

ΕΘΝΙΚΟ & ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



NATIONAL & KAPODISTRIAN UNIVERSITY OF ATHENS
SCHOOL OF SCIENCES
DEPARTMENT OF GEOLOGY & GEOENVIRONMENT



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

POST GRADUATE PROGRAM
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης

Master Thesis

Κίνδυνος Τσουνάμι και Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης στο Νότιο Αιγαίο

Tsunami Risk and Integrated Coastal Zone Management in South Aegean

ΜΑΡΙΑ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ΓΩΓΟΥ / MARIA EVANGELIA GOGOU

A.M. / R.N. : 14020

Ειδικές Εκδόσεις / Special Publications:

No. 2017008



ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΩΝ & ΚΡΙΣΕΩΝ

POST GRADUATE PROGRAM
ENVIRONMENTAL, DISASTER & CRISES MANAGEMENT STRATEGIES

Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης

MasterThesis

Κίνδυνος Τσουνάμι και Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης στο Νότιο Αιγαίο

Tsunami Risk and Integrated Coastal Zone Management in South Aegean

ΜΑΡΙΑ ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ΓΩΓΟΥ / MARIA EVANGELIA GOGOU

A.M. / R.N. : 14020

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

Δρ. Π. Νομικού,
Καθηγ. ΕΚΠΑ

Δρ. Ν. Βούλγαρης,
Καθηγ. ΕΚΠΑ

Δρ. Α. Μερτζάνης,
Αναπλ. Καθηγ. ΤΕΙ Στερεάς Ελλάδας

Εξειδικευμένη Επιστημονική Καθοδήγηση:

Ε. Ανδρεαδάκης
Γεωλόγος MSc, PhDc, ΕΚΠΑ



Εθνικό και Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

**Κίνδυνος Τσουνάμι και Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης
στην νότια περιοχή των Κυκλαδικών Νήσων**

Γώγου Μ.Ε.

Επιβλέπων: Δρ. Παρασκευή Νομικού

ΠΜΣ Στρατηγικές Διαχείρισης Περιβάλλοντος, Καταστροφών και Κρίσεων
Σχολή Θετικών Επιστημών
Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος
Αθήνα 2016

Περιεχόμενα

1. Εισαγωγή.....	9
2. Ολοκληρωμένη διαχείριση παράκτιας ζώνης και φυσικοί κίνδυνοι παράκτιας ζώνης.....	11
2.1 Παράκτια Ζώνη.....	11
2.2 Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης.....	14
2.2.1 Επιστημονική άποψη.....	14
2.2.2 Ισχύουσα Νομοθεσία.....	17
2.2.3 Ολοκληρωμένη διαχείριση Παράκτιας Ζώνης στις Κυκλάδες (πρόγραμμα Ε.Ε.).....	20
2.3 Φυσικοί κίνδυνοι στη Παράκτια Ζώνης.....	21
2.3.1 Κατηγορίες φυσικών κινδύνων στη παράκτια ζώνη.....	21
2.3.1.1 Μακράς χρονικής κλίμακας άνοδος της στάθμης της θάλασσας.....	21
2.3.1.2 Μετεωρολογικές συνθήκες.....	22
2.3.1.3 Διάβρωση.....	23
2.3.1.4 Υποθαλάσσιες κατολισθήσεις.....	25
2.3.1.5 Γεωτεκτονικές ανοδικές και καθοδικές κινήσεις ξηράς.....	27
2.4 Τσουνάμι.....	29
2.4.1 Κλίμακα μέτρησης μεγέθους Τσουνάμι.....	32
2.4.2 Συμπεριφορά κυμάτων Τσουνάμι στην παράκτια ζώνη.....	34
2.4.3 Δημιουργία κύματος Τσουνάμι από κατολισθήσεις (landslides).....	34
2.4.4 Δημιουργία κύματος τσουνάμι από ηφαιστειακή δραστηριότητα.....	38
2.4.5 Τσουναμογενής Ζώνη (Ελληνικός χώρος).....	39
3 Παρουσίαση της περιοχής μελέτης και οριοθέτηση της παράκτιας ζώνης και του κινδύνου σε αυτή.....	40
3.1 Περιοχή μελέτης.....	40
3.1.1 Γεωμορφολογία περιοχής.....	41
3.1.2 Γεωλογία περιοχής.....	43
3.1.3 Γεωδυναμικό περιοχής.....	47
3.1.3.1 Συσχέτιση γεωδυναμικού περιοχής με την δημιουργία τσουνάμι.....	51
3.2 Έκθεση της παράκτιας ζώνης σε κίνδυνο Τσουνάμι.....	52
3.2.1 Χαρακτηριστικές περιπτώσεις τσουνάμι ανά τον κόσμο.....	52
3.2.1.1 Σαντορίνη 1615 π.Χ.....	53
3.2.1.2 Lityua Bay, Αλάσκα 1958.....	54
3.2.1.3 Ιαπωνία 2011, Ινδονησία 2004, Χαβάη 1946, Αλάσκα 1964 και Χιλή 2015.....	54
3.2.1.4 Krakatau 1883.....	55
3.2.1.5 Ritter Island 1888.....	55
3.2.1.6 Παπούα, Νέα Γουινέα 1998.....	56

3.2.1.7 Izmit, Τουρκία 1999.....	56
3.2.1.8 Αμοργός 1956.....	57
3.3 Οριοθέτηση παράκτιας ζώνης και ζωνοποίηση κινδύνου τσουνάμι στην περιοχή μελέτης.....	57
3.3.1 Οριοθέτηση παράκτιας ζώνης.....	60
3.3.2 Ζωνοποίηση κινδύνου.....	65
3.4 Εξαιρούμενες περιοχές και περιοχές με μεγάλη επικινδυνότητα.....	69
4 Επιπτώσεις Τσουνάμι στις Νότιες Κυκλάδες.....	76
4.1 Ιστορικότητα τσουνάμι στην Περιοχή – Αμοργός 1956.....	76
4.2 Πιθανές επιπτώσεις απ ένα τσουνάμι στις μέρες μας.....	81
4.2.1 Χρήσεις γης.....	81
4.2.2 Απεικόνιση και ανάλυση των ζωνών κινδύνου σε δορυφορικές εικόνες του σήμερα.....	87
4.2.2.1 Επιπτώσεις σε κατοικημένες περιοχές.....	99
4.2.2.2 Επιπτώσεις σε τουριστικές περιοχές.....	99
4.2.2.3 Επιπτώσεις σε βιομηχανικές περιοχές.....	101
4.2.2.4 Επιπτώσεις σε γεωργικές περιοχές και άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες.....	103
4.3 Συνδυασμός κινδύνων (Σεισμός, τσουνάμι, εκδήλωση πυρκαγιάς...)	103
5 Προτάσεις πρόληψης και ένταξης του πιθανού κινδύνου στην Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης.....	106
5.1 Γιατί η αναγκαιότητα για μέτρα πρόληψης.....	106
5.2 Προτεινόμενα μέτρα πρόληψης κινδύνου τσουνάμι για την περιοχή μελέτης.....	107
5.2.1 Δομικά μέτρα.....	108
5.2.2 Μη Δομικά μέτρα.....	112
5.3 Ένταξη της πρόβλεψης και του κινδύνου ενός τσουνάμι, στην Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης.....	118
6 Συμπεράσματα και Συζήτηση.....	121
Βιβλιογραφία	123

Ένα μεγάλο Ευχαριστώ...

