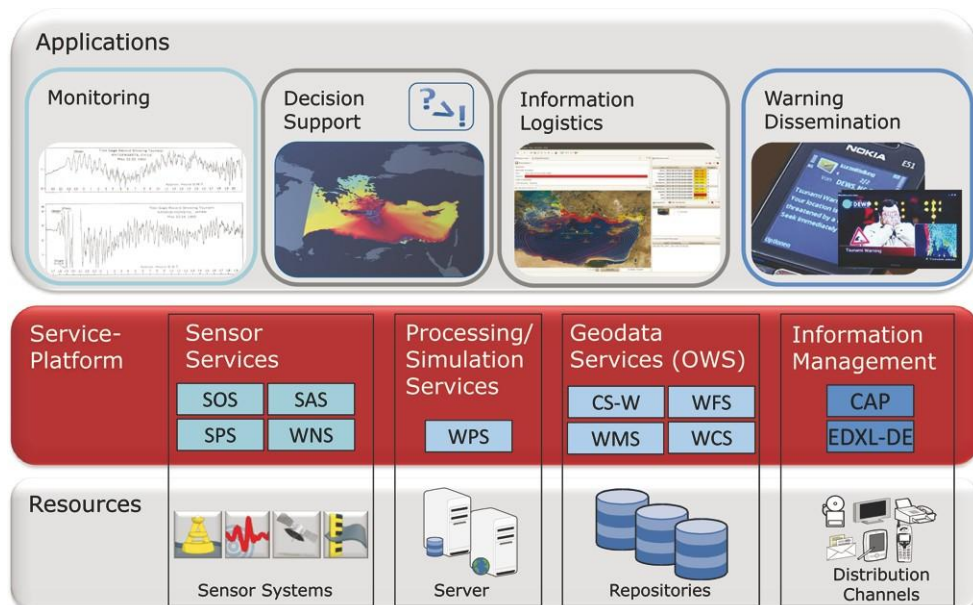
- Οι υπηρεσίες Αισθητήρα για την παρακολούθηση των σεισμικών δραστηριοτήτων και οι αλλαγές σε επίπεδο θαλάσσης, χρησιμοποιούν τις υπηρεσίες που καθορίζονται στα έγγραφα SWE του OGC.

- Οι υπηρεσίες υποστήριξης αποφάσεων υποστηρίζουν τον εντοπισμό του τσουνάμι και τον σχεδιασμό των δραστηριοτήτων προειδοποίησης και τα συνδεδεμένα συστατικά στοιχεία και υπηρεσίες υποστηρίζουν την προγνωστική μοντελοποίηση και τη διαχείριση των πληροφοριών του πλαισίου. Οι τυποποιημένες υπηρεσίες OGC Web Services (OWS), π.χ. Web Service Mapping (WMS), Web Processing Service (WPS) και Web Feature Service (WFS) βοηθούν στην δημιουργία της συνολικής εικόνας της κατάστασης και υποστηρίζουν την προγνωστική προσομοίωση των κυμάτων του τσουνάμι.

- Οι πληροφορίες Logistics και οι υπηρεσίες διάδοσης χειρίζονται την καθοδική ροή των πληροφοριών και είναι υπεύθυνες για την κατάρτιση και τη διάδοση των εξατομικευμένων προειδοποιητικών μηνυμάτων. Τα πρότυπα του OASIS, κυρίως το κοινό πρωτόκολλο προειδοποιήσεων (CAP) και το Emergency Data Exchange Language – Distribution Element (EDXL - DE) παρέχουν τις βάσεις.

Με βάση αυτή την πλατφόρμα υπηρεσιών, το ανώτερο επίπεδο αντιπροσωπεύεται από τα συστατικά στοιχεία της εφαρμογής που προσφέρουν τις απαιτούμενες λειτουργίες στο κέντρο προειδοποίησης ως προς την

λειτουργία του συστήματος μέσω γραφικών διεπαφών χρήστη και συγκεκριμένα το Command and Control User Interface (CCUI). Το Σχήμα 1.3 απεικονίζει τα τμήματα της ανοδικής, της απόφασης και δράσης και της καθοδικής ροής πληροφοριών στα στοιχεία του συστήματος. Το CCUI συνδέει την ανοδική και την καθοδική ροή των πληροφοριών του TWS (Lendholt και Hammitzsch, 2011). Η πλατφόρμα του αισθητήρα, οι υπηρεσίες χαρτογράφησης και συστημάτων προσομοίωσης, είναι ενσωματωμένα και συμβάλλουν στην ανοδική ροή των πληροφοριών και στην επεξεργασία τους και είναι συνδεδεμένα με το CCUI. Η ανίχνευση των κινδύνων του τσουνάμι βασίζεται στην ανοδική πληροφόρηση που παρέχεται από τα συστήματα παρακολούθησης των σεισμών και της στάθμης της θάλασσας. Η CCUI desktop εφαρμογή παρέχει μια διεπαφή για την οπτικοποίηση του κινδύνου συγκεκριμένων στοιχείων και πρόσθετες πληροφορίες πλαισίου. Με την ενσωμάτωση των έτοιμων ανοδικών πληροφοριών, ο χειριστής είναι σε θέση να αντιληφθεί και να αναλύσει την υφιστάμενη κατάσταση, να καθορίσει το καθεστώς του κινδύνου στις σχετικές παράκτιες περιοχές και σε περίπτωση ανάγκης να αρχικοποιήσει τη στοχοθετημένη διάδοση των εξατομικευμένων μηνυμάτων προειδοποίησης (Hammitzsch και Lendholt, 2011). Η άλλη κύρια λειτουργία του CCUI είναι η διαχείριση των καθοδικών δραστηριοτήτων, συμπεριλαμβανομένης της παραγωγής και της διάδοσης των συγκεκριμένων εξατομικευμένων προϊόντων προειδοποίησης για συγκεκριμένες ομάδες -στόχους.



ΣΧ. 8.2. Σχηματική αρχιτεκτονική των συστημάτων προειδοποίησης πολλαπλών αισθητήρων. Η πρόσβαση στις υπηρεσίες πληροφορικής, στα συστήματα των αισθητήρων, τις αποθήκες και τα κανάλια διανομής πραγματοποιείται μέσω τυποποιημένων διεπαφών.

Πηγή:: Wachter et al., 2009; Lendholt και Hammitzsch, 2011).

8.2. ΑΝΟΔΙΚΗ ΡΟΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

8.2.1. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

Η ανοδική ροή πληροφοριών από το σύστημα αισθητήρων για το κέντρο προειδοποίησης χαρακτηρίζεται από μία σταδιακή επεξεργασία των πρώτων δεδομένων του συμβάντος τα οποία προέρχονται από τους αισθητήρες, σε

πληροφορίες σχετικές με τις αποφάσεις προς χρήση από το κέντρο προειδοποίησης. Η επεξεργασία περιλαμβάνει το φιλτράρισμα των δεδομένων και την εξαγωγή σημαντικών αλλαγών (π.χ. γεγονότων). Επιπλέον, η διαδικασία ανοδικής πληροφόρησης περιλαμβάνει τη συγχώνευση με άλλα γεγονότα και την τροποποίηση των πληροφοριών πλαισίου (π.χ. δεδομένα κατάστασης αισθητήρα). Τα σήματα που καταγράφονται από τους αισθητήρες μετατρέπονται σε πληροφορίες πλαισίου και αποφάσεων. Για παράδειγμα, τα άσχετα σήματα που λαμβάνονται από μετρήσεις της δόνησης της Γης από τα γεωγραφικά κατανεμημένα γαιόφωνα συνδυάζονται και μετατρέπονται σε πληροφορίες για σεισμό. Έτσι, από την επεξεργασία των ανοδικών πληροφοριών προκύπτει μία σημαντική μείωση του όγκου των δεδομένων.