Στον άνθρωπο που με ώθησε και με ενέπνευσε να ξεκινήσω αυτό το ΠΜΣ

Δρ. Αναγνώστου Χρήστο

Στον άνθρωπο που με στήριξε καθ όλη την διάρκεια του, τον άνθρωπο μου

Μάνο Γεώργιο

Στον άνθρωπο που με εξέπληξε με τον θετικότερο τρόπο και με βοήθησε να το ολοκληρώσω

Ανδρεαδάκη Μανώλη

Αφιερωμένη, στο γιό μου Αχιλλέα

«Η γνώση θα είναι το μεγαλύτερο όπλο σου... Ποτέ να μην το παραδώσεις, ποτέ μην παραδοθείς»

Περίληψη

Στη μελέτη αυτή γίνεται προσπάθεια σύνδεσης της έννοιας της ολοκληρωμένης διαχείρισης Παράκτιας Ζώνης, με την επικινδυνότητα εκδήλωσης τσουνάμι στην περιοχή των νοτίων Κυκλάδων.

Αρχικά παρουσιάζεται αναλυτικά η έννοια και οι στόχοι της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παράκτιας Ζώνης, το νομοθετικό πλαίσιο εφαρμογής της σε Ελλάδα και Ευρώπη και οι φυσικοί κίνδυνοι που αντιμετωπίζουν οι παράκτιες περιοχές καταλήγοντας στο φυσικό κίνδυνο που καλείται τσουνάμι. Παρουσιάζονται τα βασικά χαρακτηριστικά ενός τσουνάμι, πως δημιουργείται, πως αυτό συμπεριφέρεται φτάνοντας στην παράκτια ζώνη και οι περιοχές οι οποίες θεωρούνται ως πιθανοί χώροι εκδήλωσης ενός τέτοιου φαινομένου στην Ελλάδα.

Στην συνέχεια δίνεται η γεωμορφολογική και γεωλογική περιγραφή της περιοχής μελέτης, όπου αποτελείται από τα νησιά Φολέγανδρος, Σίκινος, Ηρακλειά, Σχοινούσα, Κουφονήσια, Κέρος, Αμοργός, Αστυπάλαια, Ανάφη, Σαντορίνη και φυσικά την θαλάσσια περιοχή που τα περιβάλλει. Μια περιγραφή, από την οποία εξακριβώνεται οι επικινδυνότητα δημιουργίας τσουνάμι στην περιοχή, κυρίως προερχόμενη από υποθαλάσσια κατολίσθηση.

Η Μεθοδολογία που ακολουθείται για να μπορέσουν να αναδειχτούν οι επιπτώσεις που θα μπορούσε να έχει ένα τσουνάμι στις νότιες Κυκλάδες σήμερα, ξεκινάει με μια συγκέντρωση γεγονότων από όλο τον κόσμο, με περιστατικά εκδήλωσης τσουνάμι προερχόμενα από τις τρεις βασικές κατηγορίες γενεσιουργίας (σεισμός, ηφαίστειο, κατολίσθηση), συμπεριλαμβανομένου δυο γεγονότων που συνέβησαν στην περιοχή μελέτης, καθώς και το μετρούμενο max run up που έδωσε το κάθε ένα από αυτά τα γεγονότα. Από την συγκέντρωση αυτών των πληροφοριών, εξάγονται 7 ζώνες με εύρη τιμών πιθανών run up που θα μπορούσε να παρατηρηθούν στις ακτές του νησιωτικού συμπλέγματος που μελετάμε. Παράλληλα με αυτό τον τρόπο, οριοθετείται η παράκτια ζώνη σε όλα τα νησιά.

Εισάγοντας τα δεδομένα στο πρόγραμμα ArcGIS, ζωνοποιείται η παράκτια ζώνη και με αυτό τον τρόπο απεικονίζεται η επικινδυνότητα βαθμιαία, για κάθε νησί. Η ζωνοποίηση της επικινδυνότητας παρουσιάζεται, σε συνδυασμό με τις τιμές run up

που είχαν καταγραφεί στο τελευταίο τσουνάμι στην περιοχή, αυτό της Αμοργού, το 1956.

Ακολουθεί η ανάδειξη των επιπτώσεων η οποία ξεκινά με μια αναδρομή στις επιπτώσεις που καταγράφηκαν το 1956 στην ευρύτερη περιοχή του νοτίου Αιγαίου. Στην συνέχεια η ζωνοποίηση εφαρμόζεται πάνω στις σημερινές χρήσεις γης των νησιών αλλά και σε δορυφορικές εικόνες του τώρα, αναδεικνύοντας με αυτό τον τρόπο τι θα συμβεί, εάν ένα τσουνάμι πλήξει την περιοχή των νοτίων Κυκλάδων στις μέρες μας σε κατοικημένες, τουριστικές, βιομηχανικές και γεωργικές περιοχές αντίστοιχα.

Μετά την ανάδειξη των επιπτώσεων, προτείνονται μέτρα πρόληψης, τα οποία ήδη είναι εφαρμόσιμα σε χώρες που αντιμετωπίζουν το φαινόμενο τσουνάμι και τα οποία θα μπορούσαν να εφαρμοστούν και στην χώρα μας. Γίνεται σύνδεση της λήψης μέτρων με την έννοια της Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παράκτιας Ζώνης, τονίζοντας ότι η λήψη μέτρων στο φαινόμενο τσουνάμι αλληλοεξαρτάται με τις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης.

Η μελέτη ολοκληρώνεται με την εξαγωγή συμπερασμάτων με βασικότερο αυτό της ανάγκης να συμπεριληφθεί η πρόληψη του κινδύνου τσουνάμι σε κάθε στρατηγική Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παράκτιας Ζώνης για τις νότιες Κυκλάδες.

Abstract

The focus of this present research (thesis) lies on associating the concept of integrated coastal zone management with the potential risk of tsunamis in the Cyclades.

At the beginning of the thesis the meaning and the objectives of integrated coastal zone management are presented as well as the legislative framework in Greece and Europe respectively. Furthermore, the natural risks that coastal areas face due to tsunami hazard are examined together with the basic features of this phenomenon, its behavior when it hits a coastal zone and the potential areas of a tsunami outbreak in Greece.

After that, the research focuses on the geological and geomorphological description of the area under discussion which mainly consists of the following islands and the sea that surrounds them: Folegandros, Sikinos, Iraklia, Schoinousa, Koufonisia, Keros, Amrogos, Astypalaia, Anafi and Santorini. This particular description verifies the danger of a tsunami creation in the area mainly caused by underwater landslide.

As far methodology is concerned, in order to highlight the impact a tsunami could have on Southern Cyclades at present time, a certain pattern is followed concentrating events from all over the world which include certain tsunami incidents caused by the three categories: earthquake, volcano, and landslide.

Furthermore, we take into consideration two particular events that took place in the specific area as well as the rate of max run up which each of two events gave and as well of all world events.

After carefully examining this information, we can conclude to 7 zones with a range of measurements, regarding possible run up are derived, which can be observed on the coasts of the island complex. At the same time, by following this pattern, the coastal zone of each island is designated.

By inserting the data collected in the ArcGIS, the coastal area is divided into zones; hence the potential risk for every island is illustrated.

This zoning of risk is presented together with the run up rates which have been documented in the latest tsunami on the island of Amorgos in 1956.

In the next chapter, the effects of tsunami are highlighted starting with a brief history of the tsunami that took place in the wider area of the Southern Aegean Sea. Next, the idea of zoning is overlain to the current uses of land on the islands paired with pictures taken from satellites. In this way it is underlined what is going to happen in case a tsunami hits the area of northern Cyclades and the potential impact it will have on the residential, tourist, industrial and agricultural areas accordingly.

After stressing the effects, preventive measures are recommended, which are already applicable to countries which face the phenomenon of tsunamis, while, they could be implemented in our country as well. An attempt is being made to associate the measures that have to be taken with the idea of integrated coastal zone putting emphasis on the fact that taking measures heavily rests on the principles of sustainable development.

The research is completed reaching to conclusions, highlighting the necessity to include the prevention of the risk of a tsunami in every strategy of the integrated coastal zone management for south Cyclades.

1. Εισαγωγή

Οι παράκτιες ζώνες είναι από τις πιο παραγωγικές περιοχές του κόσμου, προσφέροντας μια μεγάλη ποικιλία πολύτιμων ενδιαιτημάτων και οικοσυστημάτων καθώς και υπηρεσίες που πάντα προσέλκυαν τον άνθρωπο και τις δραστηριότητες του. Η ομορφιά και ο πλούτος των παράκτιων ζωνών είναι γεγονός, θέτοντας τις δημοφιλείς περιοχές, τουριστικούς προορισμούς, σημαντικές επιχειρηματικές ζώνες και φυσικά σημεία διέλευσης. Σήμερα, περισσότερα από 200 εκατομμύρια ευρωπαίοι πολίτες ζουν κοντά σε ακτές, που εκτείνονται από τον Βόρειο Ατλαντικό και τη Βαλτική μέχρι τη Μεσόγειο και τη Μαύρη Θάλασσα.

Η εντατική συγκέντρωση του πληθυσμού και η υπερβολική εκμετάλλευση των φυσικών πόρων ασκεί τεράστιες πιέσεις στα παράκτια οικοσυστήματα μας, οδηγεί στην απώλεια της βιοποικιλότητας, καταστροφή των ενδιαιτημάτων, ρύπανση, πιθανές συγκρούσεις μεταξύ των χρήσεων γης, καθώς και προβλήματα χώρου και κυκλοφοριακής συμφόρησης.

Οι παράκτιες ζώνες περιλαμβάνονται επίσης μεταξύ των πιο ευάλωτων περιοχών στην αλλαγή του κλίματος και τους φυσικούς κινδύνους. Οι κίνδυνοι αυτοί περιλαμβάνουν πλημμύρες, διάβρωση, άνοδο της στάθμης της θάλασσας, ακραία καιρικά φαινόμενα καθώς και πιθανότητα να πληγούν από μεγάλο ύψους καταστροφικά κύματα, γνωστά ως τσουνάμι. Οι επιπτώσεις αυτές είναι εκτεταμένες και ήδη αλλάζουν τις ζωές και τα μέσα διαβίωσης των παράκτιων κοινοτήτων.

Επειδή η ευημερία των πληθυσμών και η οικονομική βιωσιμότητα πολλών επιχειρήσεων στις παράκτιες ζώνες εξαρτώνται από την περιβαλλοντική κατάσταση των περιοχών αυτών, είναι σημαντικός και απαραίτητος ο σχεδιασμός προγράμματος που θα εξασφαλίσει την μακρά, συνεχή και σωστή διαχείριση της παράκτιας ζώνης. Ο σχεδιασμός αυτός επιτυγχάνεται με την ολοκληρωμένη διαχείριση των ακτών, έτσι ώστε να ενισχυθεί η προστασία των παράκτιων πόρων και παράλληλα να αυξηθεί η αποτελεσματικότητα των χρήσεών τους.

Βασική προϋπόθεση για την αποτελεσματική διαχείριση και κατ επέκταση την χρήση της παράκτιας ζώνης, είναι και η ύπαρξη ασφάλειας για τον ίδιο τον άνθρωπο και τις δραστηριότητες που αναπτύσσει στην περιοχή. Η προστασία της παράκτιας ζώνης τόσο από τον άνθρωπο όσο και από τους φυσικούς κινδύνους, προσδιορίζει και το θέμα στην παρούσα μελέτη.

Η περιοχή μελέτης, η νότια περιοχή των Κυκλάδων, χαρακτηρίζεται από ένα ιδιαίτερο γεωδυναμικό καθεστώς όπου σε σχέση με την μορφολογία του πυθμένα και την έντονη σεισμικότητα της περιοχής, δίνουν μεγάλα ποσοστά επικινδυνότητας να πληγούν οι ακτές από κύματα τσουνάμι. Η ιστορία, παλαιά και νεότερη, δίνει σημαντικά παραδείγματα καταστροφών από τέτοιου είδους κύματα, με νεότερο περιστατικό αυτό της Αμοργού μόλις πριν από 60 χρόνια, το 1956.

Στην παρούσα μελέτη σκοπός είναι η σύνδεση της έννοιας της ολοκληρωμένης διαχείρισης παράκτιας ζώνης με την οριοθέτηση ζωνών κινδύνου από τσουνάμι. Πιο αναλυτικά, συγκεντρώνονται χάρτες ακτογραμμών, στοιχεία για την βαθυμετρία, το γεωδυναμικό της περιοχής, την μορφολογία του βυθού αλλά και γεωλογικά στοιχεία όπως και τι είδους ιζήματα συνθέτουν το πυθμένα και τι πετρώματα την παράκτια ζώνη, και παράλληλα παρουσιάζεται το ιστορικό γένεσης τσουνάμι στην ευρύτερη περιοχή. Όλα αυτά τα στοιχεία και σε συνδυασμό με το γεγονός ότι αναφερόμαστε σε μια κατοικημένη και άκρως τουριστική ζώνη, με πολυάριθμου είδους ανθρωπογενείς δραστηριότητες να εξαπλώνονται κατά μήκος των ακτών, καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι πιθανότητες εκδήλωσης ενός καταστροφικού για την ακτογραμμή των νησιών, τσουνάμι, είναι αρκετά μεγάλες, τόσο ώστε να ληφθεί υπόψη στον σχεδιασμό μια ολοκληρωμένης διαχείρισης παράκτιας ζώνης, και να λειτουργήσει προληπτικά για την ασφάλεια των ανθρώπων που ζουν, επισκέπτονται και αναπτύσσουν τις δραστηριότητες τους κοντά στις ακτές των Νότιων Κυκλάδων. Με την χρήση προγράμματος Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών παρουσιάζονται χάρτες με οριοθετημένες ζώνες κινδύνου σε περίπτωση εκδήλωσης τσουνάμι για τις ακτογραμμές των νοτίων Κυκλάδων, και ποιο συγκεκριμένα για τα νησιά Αμοργός, Σαντορίνη, Φολέγανδρος, Σίκινος, Ίος, Άνω και Κάτω Κουφονήσι, Σχοινούσα, Ανάφη και Αστυπάλαια.