Ο Πίνακας 8.1 συνοψίζει το φιλτράρισμα των πληροφοριών GITEWS για διαφορετικούς τύπους αισθητήρων. Οι στήλες αντιπροσωπεύουν τους διαφορετικούς τύπους των συστημάτων αισθητήρων (σεισμικούς, εύρους παλίνρροιας, cGPS, κλπ.) (Hanka et al., 2010; Schone et al., 2011a, 2011b; Falck et al., 2010). Καθέτως, από κάτω προς τα πάνω, παρουσιάζεται η ακολουθία των βημάτων επεξεργασίας και τα αντίστοιχα αποτελέσματά τους.

Πίνακας 8.1. Περίληψη των επιπέδων βελτίωσης των δεδομένων για τους αισθητήρες GITEWS. Όγκοι δεδομένων που μειώθηκαν από ανεπεξέργαστα δεδομένα (κάτω) σε συγκεντρωτικά δεδομένα (κορυφή) κατάλληλα για περίπλοκες διαδικασίες λήψης αποφάσεων στα κέντρα προειδοποίησης.

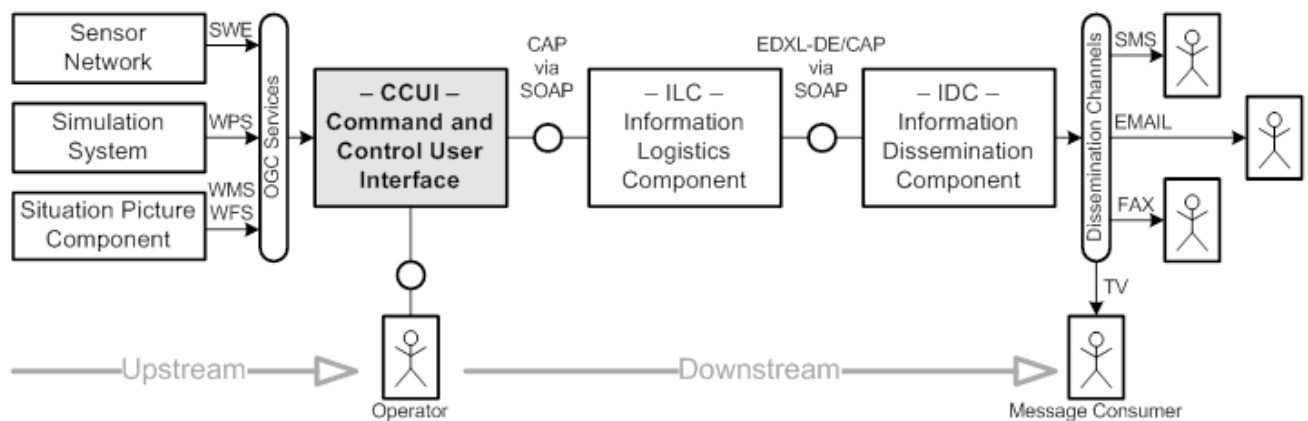
Warning Centre									
Tsunami Service Bus as Integration Platform									
	Uniform data messaging for the warning centre (according to SWE)								
Sensor System	Seismic System	Buoy / OBU System			Tide Gauge System		Continuous GPS System		
Event	earthquake detection → earthquake warning	joint sea anomaly detection → sea level warning			sea anomaly detection → sea level warning		GPS process → land displacement vector		
Sensor Station	Seismic Station	GPS Buoy	Ocean Bottom Unit (OBU)		Tide Gauge Station		GPS Land Station		
Processing	no processing	packaging, reading → raw sea level		no processing	packaging, reading → raw sea level		no processing		
Sensor	Seismometer	GPS	Tilt	Dipping	Pressure	Float	Pressure	Radar	GPS
Raw data	→ seismograms	→ GPS raw → tilt → dipping		→ pressure raw	→ float raw → pressure raw → radar raw		→ GPS raw		

Πηγή:: Wachter et al., 2009; Lendholt και Hammitzsch, 2011).

8.3. ΕΝΣΩΜΑΤΩΣΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ

Σε γενικές γραμμές, όλες οι μετρήσεις αισθητήρων παρατηρούν φυσικές διεργασίες που πρέπει να υποβάλλονται σε επεξεργασία για τη λήψη δεδομένων γεγονότων υψηλού επιπέδου κατάλληλων για την ανίχνευση νέων κρίσεων, παρέχοντας έτσι την απαραίτητη εισαγωγή πληροφοριών για τον σχεδιασμό και

τον συντονισμό των άλλων δραστηριοτήτων σχετικών με την κρίση. Για μια ουσιαστική ανίχνευση ενός τσουνάμι, είναι απαραίτητο να συμπεριληφθούν διάφοροι βοηθητικοί αισθητήρες που θα αυξάνουν ή ακόμη και θα μειώνουν την αξία της βασικής διαπίστωσης. Τα δεδομένα από διαφορετικούς αισθητήρες μπορούν να συνδυαστούν ώστε να εξαχθούν οι σχετικές πληροφορίες για τους σκοπούς προειδοποίησης ενός τσουνάμι. Για παράδειγμα, ένα σύστημα αισθητήρων μπορεί να απορρίψει τις άκυρες μετρήσεις ή ακόμα και να υπολογίσει δεδομένα πολλών αισθητήρων ώστε να μεταδίδουν μόνο βασικές πληροφορίες στο TWS (Schone et al., 2011a).



ΣΧ. 8.3. Τμήματα ανοδικής, απόφασης και δράσης και καθοδικής πληροφόρησης σε αντιστοίχιση με τα συστατικά στοιχεία του συστήματος

Πηγή: Lendholt και Hammitzsch, 2011

Προκειμένου να γίνει διαχείριση διαφορετικών τύπων αισθητήρων και μιας μεγάλης ποσότητας συστημάτων αισθητήρων, το TSB εισήχθη στο GITEWS ως ένα ενδιάμεσο επίπεδο για να παρέχει την απαιτούμενη ευελιξία στην ενσωμάτωση των αισθητήρων (Fleischer et al., 2010). Επιπλέον, αυτό το επίπεδο προσφέρει ένα ενιαίο περιβάλλον εργασίας για τις εφαρμογές των τελικών χρηστών, π.χ. το σύστημα υποστήριξης αποφάσεων. Η εφαρμογή ακολουθεί το παράδειγμα της SOA χρησιμοποιώντας πρότυπα και υπηρεσίες SWE (Εικ. 4). Το TSB πλαίσιο που βασίζεται στο SWE επιτυγχάνει το έργο αυτής της ενσωμάτωσης, παρέχοντας μια σειρά από υπηρεσίες:

- την Υπηρεσία Sensor Observation (SOS) για την απόκτηση παρατηρήσεων από τους αισθητήρες
- την Υπηρεσία Sensor Planning (SPS) για την ανάθεση εργασιών στους αισθητήρες
- την Υπηρεσία Web Notification (WNS) για την ασύγχρονη ανταλλαγή μηνυμάτων και
- την Υπηρεσία Sensor Alert (SAS) για την αποστολή ειδοποιήσεων.