2. Φυσικοί κίνδυνοι και διαχείριση παράκτιας ζώνης

2.1 Παράκτια Ζώνη

Η παράκτια ζώνη είναι το είδος της περιοχής που μελετάται στην παρούσα εργασία. Ο ορισμός της παράκτιας ζώνης έχει δοθεί κατά καιρούς πολλές φορές και κάτω από διαφορετικές σκοπιές. Συνήθως και ανάλογα από την ασχολία και από το τι αντιπροσωπεύει ο κάθε οργανισμός, αυτός ερμηνεύει και λίγο διαφορετικά την έννοια και τα όρια της παράκτιας ζώνης.

Ο νόμος για την διαχείριση της παράκτιας ζώνης στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής, το 1972, ορίζει παράκτια ζώνη: τα παράκτια ύδατα και τη γη που εφάπτεται και είναι παρακείμενη σε αυτά καθώς και τα επιφανειακά ύδατα τα οποία συμπεριλαμβάνονται σε αυτή τη γη, και που όλα μεταξύ του αλληλοεπηρεάζονται, ακτές, νησιά, μεταβατικές και παλιρροιακές περιοχές, αλυκές, υγρότοποι και παραλίες. Φυσικά ο ορισμός αυτός παρατέθηκε σε πολύ πρώιμο στάδιο και έτσι μετέπειτα χρησιμοποιήθηκαν ορισμοί όπως αυτός της Παγκόσμιας Τράπεζας το 1996, «παράκτια ζώνη είναι η διεπαφή όπου η γη συναντά τον ωκεανό, περιλαμβάνει περιβάλλοντα της ακτογραμμής καθώς και των παρακείμενων παράκτιων νερών. Τέτοια περιβάλλοντα είναι δέλτα ποταμών, παράκτιες πεδιάδες, υγρότοποι, παραλίες, αμμοθίνες, ύφαλοι, μακρόβια δάση, λιμνοθάλασσες και άλλα με παράκτια χαρακτηριστικά». Άλλος ένας ορισμός, είναι αυτός που δόθηκε το 2008, στο πρωτόκολλο της Μεσογείου για την Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης (Mediterranean ICZM Protocol, 2008), «Παράκτια ζώνη ορίζεται ως η γεωμορφολογική περιοχή εκατέρωθεν της ακτογραμμής στην οποία αλληλεπιδρά η θάλασσα με μέρη της γης, και η οποία εμφανίζεται με τη μορφή σύνθετων οικολογικών χαρακτηριστικών και πόρων, αποτελούμενων των βιοτικών και αβιοτικών στοιχείων που συνυπάρχουν και αλληλεπιδρούν με ανθρώπινες κοινότητες και τις σχετικές κοινωνικο-οικονομικές δραστηριότητες.

Ο ορισμός της παράκτιας ζώνης στο πρωτόκολλο του 2008, μπορεί να πει κάποιος ότι είναι πιο κοντά σε αυτό που πλέον οι παγκόσμια κοινότητα εννοεί. Η παράκτια ζώνη δεν μπορεί να χωροθετηθεί με συγκεκριμένα χιλιομετρικά

όρια, δεξιά και αριστερά του σημείου επαφής της θάλασσας με την ξηρά. Ανάλογα το πώς αλληλοεπηρεάζονται τα διάφορα περιβάλλοντα από τα οποία αποτελείται η παράκτια ζώνη και λαμβάνοντας υπόψη τη χρήση για την οποία θέλουμε να ορίσουμε τη ζώνη αυτή, ίσως ο πιο γενικός ορισμός είναι ότι η ακριβή οριοθέτηση της εξαρτάται άμεσα από το πρόβλημα που τίθεται αρχικά. Τα όρια πρέπει συνεπώς να επεκτείνονται προς την θάλασσα και προς την χέρση τόσο όσο απαιτείται από τους στόχους του σχεδίου διαχείρισης που θέτονται κάθε φορά (Rochette, 2010). Οι στόχοι μπορεί να είναι περιβαλλοντικοί, οικονομικοί, κοινωνικοί ή ένας συνδυασμός αυτών.

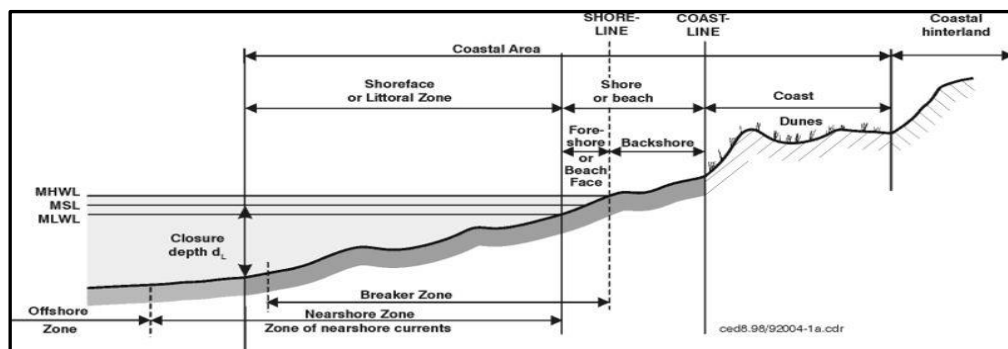
Βάση των προαναφερόμενων, στην περίπτωση που καλούμαστε να διαχειριστούμε την παράκτια ζώνη σχετικά με έναν επερχόμενο φυσικό κίνδυνο όπως ένα τσουνάμι, η παράκτια ζώνη θα οριοθετηθεί μέχρι εκεί όπου θα πληγούν άμεσα η έμμεσα, το περιβάλλον και ο άνθρωπος.

Στη χώρα μας γίνεται σαφής αναφορά σχετικά με τον ορισμό της παράκτιας ζώνης στο νόμο υπ' αριθμό 3937, του 2011, σχετικά με την διατήρηση της βιοποικιλότητας και άλλες διατάξεις, όπου παράκτια ζώνη είναι: τα Χερσαία και υδάτινα τμήματα, εκατέρωθεν της ακτογραμμής στα οποία η αλληλεπίδραση μεταξύ του θαλάσσιου και του χερσαίου τμήματος αποκτά τη μορφή πολύπλοκων συστημάτων οικολογικών στοιχείων και πόρων αποτελούμενων από βιοτικές και αβιοτικές συνιστώσες που συνυπάρχουν και αλληλεπιδρούν με τις ανθρώπινες κοινότητες και τις σχετικές κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες. Η παράκτια ζώνη είναι δυνατόν να περιλαμβάνει φυσικούς σχηματισμούς ή μικρά νησιά στο σύνολό τους (ΥΠΕΚΑ, 2011).

Στον ίδιο νόμο εισάγεται και η έννοια της κρίσιμης παράκτιας ζώνης όπου είναι το τμήμα της παράκτιας ζώνης, στο οποίο συναντώνται σε άμεση μεταξύ τους σχέση και αλληλεπίδραση το θαλάσσιο και το χερσαίο τμήμα αυτής. Περιλαμβάνονται ιδίως γεωμορφολογικοί σχηματισμοί, εκτάσεις που αποτελούνται από υλικά διάβρωσης των γειτονικών περιοχών ή τη μεταφορά του ανέμου και από χαρακτηριστική χλωρίδα ή διαβρώνονται με τέτοιο ρυθμό, ώστε να προκύπτει κίνδυνος για ανθρωπογενείς εγκαταστάσεις ή δραστηριότητες.