Σε γενικές γραμμές, όλες οι διασυνδέσεις του TSB σχεδιάστηκαν όσο το δυνατόν απλούστερα αποκρύπτοντας τις ιδιόκτητες μορφές δεδομένων και τις λειτουργίες που χρησιμοποιούνται στο εσωτερικό ειδικών συστημάτων αισθητήρων (Fleischer et al., 2010). Ανάλογα με τον τύπο των δεδομένων που λαμβάνονται από τους αισθητήρες, ο αποστολέας επιλέγει κατά το χρόνο εκτέλεσης τον κατάλληλο μηχανισμό επεξεργασίας που παρέχεται από τα «plug-ins». Το περιεχόμενο, η μορφή, η συχνότητα και το μέγεθος των εισερχόμενων δεδομένων των αισθητήρων ή των ροών δεδομένων σε γενικές γραμμές δεν περιορίζεται, εφ' όσον υπάρχει ένα αντίστοιχο plug-in.

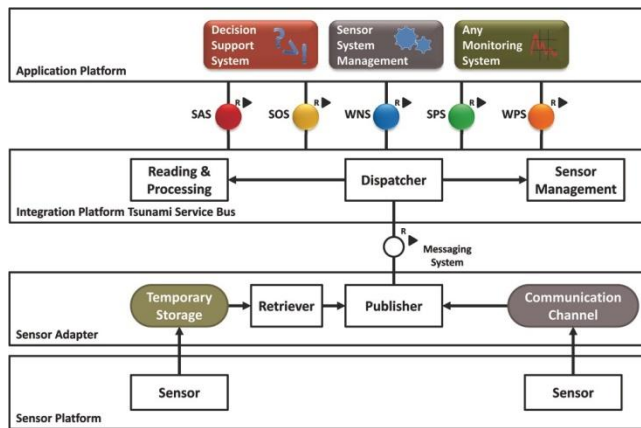
8.4 ΑΠΟΦΑΣΗ ΚΑΙ ΔΡΑΣΗ

8.4.1 ΓΡΑΦΙΚΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΧΡΗΣΤΗ (GRAPHICAL USER INTERFACE - GUI)

Ένα σημαντικό συστατικό ενός συστήματος TWS είναι το γραφικό περιβάλλον της μονάδας εντολών και ελέγχου που θα συγκεντρώνει όλες τις σχετικές πληροφορίες που προσφέρονται στους φορείς λήψης αποφάσεων. Σύμφωνα με τους Hammitzsch et al(2012), το γραφικό περιβάλλον θα πρέπει να υποστηρίζει τους χειριστές που εκτελούν καθήκοντα σε πολύπλοκες ροές εργασίας με επιτυχία. Σε κρίσιμες καταστάσεις, οι χειριστές θα πρέπει να λαμβάνουν σωστές και αξιόπιστες αποφάσεις σε ένα πολύ περιορισμένο χρονικό πλαίσιο. Το γραφικό περιβάλλον της μονάδας εντολών και ελέγχου πρέπει επομένως να λειτουργεί αξιόπιστα και σταθερά, παρέχοντας σχετικές πληροφορίες και λειτουργικότητα έγκαιρα και με την απαιτούμενη ποιότητα.

Ο σχεδιασμός του γραφικού περιβάλλοντος του χειριστή είναι απαραίτητος για την ανάπτυξη κάθε συστήματος TWS ως προς την αποτελεσματική διαχείριση των κινδύνων και επίσης στην διευκόλυνση και ενίσχυση των διαδικασιών λήψης αποφάσεων. Το CCUI είναι μια πλούσια εφαρμογή πελάτη που βασίζεται στην πλατφόρμα Eclipse Rich Client (RCP) και στο ελεύθερο και ανοιχτής πρόσβασης Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) uDig (Hammitzsch et al., 2010). Όπου είναι δυνατόν, η αρχιτεκτονική του συστατικού CCUI βασίζεται σε κοινώς αποδεκτά πρότυπα. Οι πρότυπες συμβατές υπηρεσίες του OGC υποστηρίζουν την πρόσβαση σε γεω - χωρικά δεδομένα, π.χ. WMS και WFS τα οποία χρησιμοποιούνται στην σύνθεση της εικόνας της κατάστασης. Το σύστημα προσομοίωσης εντοπισμού των πληγείσων περιοχών,

έχει ενσωματωθεί μέσω του WPS. Το περιεχόμενο του μηνύματος προειδοποίησης είναι δομημένο σύμφωνα με το CAP.



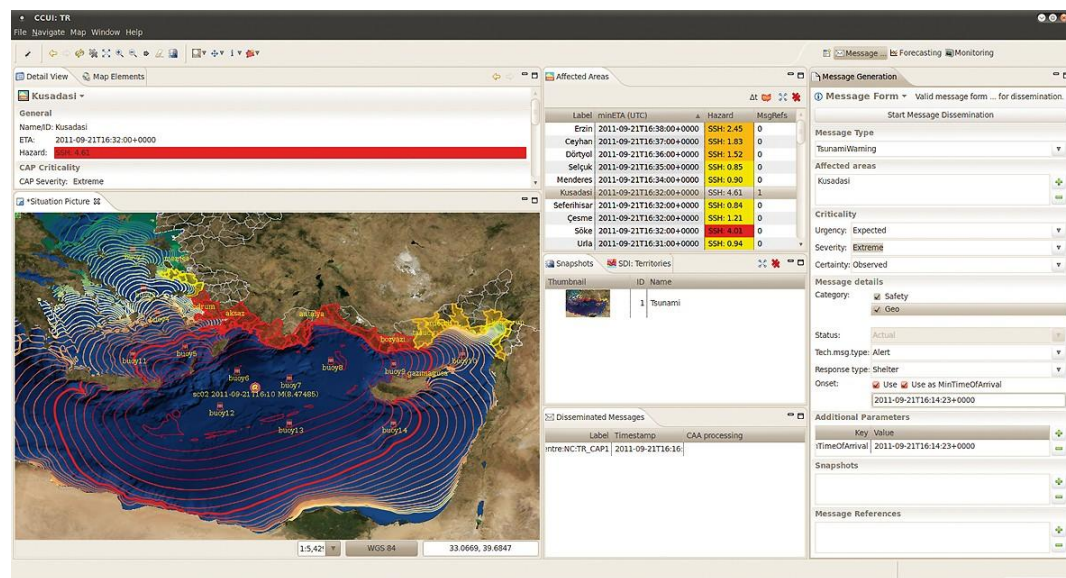
ΣΧ. 8.4. Αισθητήρας υψηλού επιπέδου ολοκλήρωσης του συστήματος μέσω του Integration Platform TSB.

Πηγή:: Wachter et al., 2009; Lendholt και Hammitzsch, 2011).

Όλες οι λειτουργίες που σχετίζονται με ένα μεγάλο έργο σε μια διαδικασία ροής εργασιών του TWS υποστηρίζονται από την συγκεκριμένη προοπτική που ενσωματώνει απόψεις και εκδόσεις για να καλύψει κατάλληλα τις λεπτομέρειες που συνδέονται με αυτό το καθήκον (Hammitzsch et al., 2012). Στο CCUI τέσσερις κύριες προοπτικές, που διοργανώνονται σε μια ροή εργασίας, υποστηρίζουν τους χειριστές στην άσκηση των καθηκόντων τους, ως προς την διαχείριση της απειλής από τσουνάμι καλύπτοντας τους στόχους του TWS, συμπεριλαμβανομένης της ανίχνευσης του κινδύνου και της πρόβλεψης, της

αξιολόγησης της απειλής και της διαμόρφωση του συναγερμού και διάδοσης της προειδοποίησης μέσω μηνυμάτων για την δημόσια ασφάλεια, όπως ορίζεται από την Unesco (2011). Οι απαιτήσεις αυτές έχουν εφαρμογή σε μια ροή εργασίας που περιλαμβάνει τις ακόλουθες κύριες προοπτικές:

1. Την «προοπτική της παρακολούθησης», η οποία παρέχει την έρευνα μιας συγκεκριμένης περιοχής και συμβάλλει στην απόκτηση μιας συνολικής εικόνας για την κατάσταση από τον χειριστή με γεω - χωρικές πληροφορίες για την παρακολούθηση των γεγονότων που εξελίσσονται.
2. Την «προοπτική της πρόβλεψης» που υποστηρίζει τον χειριστή στην ανάλυση διαφορετικών πιθανών προβλέψεων και επιλέγεται από το σύστημα προσομοίωσης με βάση τις διαθέσιμες μετρήσεις του αισθητήρα.
3. Την «προοπτική σύνθεσης μηνυμάτων» (Βλ. Σχήμα 8.5) δίνει τη δυνατότητα στο χειριστή να προετοιμάσει και να στείλει μηνύματα προειδοποίησης ή μηνύματα του συστήματος.
4. Την «προοπτική της διάδοσης» η οποία παρέχει μια ολοκληρωμένη επισκόπηση της κατάστασης των διαδιδόμενων μηνυμάτων που στέλνονται μέσω των διαφόρων καναλιών διάδοσης και επιτρέπει την παρατήρηση όλων των διαδόσεων που ξεκίνησαν για συγκεκριμένες ομάδες χρηστών.



ΣΧ. 8.5. Προοπτική σύνθεσης μηνυμάτων από το CCUI που έχει αναπτυχθεί στο Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute (KOERI) στην Τουρκία

Πηγή: Ozel et al., 2012

8.4.2 ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗΣ

Ο κύριος στόχος του συστήματος προσομοίωσης είναι να παρέχει μία τρέχουσα εκτίμηση της κατάστασης και πρόβλεψης των επιπτώσεων του τσουνάμι. Για το σκοπό αυτό, το σύστημα προσομοίωσης βασίζεται σε διαθέσιμα δεδομένα των αισθητήρων αφενός και σε αριθμητικά μοντέλα αφετέρου. Τα σύγχρονα αριθμητικά μοντέλα παρέχουν υψηλή ακρίβεια προσομοίωσης τσουνάμι και ως εκ τούτου έχουν υψηλή προγνωστική δυναμική. Έχουν

δοκιμαστεί εκτενώς και χρησιμοποιούνται συνήθως για πολλά χρόνια σε όλα τα συστήματα TWS (Babeyko et al., 2010; Behrens et al., 2010.).

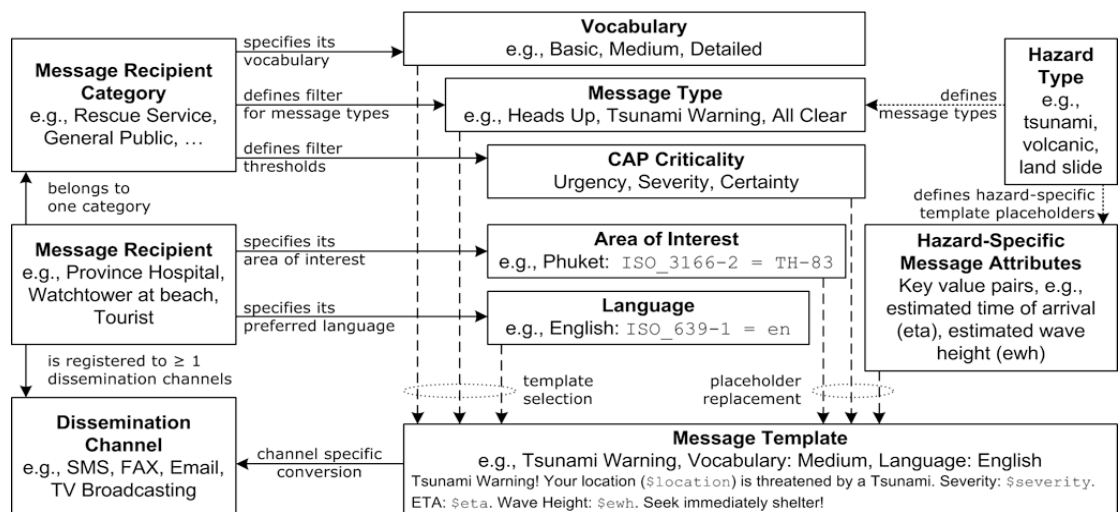
Σε περίπτωση απειλής τσουνάμι, το σύστημα προσομοίωσης καλείται να παράσχει ένα προγνωστικό μοντέλο διάδοσης του τσουνάμι και τις επιπτώσεις. Με την αύξηση του αριθμού των παρατηρήσεων από τους αισθητήρες, η πρόβλεψη γίνεται δυσκολότερη και ως εκ τούτου πιο αξιόπιστη. Η σύνθεση των αριθμητικών μοντέλων με τις παρατηρήσεις των αισθητήρων γίνεται συνήθως με διαφορετικούς τρόπους σύγκρισης των προβλέψεων του μοντέλου για τους αισθητήρες με πραγματικά δεδομένα αισθητήρων. Η σύνθεση μπορεί να πραγματοποιηθεί πλήρως αυτόματα, όπως εφαρμόζεται στο GITEWS (Steinmetz et al., 2010) ή μέσω της άμεσης αλληλεπίδρασης με τον αξιωματικό υπηρεσίας, όπως εφαρμόζεται από το DEWS.

Συνήθως, τα σενάρια δημιουργίας και κλιμάκωσης του φαινομένου των τσουνάμι προ - υπολογίζονται για ένα μεγάλο σύνολο αρχικών συνθηκών και αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων εικονικών σεναρίων. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο το TRIDEC, εκτός από την παραδοσιακή προσέγγιση της βάσης δεδομένων, ξεκίνησε επίσης να εφαρμόζει προσομοιώσεις τσουνάμι σε πραγματικό χρόνο για την προγνωστική μοντελοποίηση. Οι προσομοιώσεις σε πραγματικό χρόνο κάνουν χρήση των νέων υπολογιστικών μεθόδων υψηλής απόδοσης, όπως την Μονάδα Επεξεργασίας Γραφικών (Graphic Processing Unit - GPU) των υπολογιστών.