Για τους σκοπούς της παρούσας μελέτης και πάντα σε εναρμόνιση με την εθνική νομοθεσία, η οριοθέτηση της παράκτιας ζώνης θα ήταν αναγκαίο να συγκεκριμενοποιηθεί έτσι ώστε να έχει πρακτική χρήση. Συγκεκριμενοποίηση όμως δεν υπάρχει σε κανένα νόμο ή υπουργική απόφαση καθώς ο ίδιος ο ορισμός της παράκτιας ζώνης δεν είναι δυνατό να είναι κοινός σε όλες τις περιοχές. Ως εκ τούτου θα τεθούν κάποια μέγιστα όρια βάσει των ορίων των παράκτιων ζωνών που θέτει ο Εθνικός φορέας, Οργάνωση Τοπικής Αυτοδιοίκησης (ΟΤΑ) και σύμφωνα με τον οποίο, το χερσαίο όριο της παράκτιας ζώνης δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 5000m απόσταση από την ακτογραμμή και το θαλάσσιο όριο της προτείνεται να είναι η ισοβαθής των 50m (Καγαλου, 2000). Σε ορισμένες περιπτώσεις η Παράκτια Ζώνη μπορεί να επεκτείνεται ανάλογα με τις ιδιαίτερες τοπικές ανάγκες, οικολογικής φύσεως (Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ., 2002). Στην παρούσα μελέτη είναι σαφές ότι σε περίπτωση που διαπιστωθεί περιοχή που μπορεί να πληγεί από τσουνάμι πέραν των 5000m προς χέρσο, είτε υπάρχει έντονη μορφολογική διαφοροποίηση του πυθμένα, βαθύτερα από τα 50m, η οποία για παράδειγμα, επηρεάζει το ύψος του κύματος, τα παραπάνω όρια τείνουν να διαφοροποιηθούν.

Στην προαναφερθείσα χιλιομετρική προσέγγιση θα ληφθούν υπόψη τα σφάλματα τα οποία προέρχονται κυρίως από την έλλειψη σαφές νομοθετικού πλαισίου για την οριοθέτηση της παράκτιας ζώνης αλλά και για έναν εξίσου πολύ σημαντικό λόγο, το γεγονός ότι το όριο μεταξύ θάλασσας και χέρσης, η ακτογραμμή, μεταβάλλεται συνεχώς λόγω της μορφολογίας και των καιρικών συνθηκών στην περιοχή μελέτης.



Εικόνα 1. Ορισμός των ορίων της παράκτιας ζώνης σύμφωνα με το Ερευνητικό Κέντρο Παράκτιας Μηχανικής του Αμερικανικού Στρατού το 1984 (Πηγή:

<http://www.coastalwiki.org/>)

2.2 Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης

2.2.1 Επιστημονική άποψη

Ολοκληρωμένη διαχείριση των παράκτιων ζωνών (ΟΔΠΖ) έχει ως στόχο τη συντονισμένη εφαρμογή των διαφόρων πολιτικών που επηρεάζουν την παράκτια ζώνη και που σχετίζονται με τις δραστηριότητες, όπως η προστασία της φύσης, της υδατοκαλλιέργειας, της αλιείας, της γεωργίας, της βιομηχανίας, της αιολικής ενέργειας, της ναυτιλίας, του τουρισμού, της ανάπτυξη των υποδομών και τον μετριασμό και την προσαρμογή όλων αυτών στις αλλαγές του κλίματος. Επίσης έχει στόχο να συμβάλει στην αειφόρο ανάπτυξη των παράκτιων ζωνών από την εφαρμογή μιας προσέγγισης που να σέβεται τα όρια των φυσικών πόρων και των οικοσυστημάτων, τη λεγόμενη «προσέγγιση με βάση το οικοσύστημα».

Ολοκληρωμένη διαχείριση των παράκτιων ζωνών καλύπτει τον πλήρη κύκλο της συλλογής πληροφοριών, τον προγραμματισμό, τη λήψη αποφάσεων, τη διαχείριση και την παρακολούθηση της εφαρμογής. Είναι σημαντική η συμμετοχή όλων των ενδιαφερομένων φορέων στους διάφορους τομείς. Προκειμένου να διασφαλιστεί ευρεία υποστήριξη για την υλοποίηση των στρατηγικών διαχείρισης.

Η ολοκληρωμένη διαχείριση περιλαμβάνει την ίδρυση μια ισορροπίας δυναμικής, σταθερής, μακροπρόθεσμης, με ολοκληρωμένη πολιτική, που να μπορεί να ανταποκρίνεται σε συντονισμένη διαχείριση. Η βάση της πολιτικής είναι να θεσπίσει ένα κοινό σκοπό μέσα από ένα όραμα και τους στόχους που πρέπει να επιτευχθούν προκειμένου να συνειδητοποιήσουμε ότι υπάρχει κοινός σκοπός. Σε γενικές γραμμές, αυτοί οι σκοποί πρέπει να είναι τόσο σθεναρά καθορισμένοι έτσι ώστε να μην μπορούν εύκολα να αγνοηθούν, να αναιρεθούν ή να παρακαμφτούν λόγω οποιονδήποτε συμφερόντων (Kenchington & Crawford, 1993).

Οι στόχοι, οι οποίοι επιδιώκονται να επιτευχθούν μέσα από την ΟΔΠΖ και αποσκοπούν στη βιώσιμη ανάπτυξη των παράκτιων περιοχών (FAO, 1996), είναι:

- ✓ Η διατήρηση υψηλής ποιότητας παράκτιου περιβάλλοντος,
- ✓ Προστασία της βιοποικιλότητας,
- ✓ Διατήρηση καίριας σημασίας ενδιαιτημάτων,
- ✓ Βελτίωση καίριας σημασίας οικολογικών διαδικασιών,
- ✓ Βιώσιμη χρήση των φυσικών πόρων,
- ✓ Έλεγχος των ρύπων
- ✓ Προσδιορισμός των περιοχών: α) στις οποίες μπορούν να αναπτυχθούν ανθρώπινες δραστηριότητες, β) που πρέπει να διατηρηθούν
- ✓ Καθορισμός προδιαγραφών για τον καθορισμό των χρήσεων γης στις παράκτιες περιοχές και διευθέτηση συγκρουόμενων χρήσεων γης,
- ✓ Καθορισμός προδιαγραφών για την ανάπτυξη δραστηριοτήτων στις παράκτιες περιοχές,
- ✓ Προστασία από φυσικές καταστροφές,
- ✓ Αποκατάσταση υποβαθμισμένου περιβάλλοντος,
- ✓ Ανάπτυξη διαδικασιών ενημέρωσης και συμμετοχής των άμεσα εμπλεκόμενων κοινοτήτων.

Για την περαιτέρω προώθηση της αειφόρου ανάπτυξης των παράκτιων ζωνών, η Ευρωπαϊκή Επιτροπή εξέδωσε στις 12 Μαρτίου 2013, σχέδιο πρότασης οδηγίας για τη θέσπιση πλαισίου για τον θαλάσσιο χωροταξικό σχεδιασμό και την ολοκληρωμένη διαχείριση των παράκτιων ζωνών.