8.5 ΚΑΘΟΔΙΚΗ ΡΟΗ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ

8.5.1 ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΤΙΚΩΝ ΜΗΝΥΜΑΤΩΝ

Οι προδιαγραφές των μορφών μηνύματος και του περιεχομένου αποτελούν ένα κεντρικό θέμα για την εφαρμογή και τη λειτουργία των περιφερειακών και εθνικών υποδομών προειδοποιήσεων για τσουνάμι (π.χ. Neamtws, 2011). Τύποι μηνυμάτων που απευθύνονται τόσο στην ενημέρωση του κοινού, όσο και στην επικοινωνία μεταξύ των κέντρων προειδοποίησης, έχουν αναπτυχθεί και επικυρωθεί σε ασκήσεις μεγάλης κλίμακας (π.χ. Neamtws-ecte1, 2011; IOWave11, 2011).

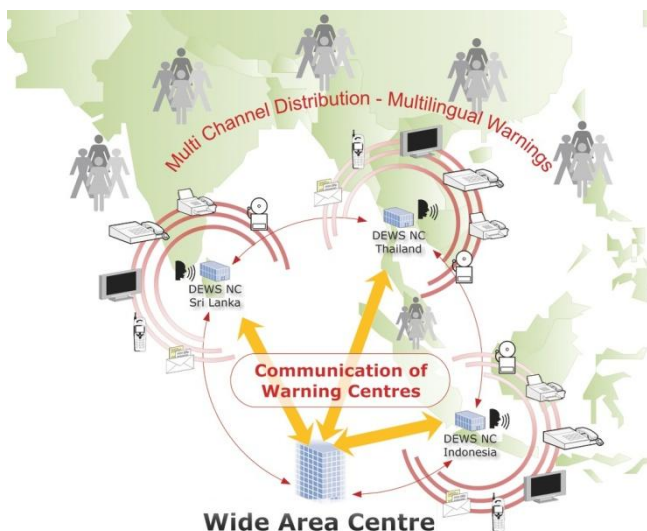


ΣΧ. 8.6 . Γενική ιδέα logistics των πληροφοριών των συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης

Πηγή: Lendholt και Hammitzsch, 2011).

Οι προδιαγραφές ενός γενικού Information Logistics Component (ILC) αποτελεί κυρίαρχο αποτέλεσμα του έργου DEWS. Η βασική πρόκληση είναι η ανάπτυξη ενός μοντέλου που θα εξυπηρετεί σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές, για ετερογενείς ομάδες παραληπτών των μηνυμάτων, όπως είναι οι υπηρεσίες διάσωσης, οι υπηρεσίες πολιτικής άμυνας και οι πολίτες. Το μοντέλο προβλέπει στρατηγικές φιλτραρίσματος μηνυμάτων, και την χρήση πολλαπλών γλωσσών και διαφορετικό λεξιλόγιο ανά ομάδα-στόχο.

Η εφαρμογή υποστήριξης αποφάσεων στέλνει ένα αρχικό μήνυμα προειδοποίησης παρέχοντας όλες τις σχετικές πληροφορίες του παρόντος κινδύνου. Αυτά τα λεγόμενα μηνύματα κεντρικού κινδύνου (hazard centric messages - HCM) λαμβάνονται από το ILC για την δημιουργία κεντρικών μηνυμάτων χρήστη, προσαρμοσμένα στις ανάγκες κάθε προσδιορισμένου παραλήπτη του μηνύματος. Η απαιτούμενη μετατροπή του κεντρικού μηνύματος χρήστη σε προϊόν με βάση το κανάλι διάδοσης βασίζεται στα αντίστοιχα χαρακτηριστικά του καναλιού και διοικείται από το Information Dissemination Component (IDC). Οι προσαρμογές καναλιού του IDC μετατρέπουν τα μηνύματα σε μορφές κατάλληλες για τα αντίστοιχα κανάλια διάδοσης (Esbr'i et al., 2012).



ΣΧ. 8.7. Επικοινωνία κέντρο-προς-κέντρο σε ένα σύστημα συστημάτων.

Πηγή:: Wachter et al., 2009; Lendholt και Hammitzsch, 2011).

8.5.2 ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ LOGISTICS ΣΕ ΜΙΑ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΚΕΝΤΡΟ-ΠΡΟΣ- ΚΕΝΤΡΟ

Η επικοινωνία μεταξύ των κέντρων σε ένα σύστημα συστημάτων απαιτεί μια νέα γενιά διαλειτουργικών προϊόντων μηνύματος τα οποία εισήγαγαν οι Lendholt et al(2012). Η ροή των πληροφοριών σε ένα περιβάλλον συστήματος συστημάτων μεταξύ κέντρων προειδοποίησης συνδυάζει την ανοδική και την καθοδική ροή πληροφοριών από ένα αυτόνομο σύστημα (Εικ. 7). Ως εκ τούτου, η ανταλλαγή μηνυμάτων σε καταστάσεις κρίσης βασίζεται:

- Στις μετρήσεις των αισθητήρων, όπως δεδομένα για το επίπεδο της θάλασσας και σεισμικές μετρήσεις. Ωστόσο, μόνο τα προ-επεξεργασμένα και επαληθευμένα

δεδομένα θα ανταλλάσσονται με σκοπό την διασφάλιση της αξιοπιστίας και της εμπιστοσύνης μεταξύ των διαφόρων κέντρων. Όπως αναφέρθηκε, τα πρότυπα OGC SWE είναι τα πλέον κατάλληλα για την κοινοποίηση των στοιχείων των αισθητήρων και των παρατηρήσεων.

- Στα προϊόντα προειδοποίησης, όπως τα δελτία τσουνάμι: Τα δελτία διανέμονται από τις αρχές στο πλαίσιο των διεθνών δικτύων προειδοποίησης και εξυπηρετούν άλλα κέντρα προειδοποίησης στις διαδικασίες λήψης αποφάσεων.

8.6 ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΡΟΚΛΗΣΕΙΣ

8.6.1 ΤΡΕΧΟΥΣΑ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ

Σε συνεργασία με τα εθνικά κέντρα προειδοποίησης στο βόρειο - ανατολικό Ατλαντικό, τη Μεσόγειο και τις συνδεδεμένες θάλασσες και την ομάδα συντονισμού ICG/NEAMTWS, το έργο TRIDEC αντιμετωπίζει τον σχεδιασμό και την εφαρμογή μιας ισχυρής και επεκτάσιμης υποδομής υπηρεσιών. Το TRIDEC υποστηρίζει την ενοποίηση και αξιοποίηση των υφιστάμενων συστημάτων και των πόρων. Περισσότερο από αυτό, το πλαίσιο που προκύπτει από την τεχνολογία μπορεί να εφαρμοστεί για την ταχεία και ευέλικτη ανάπτυξη των κατανεμημένων συστημάτων πληροφοριών που είναι ικανά να χειριστούν τις αυξανόμενες ποσότητες πληροφοριών σε σημαντικές και πολύπλοκες καταστάσεις κρίσης.

8.6.2 *ΑΝΤΙΣΥΜΒΑΤΙΚΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΤΑΧΕΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ*

Ο κύριος στόχος αυτών των νέων τύπων αισθητήρων είναι η απόκτηση πρόσθετων πληροφοριών σχετικά με την άφιξη ενός κύματος τσουνάμι και τις επιπτώσεις στις παράκτιες περιοχές. Με αυτή την έννοια, οι αντισυμβατικοί αισθητήρες λειτουργούν ως «αισθητήρες ελαφρού τύπου» παρέχοντας στις μονάδες προσομοίωσης και στους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων δεδομένα σχετικά με τη διάδοση των κυμάτων. Η αναμενόμενη ποιότητα των δεδομένων αυτού του τύπου των αισθητήρων είναι χαμηλότερη σε σύγκριση με τα παραδοσιακά συστήματα αισθητήρων. Ωστόσο, η δυνητικά τεράστια κάλυψη των παράκτιων περιοχών, ιδιαίτερα σε υψηλές αραιοκατοικημένες περιφέρειες όπως στην Μεσόγειο, θα αντισταθμίσει αυτά τα ελλείμματα ποιότητας.