Η προτεινόμενη πράξη θα απαιτήσει από τα κράτη μέλη να θεσπίσουν στρατηγικές διαχείρισης των ακτών που αναπτύσσουν περαιτέρω τις αρχές και τα στοιχεία που ορίζονται στη σύσταση του Συμβουλίου σχετικά με την ολοκληρωμένη διαχείριση των παράκτιων ζωνών του 2002 και το Πρωτόκολλο της Σύμβασης της Βαρκελώνης για την ολοκληρωμένη διαχείριση των παράκτιων ζωνών, η οποία κυρώθηκε από την ΕΕ το 2010 (European Commission, <http://ec.europa.eu/>).

Για να είναι επιτυχής μια ολοκληρωμένη διαχείριση παράκτιας ζώνης, απαραίτητη είναι η βούληση και η δέσμευση από τους εκάστοτε πολιτικούς, διοικητικούς υπευθύνους και φυσικά τους άμεσα ενδιαφερόμενους, για την εφαρμογή των στρατηγικών που αυτή ορίζει (Kenchington & Crawford, 1993).

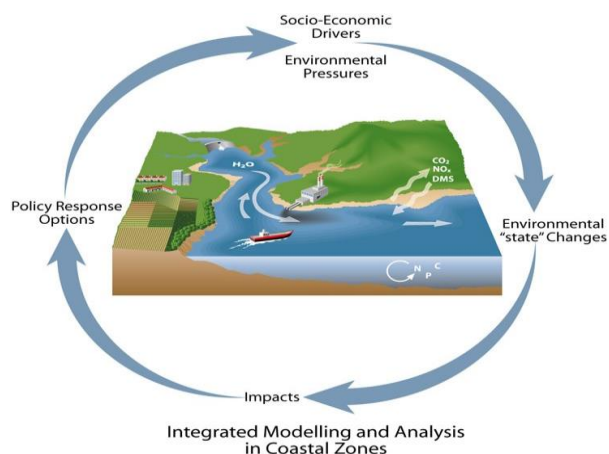
Τα οφέλη μίας χώρας ή μιας περιοχής που εφαρμόζει ένα πρόγραμμα ολοκληρωμένης διαχείρισης παράκτιας ζώνης καλύπτουν και τους τρεις τομείς που αφορούν τα οικονομικά, κοινωνικά και περιβαλλοντικά θέματα.

Διευκολύνουν την βιώσιμη οικονομική ανάπτυξη που βασίζεται στους πόρους, προστατεύουν και ενισχύουν την διατήρηση των φυσικών οικοτόπων και των ειδών, ελέγχουν την ρύπανση και αλλοίωση της εικόνας των παράκτιων οικοσυστημάτων, ελέγχουν την καμπή των δραστηριοτήτων που επηρεάζουν δυσμενώς τις παράκτιες ζώνες, αποκαθιστούν τους υποβαθμισμένους πόρους, παρέχουν έναν μηχανισμό και εργαλεία για την ορθολογική κατανομή των πόρων, όπως επίσης ελέγχουν τις λεκάνες νερού, το επίπεδο της θάλασσας και τυχών αλλοιώσεις σε κοραλλιογενείς υφάλους και άλλους οικοτόπους από ανασκαφές ή εξορύξεις (Clark, 1992).

Εν ολίγοις αν και δεν υπάρχει έτοιμη συνταγή ή μεθοδολογία για την ολοκληρωμένη διαχείριση παράκτιας ζώνης, αυτή διαφέρει από μια οποιαδήποτε άλλη διαχείριση φυσικών πόρων, πρώτον γιατί αφορά πολύ συγκεκριμένη γεωγραφική έκταση και δεύτερον οι ενότητες με τις οποίες ασχολείται είναι προκαθορισμένες και σαφείς (Kagalou, 2000).

Σύμφωνα με τον Clark (1992), η Ολοκληρωμένη Διαχείριση της Παράκτιας Ζώνης (ΟΔΠΖ) είναι **«ένα σύστημα ελέγχου της ανάπτυξης και άλλων ανθρώπινων δραστηριοτήτων που επιδρούν στην κατάσταση των οικονομικών πόρων και στην ποιότητα του περιβάλλοντος στις παράκτιες περιοχές».**

Κατά τον ορισμό της Ευρωπαϊκής Επιτροπής **«Η ολοκληρωμένη διαχείριση των παράκτιων ζωνών είναι μια δυναμική, συνεχής και επαναληπτική διαδικασία, σχεδιασμένη για την προώθηση της αειφόρου διαχείρισης των παράκτιων ζωνών»** (Ε.Ε. 1999).



Εικόνα 2. Απεικόνιση της ολοκληρωμένης διαχείρισης παράκτιας Ζώνης, σύμφωνα με τα πρότυπα διαχείρισης στην Αυστραλία (Πηγή: <http://pantaimoribmanagement.weebly.com/>)

2.2.2 Ισχύουσα Νομοθεσία

Από το 1976, η διεθνής κοινότητα και πιο συγκεκριμένα η Ευρώπη, έλαβε υπόψη της τη σημαντικότητα της παράκτιας ζώνης και έθεσε ερωτήματα για το πώς αυτή θα διαχειριστεί. Το έβδομο πρωτόκολλο της συνθήκης της Βαρκελώνης αφορά την Ολοκληρωμένη Διαχείρισης Παράκτιων Ζωνών, και είναι το πρώτο νομικό διεθνές εργαλείο, για την αειφόρο διαχείριση και χρήση των παράκτιων ζωνών, λαμβάνοντας υπόψη τη σημασία των παράκτιων οικοσυστημάτων, τη ποικιλότητα των δραστηριοτήτων και χρήσεων και τις επιπτώσεις τους στο θαλάσσιο και παράκτιο χώρο. Ο στόχος είναι η διατήρηση των παράκτιων φυσικών οικοτόπων, των τοπίων και των φυσικών πόρων και οικοσυστημάτων.

Σύμφωνα με το Πρωτόκολλο Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παράκτιων Ζωνών της Σύμβασης της Βαρκελώνης, «*Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιων Ζωνών*» σημαίνει η δυναμική διαδικασία για την αειφόρο διαχείριση και χρήση των παράκτιων ζωνών, λαμβάνοντας υπόψη τον ίδιο χρόνο ευθραυστότητας των παράκτιων οικοσυστημάτων και τοπίων, την ποικιλία των δραστηριοτήτων και χρήσεων, των αλληλεπιδράσεων, της ναυτιλιακής κατεύθυνσης συγκεκριμένων

δραστηριοτήτων και χρήσεων, καθώς και της επίδρασής της τόσο στο θαλάσσιο, όσο και στο χερσαίο τμήμα.

Ιστορικά η σύμβαση για την προστασία του θαλασσίου περιβάλλοντος και των παρακτίων περιοχών της Μεσογείου, γνωστή και ως «Σύμβαση της Βαρκελώνης» συνήφθη αρχικά στη Βαρκελώνη στις 16 Φεβρουαρίου 1976 και τροποποιήθηκε στις 10 Ιουνίου 1995. Η Σύμβαση άρχισε να ισχύει στις 9 Ιουλίου 2004. Η Ευρωπαϊκή Κοινότητα είναι συμβαλλόμενο μέρος της Σύμβασης, όπως εξάλλου και όλα τα παράκτια μεσογειακά κράτη μέλη της ΕΕ. Σύμφωνα με το άρθρο 4 παράγραφος 3 της τροποποιημένης Σύμβασης, τα μέρη υποχρεούνται να προάγουν την ολοκληρωμένη διαχείριση των παράκτιων ζωνών, λαμβάνοντας υπόψη την προστασία των περιοχών οικολογικού και αισθητικού ενδιαφέροντος και τη λελογισμένη χρήση των φυσικών πόρων.

Παράλληλα με το πρωτόκολλο της συνθήκης της Βαρκελώνης, σημαντική ήταν και η μετέπειτα σύσταση του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου σχετικά με την εφαρμογή στην Ευρώπη της ολοκληρωμένης διαχείρισης των παράκτιων ζωνών (2002/413/ΕΚ, ΕΕ L148 της 6.6.2002). Στο κεφάλαιο V της σύστασης τονίζεται η σημασία της συνεργασίας στις περιφερειακές θάλασσες για τη βελτίωση του συντονισμού και την καλύτερη αντιμετώπιση των διασυνοριακών παράκτιων ζητημάτων. Η Ευρωπαϊκή Ένωση προωθεί την ολοκληρωμένη διαχείριση σε μεγαλύτερη κλίμακα με τη βοήθεια οριζόντιων μέσων, συμπεριλαμβανομένου του τομέα της περιβαλλοντικής προστασίας, και με την ανάπτυξη μιας έγκυρης επιστημονικής βάσης μέσω των ερευνητικών προγραμμάτων της. Οι δραστηριότητες αυτές συμβάλλουν επομένως και στην ολοκληρωμένη διαχείριση των παράκτιων ζωνών. Η ολοκληρωμένη διαχείριση των παράκτιων ζωνών αποτελεί συνιστώσα της ολοκληρωμένης θαλάσσιας πολιτικής της ΕΕ.

Ένα δεύτερο πρωτόκολλο, στις Βρυξέλες το 2010, ήρθε να τονίσει πόσο σημαντική είναι όχι μόνο η απόφαση να πράξουν οι χώρες τα απαραίτητα για την σωστή εφαρμογή στρατηγικών Ολοκληρωμένης διαχείρισης Παράκτιων Ζωνών, αλλά να τονίσουν πόσο αναγκαία είναι και η συνεργασία μεταξύ των μελών κρατών. Έτσι λοιπόν οι γενικές υποχρεώσεις του πρωτόκολλου των Βρυξελλών αναφέρουν ότι σύμφωνα με τη διεθνή σύμβαση για την προστασία

του θαλασσιού περιβάλλοντος και των παρακτίων περιοχών της Μεσογείου και με τα πρωτόκολλά της, τα μέρη θεσπίζουν κοινό πλαίσιο για την ολοκληρωμένη διαχείριση των παράκτιων ζωνών της Μεσογείου και λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα για την ενδυνάμωση της περιφερειακής συνεργασίας για το σκοπό αυτό (<http://www.europarl.europa.eu/>).

Μέχρι σήμερα το Πρωτόκολλο έχει υπογραφεί από 15 Συμβαλλόμενα Μέρη της Σύμβασης και την Ευρωπαϊκή Ένωση. Το Πρωτόκολλο κυρώθηκε από 6 Συμβαλλόμενα Μέρη και τέθηκε σε ισχύ στις 24 Μαρτίου 2011. Η υπογραφή και η κύρωση του Πρωτοκόλλου από την Ευρωπαϊκή Ένωση αποτελεί ευρωπαϊκό δίκαιο και δεσμεύει τα Κράτη Μέλη και τα ινστιτούτα της να πράξουν σύμφωνα με αυτό.

Η Εθνική νομοθεσία, αν και έπρεπε να οδεύει παράλληλα με τις παραπάνω αποφάσεις, παρουσιάζει κενά και ελλείψεις. Ενδεικτικό της μη κατανόησης της σημασίας των παράκτιων ζωνών και κατ'επέκταση της διαχείρισής τους, είναι ότι στη νομοθεσία δεν γίνεται μνεία στο ότι οι παράκτιες περιοχές αποτελούν περιβαλλοντικό αγαθό και μη ανανεώσιμο πόρο, ενώ δεν συνδέεται με τις επιδιώξεις του ν.1650/1986 που στο άρθρο 1 παρ. 3ε αναφέρεται ειδικά στην «προστασία των ακτών των θαλασσών, των οχθών των ποταμών, των λιμνών, του βυθού αυτών και των νησίδων ως φυσικών πόρων, ως στοιχείων οικοσυστημάτων και ως στοιχείων του τοπίου». Σύμφωνα με το άρθρο 3 παρ. 3 του ν.2971/2001 «ο κύριος προορισμός των ζωνών αυτών είναι η ελεύθερη και ακώλυτη πρόσβαση προς αυτές. Κατ'εξαίρεση ο αιγιαλός, η παραλία, η όχθη και η παρόχθια ζώνη μπορούν να χρησιμεύσουν για κοινωφελείς περιβαλλοντικούς και πολιτιστικούς σκοπούς και για απλή χρήση της παραγράφου 1 του άρθρου 13, καθώς επίσης και για την εξυπηρέτηση υπέρτερου δημοσίου συμφέροντος» και όχι η περιβαλλοντική τους σημασία. Ουσιαστικά, ο νόμος έχει έρεισμα στο άρθρο 17 του Συντάγματος, που αναφέρεται στην προστασία της ιδιοκτησίας, και όχι στο άρθρο 24 που αφορά την προστασία του περιβάλλοντος.

Σήμερα, και όπως ρητά αναφέρεται στο νόμο 3937 του 2011, άρθρο 13 παράγραφος 3, σχετικά με τον παράκτιο χώρο, το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής εκδίδει οδηγίες προς τις αρμόδιες αρχές για την εφαρμογή των αρχών της ολοκληρωμένης διαχείρισης παράκτιας ζώνης,

σύμφωνα με τις υποδείξεις της σύστασης 2002/413/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου (L 148).

2.2.3 Ολοκληρωμένη διαχείριση Παράκτιας Ζώνης στις Κυκλάδες

Η Ε.Ε., έχει εφαρμόσει ένα πρόγραμμα Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παράκτιας Ζώνης το οποίο αφορά όλο το νησιωτικό σύμπλεγμα των Κυκλάδων. Το πρόγραμμα λαμβάνει χώρα εντός ενός ευρύτερου προγράμματος παρουσίασης δράσεων για την Ολοκληρωμένη Διαχείριση των Παράκτιων Ζωνών της Μεσογείου και το οποίο χρηματοδοτείται από το LIFE (<http://ec.europa.eu/environment/life/about/>).

Στο πρόγραμμα συμμετέχουν και συνεργάζονται, το Πανεπιστήμιο Αιγαίου, η κυβέρνηση σε εθνικό επίπεδο, η εν λόγω περιφέρεια, οι τοπικές αρχές των 9 εμπλεκόμενων νησιών καθώς και ο ιδιωτικός τομέας που αντιπροσωπεύεται από μια ΜΚΟ.