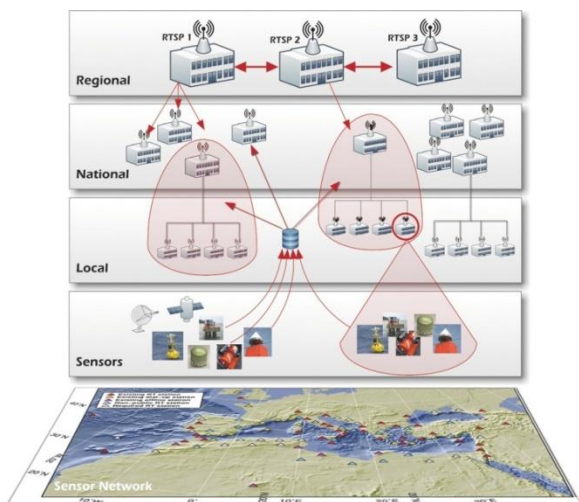
8.6.3. *ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΟΚΙΜΩΝ ΣΕ ΕΝΑ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ*

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του τεστ επικοινωνίας της άσκησης NEAMTWS - ECTE1 (2011), όλα τα στοιχεία του συστήματος προειδοποίησης πρέπει να διατηρούν ένα υψηλό επίπεδο ετοιμότητας, έτσι ώστε να είναι σε θέση να δράσουν αποδοτικά και αποτελεσματικά κατά τη διάρκεια της ταχύτατης έναρξης και ταχύτατης εξάπλωσης και εξέλιξης φυσικών καταστροφών, όπως είναι το τσουνάμι. Οι τακτικές δοκιμές των TWSs διεξάγονται και σε άλλες περιοχές, π.χ. στον Ινδικό (IOWave11, 2011) και τον Ειρηνικό Ωκεανό (PacificWave11, 2011). Για να διατηρηθεί σε υψηλό επίπεδο επιχειρησιακής ετοιμότητας και ιδιαίτερα για σπάνια γεγονότα όπως το τσουνάμι, τα κέντρα

προειδοποίησης και οι υπηρεσίες έκτακτης ανάγκης πρέπει να ασκούνται τακτικά σε διαδικασίες αντιμετώπισής τους.

8.6.4. ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΓΕΓΟΝΟΣ

Σύμφωνα με τους Moßgraber et al(2012), μια αρχιτεκτονική συστήματος που παρέχει τα σχέδια για την εφαρμογή μιας προσέγγισης συστήματος-συστημάτων θα πρέπει να συνδυάζει πολλαπλές τεχνολογίες και αρχιτεκτονικές μορφές. Η συνεπής εφαρμογή των ροών εργασίας και των πινάκων αποφάσεων στην οργάνωση των διαδικασιών σε αυτό το επίπεδο παρέχει μια σημαντική αύξηση της ευελιξίας στην υιοθέτηση του συστήματος προειδοποίησης για συγκεκριμένες απαιτήσεις (Riedel et al., 2012).



ΣΧ. 8.8. Αρχιτεκτονικά επίπεδα ενός περιφερειακού συστήματος προειδοποίησης για τσουνάμι .

Πηγή: Wachter et al., 2009, Lendholt και Hammitzsch, 2011

8.6.5. ΑΠΟ ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΣΤΙΣ ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΠΟΛΛΑΠΛΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ

Τα NTWCs μαζί με τα National Tsunami Focal Points (NTFP) λειτουργούν σε εθνικό νομικό πλαίσιο και παρέχουν προειδοποιήσεις, παρακολούθηση και συμβουλές προς τους πολίτες και τους δημόσιους και ιδιωτικούς φορείς. Οι προειδοποιήσεις αυτές βασίζονται είτε στην ανάλυση της κατάστασης από τα της NTWC, ή στα συμβουλευτικά μηνύματα που λαμβάνονται από τα συστήματα TWP ή από τον συνδυασμό όλων (ICG / NEAMTWS, 2011). Ως εκ τούτου μια μελλοντική υποδομή προειδοποίησης για τσουνάμι στην περιοχή NEAM θα είναι ένα σύστημα συστημάτων με πολύπλοκη αρχιτεκτονική πολλαπλών επιπέδων (Εικ. 8).

Οι στόχοι της UNESCO/IOC, υπερβαίνουν τις προοπτικές που παρατέθηκαν παραπάνω. Η ομάδα εργασίας Working Group on Tsunamis and Other Hazards Related to Sea-Level Warning and Mitigation Systems (TOWS-WG, 2011) αναπτύσσει όρους αναφοράς για μια παγκόσμια υποδομή έγκαιρης προειδοποίησης, όχι μόνο για τα τσουνάμι, και ως μία επέκταση των υφιστάμενων υποδομών για άλλους θαλάσσιους συναφείς κινδύνους και σε συνεργασία με οργανισμούς όπως η Ομάδα Παρατήρησης της Γης (GEO) και η GEOSS για την εφαρμογή μιας παγκόσμιας υποδομής πολλαπλών κινδύνων (Lauterjung et al., 2010β).

8.7. ΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ

"Το 2001 ψηφίστηκε ένα νέο νομοθέτημα (ν. 2971/01) σχετικό με τον «αιγιαλό, την παραλία και άλλες διατάξεις» το οποίο αντικατέστησε τον απαρχαιωμένο παλαιότερο νόμο (ν. 2344/40) που αφορούσε τις ακτές και ίσχυε για 60 ολόκληρα χρόνια (από το 1940). Ορισμένες διατάξεις για την παράκτια ζώνη αναφέρονται επίσης στους νόμους (ν. 1337/83) του 1983 και (ν. 1650/86) του 1986 που αφορούν τη χωρική ανάπτυξη και το περιβάλλον αντίστοιχα. Οι δύο αυτοί νόμοι αναθεωρήθηκαν από τον μεταγενέστερο (ν. 2742/99) (ΦΕΚ 207/Α'/1999) «περί χωροταξίας και βιώσιμης ανάπτυξης».

Η διαδικασία που ακολουθείται για τον καθορισμό των ορίων του αιγιαλού, της παραλίας και του παλαιού αιγιαλού, δίνεται στο άρθρο 3 σύμφωνα με το οποίο: «ο καθορισμός των ορίων του αιγιαλού, της παραλίας και του παλαιού αιγιαλού γίνεται από Επιτροπή, η οποία συγκροτείται σε επίπεδο νομού με απόφαση του Υπουργού Οικονομικών και αποτελείται από:

- α) τον προϊστάμενο της Κτηματικής Υπηρεσίας ως πρόεδρο,
- β) ένα μηχανικό της Κτηματικής Υπηρεσίας με ειδικότητα τοπογράφου ή πολιτικού μηχανικού και, αν δεν υπάρχει, έναν τεχνολόγο τοπογράφο μηχανικό, ενώ σε περίπτωση που η Κτηματική Υπηρεσία δε διαθέτει μηχανικό των ανωτέρω ειδικοτήτων, συμμετέχει στην Επιτροπή μηχανικός της Τεχνικής Υπηρεσίας Δήμων και Κοινοτήτων (Τ.Υ.Δ.κ.) ή άλλης υπηρεσίας του Δημοσίου,
- γ) τον αρμόδιο Λιμενάρχη,
- δ) το διευθυντή της Διεύθυνσης Πολεοδομίας της Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης,
- ε) το διευθυντή Χωροταξίας και Περιβάλλοντος της Γενικής Γραμματείας της Περιφέρειας.

Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, μετά την εκτίμηση των πραγματικών περιστατικών, ο Υπουργός Οικονομικών δύναται να συστήσει και δεύτερη επιτροπή.»

Ένα από τα κύρια προβλήματα σε διοικητικό και οργανωτικό επίπεδο είναι η έλλειψη μηχανισμών συντονισμού των επιμέρους φορέων που εμπλέκονται στη διαχείριση των ελληνικών παράκτιων περιοχών. Σημαντική είναι η επισήμανση ότι απουσιάζει εντελώς η προσπάθεια πρόληψης μελλοντικών προβλημάτων. Αντίθετα η σημερινή πολιτική αντίληψη έχει σαν στόχο την επίλυση προβλημάτων που έχουν ήδη δημιουργηθεί από την κακή διαχείριση του παρελθόντος.

Η τελική διαπίστωση είναι ότι δυστυχώς η Ο.Δ.Π.Ζ. (ολοκληρωμένη διαχείριση παράκτιας ζώνης) δεν χρησιμοποιείται ως εργαλείο διαχείρισης των ελληνικών ακτών" (Καρύμπαλης, 2010)

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

1. Antenucci (2004) "Geographic Information Systems" Ed. Chspman & Hall, pp, 104-109
2. Babeyko, A. Y., Hoechner, A., and Sobolev, S. V. (2010) Source modeling and inversion with near real-time GPS: a GITEWS perspective for Indonesia, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10, 1617–1627, doi:10.5194/nhess-10-1617-2010
3. Bambaradeniya, C.N.B., Sandun, M., Perera, J., Rodrigo, R.K., Samarawickrama, V.A.M.P.K. & Asela, M.D.C. (2010) *Impacts of the recent tsunami on the Lunama-Kalametiya Wetland Sanctuary*. IUCN □ the World Conservation Union, Sri Lanka Country Office. Behrens, J., Androsov, A., Babeyko, A. Y., Harig, S., Klaschka, F., and Mentrup, L.: A new multi-sensor approach to simulation assisted tsunami early warning, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10, 1085–1100, doi:10.5194/nhess-10-1085-2010,
4. Benson C., Clay E (2004) Beyond the Damage : Probing the Economic and Financial Consequences of Natural Disasters. Humanitarian Exchange, No 27
5. Chappell, D. A.: Enterprise Service Bus, O'Reilly, (2008). Erl, T.: SOA, Entwurfsprinzipien f'ur serviceorientierte Architektur, M"unchen, Addison-Wesley
6. Corinth, Greece. Natural Hazards and Earth System Sciences 3 : 733-747

7. Esbrí, M. A., Hammitzsch, M., and Lendholt, M. (2012): A hazard-independent approach for the standardised multi-channel dissemination of warning messages, in: European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2012, Vienna, Austria, 22–27 April 2012, Geophys. Res. Abstr., EGU2012-10014, EGU General Assembly 2012, Vienna, Austria.
8. Falck, C., Ramatschi, M., Subarya, C., Bartsch, M., Merx, A., Hoeberechts, J., and Schmidt, G. (2010): Near real-time GPS applications for tsunami early warning systems, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 10, 181–189, doi:10.5194/nhess-10-181-2010.
9. Fleischer, J., Hˆaner, R., Herrnkind, S., Kloth, A., Kriegel, U., Schwarting, H., and Wˆachter, J. (2010): An integration platform for heterogeneous sensor systems in GITEWS – Tsunami Service Bus, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 10, 1239–1252, doi:10.5194/nhess-10-1239-2010
10. GEOSS (2011): Group on Earth Observation, GEO 2012-2015 Work Plan, available at: [http://www.earthobservations.org/documents/work%20plan/GEO%202012-2015%20Work%20Plan Rev1. pdf](http://www.earthobservations.org/documents/work%20plan/GEO%202012-2015%20Work%20Plan%20Rev1.pdf) (last access: 6 May 2012).
11. Hˆaner, R. and Kriegel, U. (2008): From GITEWS to InaTEWS: An Architectural Blue Print, Potsdam.
12. Hammitzsch, M. and Lendholt, M. (2011): Evolving an information logistics database for geospatial early warning systems, *Geomatics, Nat. Hazards Risk*, 2, 95–109, doi:10.1080/19475705.2011.563448.2.
13. Hammitzsch, M., Lendholt, M., and Esbrí, M. A. (2012): User interface prototype for geospatial early warning systems – a tsunami showcase, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, 555–573, doi:10.5194/nhess-12-555-2012.

14. Hammitzsch, M., Lendholt, M., and Wächter, J. (2010): Distant Early Warning System for Tsunamis – A wide-area and multi-hazard approach, in: European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2010, Vienna, Austria, 02–07 May 2010, Geophys. Res. Abstr., EGU2010-4496, EGU General Assembly 2010, Vienna, Austria.
15. Hanka, W., Saul, J., Weber, B., Becker, J., Harjadi, P., Fauzi, and GITEWS Seismology Group (2010): Real-time earthquake monitoring for tsunami warning in the Indian Ocean and beyond, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10, 2611–2622, doi:10.5194/nhess-10- 2611-2010.
16. Hebenstreit (2001) "Tsunami Research At The End Of A Critical Decade" Ed. Kluwer Academic Publishers
17. ICG/NEAMTWS (2011): Interim Operational Users Guide for the Tsunami Early Warning and Mitigation System in the Northeastern Atlantic, the Mediterranean and Connected Seas (NEAMTWS), Version 1.9,.
18. ICG/Neamtws (2009): Tsunami Early Warning and Mitigation System in the North Eastern Atlantic, the Mediterranean and Connected Seas, NEAMTWS Implementation Plan, Version 3.4, Intergovernmental Oceanographic Commission Technical Series 73.
19. India: A Perspective (2007) 22th IUGG International Tsunami Symposium, Chania.
20. IOC Technical Series No. 99, UNESCO, 2011. Josuttis, N. (2009): SOA in der Praxis, Heidelberg, dpunkt.verlag, 2008. Kamigaichi, O.: Tsunami forecasting and warning, in: Encyclopedia of Complexity and Systems Science, edited by: Meyers, R. A., Springer, 9592–9618.

21. Keating B.H., Helsley C(2007) Indian Ocean Tsunami on the Maldives Islands.Initial Observations. Science of tsounami Hazards 23, No 2, Page 19
22. Lauterjung, J., Koltermann, P., Wolf, U., and Sopaheluwakan, J.(2010): The UNESCO-IOC framework – establishing an international early warning infrastructure in the Indian Ocean region, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10, 2623–2629, doi:10.5194/nhess-10- 2623-2010,
23. Lauterjung, J., Münch, U., and Rudloff, A. (2010): The challenge of installing a tsunami early warning system in the vicinity of the Sunda Arc, Indonesia, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10, 641– 646, doi:10.5194/nhess-10-641-2010, 2010a.
24. Lendholt, M. and Hammitzsch, M. (2011): Generic Information Logistics for Early Warning Systems, Proceedings of the 8th International ISCRAM Conference, Lisbon
25. Lendholt, M., Esbri, M. A' ., and Hammitzsch, M. (2012): Integrating national tsunami early warning systems – towards ocean-wide system-of-systems networks Proceedings of the 9th International ISCRAM Conference, Vancouver
26. Levin B.W., (2007) tsounami: Causes, Consequences, Prediction and Response. Natural Disasters
27. Lindsay J., Shepherd J., Lynch L Kick 'em Jenny Submarine Volcano (2001): A Discussion of Hazards and the New Alert Level System (Presentation) Intergovernmental Oceanographic Commission of Unesco Draft tsounami Press Kit
28. LONGLEY (2010) "Συστήματα Και Επιστήμη Γεωγραφικών Πληροφοριών" Εκδ. Κλειδάριθμος

29. Luckham, D. C. (2002): The Power of Events, an Introduction to Complex Event Processing in Distributed Enterprise Systems, Addison- Wesley, Reading,
30. Middleton, S. E., Sabeur, Z. A., L'owe, P., Hammitzsch, M., Tavakoli, S., and Poslad, S. (2012): Multi-disciplinary approaches to intelligently sharing large-volumes of real-time sensor data during natural disasters, Data Science Journal, in press
31. Mobgraber, J., Middleton, S., Hammitzsch, M., and S. Poslad, S. (2012): A Distributed Architecture for Tsunami Early Warning and Collaborative Decision-support in Crises, in: European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2012, Vienna, Austria, 22–27 April 2012, Geophys. Res. Abstr., EGU2012-8040-2, EGU General Assembly 2012, Vienna, Austria,.
32. NEAMTWS-ECTE1(2011): Tsunami Early Warning and Mitigation System in the North-Eastern Atlantic, the Mediterranean and connected seas, First Enlarged Communication Test Exercise (ECTE1), Exercise Manual and Evaluation Report, IOC Technical Series No 98, UNESCO/IOC.
33. Ogc/Itil(2010): The Official Introduction to the ITIL® Service Lifecycle, TSO
34. OGC (2012): OGC® Standards and Supporting Documents, available at: <http://www.opengeospatial.org/standards>, last access: 6 May 2012.
35. Ozel, N. M., Necmioglu, O., Yalciner, A. C., Kalafat, D., Yilmazer, M., Comoglu, M., Sanli, U., Gurbuz, C., and Erdik, M. (2012): Tsunami Early Warning in the Eastern Mediterranean, Aegean and Black Sea, in: The

- 22nd International Offshore and Polar Engineering Conference, Rhodes (Rodos), Greece, 17–22 June 2012
36. PacificWave11 (2011): Exercise Pacific Wave 11, A Pacific-wide Tsunami Warning and Communication Exercise, 9–10 November 2011, Vol. 1, IOC Technical Series No 97., Unesco/ioc.
 37. Potential tsounami Hazard from Submarine Landslides in the Corinth Gulf, Greece. 22th IUGG International tsounami Symposium, Chania.
 38. Riedel, F., Chaves, F., and Zeiner, H. (2012): Flexible Early Warning Systems with Workflows and Decision Tables, in: European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2012, Vienna, Austria, 22–27 April 2012, Geophys. Res. Abstr., EGU2012-7735-1, EGU General Assembly 2012, Vienna, Austria
 39. Schöone, T., Illigner, J., Manurung, P., Subarya, C., Khafid, Zech, C., and Galas, R. (2011): GPS-controlled tide gauges in Indonesia – a German contribution to Indonesia’s Tsunami EarlyWarning System, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 11, 731–740, doi:10.5194/nhess- 11-731-2011
 40. Schöone, T., Pandoe, W., Mudita, I., Roemer, S., Illigner, J., Zech, C., and Galas, R. (2011): GPS water level measurements for Indonesia’s Tsunami Early Warning System, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 11, 741–749, doi:10.5194/nhess-11-741-2011
 41. Shanker D., Wason H.R., Sinvhal A., Joshi V.H (2007) Damage due to Devastating Earthquake (Mw 9), and Tsunami of December 26, 2004 in Andaman and Nicobar
 42. Soloviev S.L(1989) tsounami genic Zones in the Mediterranean Sea. Natural Hazards 3 : 183-202

43. Stefatos A., Charalambakis M., Papatheodorou G., Ghionis G., Ferentinos G (2007) Potential tsunami Hazard from Submarine Landslides in the Corinth Gulf, Greece. 22th IUGG International tsunami Symposium, Chania.
44. Steinmetz, T., Raape, U., Tebmann, S., Strobl, C., Friedemann, M., Kukofka, T., Riedlinger, T., Mikusch, E., and Dech, S. (2010): Tsunami early warning and decision support, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., 10, 1839–1850, doi:10.5194/nhess-10-1839-2010
45. Stevens S (2007) tsunami and Mental Health. U.S Department of Veterans Affairs
46. Supratid S., Shuto N (2004) The 2004 Sumatra tsunami: tsunami Intensity Scale, Damage assessments at the Kamala beach, Phuket, Thailand.
47. Taylor, H., Yochem, A., Phillips, L., and Martinez, F. (2009): Event-Driven Architecture: How SOA Enables the Real-Time Enterprise, Addison-Wesley
48. Tows-Wg (2011): Working Group on Tsunamis and Other Hazards Related to Sea-Level Warning and Mitigation Systems (TOWSWG), Fourth Meeting, Paris, France 20–21 March, Intergovernmental Oceanographic Commission Reports of Meetings of Experts and Equivalent Bodies
49. Unesco (2011): Indian Ocean Tsunami Warning and Mitigation System Iotws. Implementation Plan Eighth Session of the Intergovernmental Coordination Group for the Indian Ocean Tsunami Warning and Mitigation System (Icg/Iotws-VIII), Melbourne, Australia, 3–6 May 2011, IOC Technical Series No. 71 (Revision 4).

50. United Nations Development Programme, Disaster Reduction Unit.
Reducing Risks from tsounami: Disaster and Development
51. Usiotws (2010): Tsunami Warning Center Reference Guide, US Indian
Ocean Tsunami Warning System Program, 2007. Wächter, J.,
Hammitzsch, M., and Lendholt, M.: Introduction to the Distant
EarlyWarning System, Proceedings DEWS Midterm Conference
52. Wetlands International Indonesia Programme (2004) tsounami of Aceh
and North Sumatra 26 December

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

53. Καρτάλης (2007) " Αρχές και Εφαρμογές Δορυφορικής Τηλεπισκόπησης"
Εκδ. Γκιούρδας
54. Καρυμπάλης (2010) "Παράκτια Γεωμορφολογία" Εκδ. Ίων
55. Παυλόπουλος (2011) " Γεωμορφολογία Εφαρμογές στις Γεωεπιστήμες"
Εκδ. Ίων

ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

56. <http://maritime.haifa.ac.il>
57. <http://maritime.haifa.ac.il/>
58. http://www.biocrawler.com/encyclopedia/2004_Indian_Ocean_earthquake
59. <http://www.ngdc.noaa.gov/seg/hazard/tsuintro.shtml>
60. <http://www.soest.hawaii.edu/tsounami/tsugen.htm>

61. <http://cosmo.gr/Epikairotita>