Αφορά την ανάπτυξη συνεργασίας για την εφαρμογή καινοτόμων και συντονισμένων δράσεων για την ολοκληρωμένη διαχείριση παράκτιας ζώνης στο νησιωτικό σύμπλεγμα των Κυκλάδων. Τα νησιά αυτά χαρακτηρίζονται από μικρή επιφάνεια, περιορισμένους φυσικούς πόρους, αλλά από πλούσια πολιτιστική κληρονομιά και φυσικό και δομημένο περιβάλλον μοναδικής αξίας. Παράλληλα αναφέρεται σύμφωνα με το πρόγραμμα ότι έχει περιορισμένη διοικητική και οργανωτική ικανότητα.

Η γεωργία και η αλιεία συμβάλουν στην οικονομία των νησιών αυτών, αλλά η κύρια οικονομική δραστηριότητα στις Κυκλάδες είναι ο τουρισμός, ο οποίος και απειλεί την εύθραυστη ισορροπία μεταξύ της οικονομίας, της κοινωνίας και του περιβάλλοντος (UNEP-MAP, 2001).

Οι στόχοι του προγράμματος περιλαμβάνουν:

- ✓ Επίτευξη συντονισμένων δράσεων σχετικών με την διαχείριση, μέσω της ανάπτυξης ενός δικτύου συνεργασίας.

- ✓ Ανάπτυξη ολοκληρωμένων δράσεων με βάση της αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης
- ✓ Παροχή στήριξης προς τις τοπικές αρχές προκειμένου να αντιμετωπιστούν τα περιβαλλοντικά προβλήματα.

Με την ολοκλήρωση του προγράμματος αναμένετε, η καθιέρωση συνεργασίας μεταξύ των συμμετεχόντων στο πρόγραμμα, την συνέχιση και επέκταση του δικτύου για την ολοκληρωμένη διαχείριση, την ανάπτυξη στρατηγικών για αντίστοιχο σχέδιο δράσης και τέλος την δημιουργία ενός οδηγού για ορθές πρακτικές.

2.3 Φυσικοί κίνδυνοι στη παράκτια ζώνη

Οι φυσικές διεργασίες που δρουν στην παράκτια ζώνη πολλές φορές διαμορφώνουν τα μορφολογικά της χαρακτηριστικά με τέτοιο τρόπο που την θέτουν σε κίνδυνο και τελικώς την υποβαθμίζουν από άποψη αξίας φυσικών πόρων, βιοποικιλότητας, ανθρωπογενής χρήσης. Με διάφορους μηχανισμούς οι φυσικές διεργασίες στην παράκτια ζώνη μπορεί να εξελιχθούν σε φυσικούς κινδύνους για της παράκτιες κοινωνίες.

Για την αντιμετώπιση των παράκτιων φυσικών κινδύνων, έχουν δημιουργηθεί μεθοδολογίες πρόβλεψης, εκτίμησης της τρωτότητας των ακτών σε αυτές, εκτίμησης των επιπτώσεών τους έτσι ώστε τελικώς να αποφευχθούν ή να μετριαστούν τα αρνητικά τους αποτελέσματα.

2.3.1 Κατηγορίες Φυσικών Κινδύνων στην παράκτια ζώνη

2.3.1.1. Μακράς χρονικής κλίμακας άνοδος της στάθμης της θάλασσας

Το μεγαλύτερο μέρος των φυσικών κινδύνων στην παράκτια ζώνη συνδέεται άμεσα με την ευρύτερη κλιματική αλλαγή στον πλανήτη. Η **μακράς χρονικής κλίμακας άνοδος της στάθμης της θάλασσας**, η οποία οφείλεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου, επιφέρει μια σειρά αρνητικών επιπτώσεων όπως:

- Αύξηση της συχνότητας κατάκλισης και πλημμύρων από καταιγίδες
- Επιταχυνόμενη παράκτια διάβρωση
- Υφαλμύρωση παράκτιων υδροφορέων, εισχώρηση θαλάσσιων υδάτων σε εκβολές ποταμών και ποτάμια συστήματα,
- Υποβάθμιση ή και εξαφάνιση παράκτιων υγροβιότοπων
- αυξανόμενος κίνδυνος πλημμύρων και ανθρώπινων απωλειών
- καταστροφή ή ζημιές σε παράκτιους οικισμούς, προστατευτικά έργα και άλλες υποδομές
- υποβάθμιση ανανεώσιμων φυσικών πόρων
- Δυσχέρειες στον τουρισμό και τις μεταφορές,
- κίνδυνος για παράκτια ιστορικά και πολιτιστικά μνημεία,
- υποβάθμιση της παράκτιας γεωργίας και της αλιείας λόγω υποβάθμισης της ποιότητας των εδαφών και των υδάτων αντίστοιχα
(Δουκάκης, 2007).

2.3.1.2. Μετεωρολογικές συνθήκες

Οι **μετεωρολογικές συνθήκες** που επικρατούν στα παράκτια περιβάλλοντα είναι ένας φυσικός κίνδυνος, ο οποίος μάλιστα αν και προβλέψιμος, πολλές φορές εξελίσσεται καταστροφικότερος από ότι αρχικά είχε υπολογιστεί. Ισχυρής έντασης άνεμοι, ανεμοστρόβιλοι, καταιγίδες, πλημμύρες είναι μερικές από αυτές τις συνθήκες που αντιμετωπίζουν οι πληθυσμοί των παράκτιων περιοχών. Συχνά οι μετεωρολογικές συνθήκες επιδρούν στην στάθμη της θάλασσας με αποτέλεσμα να συμβούν πολλές από τις προαναφερόμενες επιπτώσεις διάβρωσης και πλημμυρικών φαινομένων.

Πιο συγκεκριμένα κατά την διέλευση συστημάτων χαμηλού βαρομετρικού και την ταυτόχρονη παρουσία ισχυρών ανέμων, δημιουργούνται ακραίες καιρικές συνθήκες όπως θύελλες και καταιγίδες. Αυτές έχουν σαν αποτέλεσμα την δημιουργία του φαινομένου της μετεωρολογικής παλίρροιας, που πλήττει παράκτιες περιοχές που εμφανίζουν υψηλό κίνδυνο τρωτότητας, λόγω χαμηλού υψομέτρου, λείου ανάγλυφου και ήπιων κλίσεων (Διαμαντή et al., 2015).

Οι περιοχές του Αιγαίου εμφανίζουν μεγάλη επικινδυνότητα κατάκλισης λόγο

μετεωρολογικών παλιρροιών, αν και μεγαλύτερη αυτών παρατηρείται στο Βόρειο και όχι τόσο στο Νότιο Αιγαίο (Λασκαράτος, 1991).

Ένας ακόμα φυσικός κίνδυνος είναι το φαινόμενο της παλίρροιας. Αυτή τη φορά η διάβρωση και οι πλημμύρες οφείλονται στην βαρυτική έλξη που ασκεί στη Γη, η Σελήνη και ο Ήλιος. Αν και το φαινόμενο της παλίρροιας σε παγκόσμιο επίπεδο θεωρείται ως φυσικός κίνδυνος για την παράκτια ζώνη, στην Ελλάδα το εύρος μετατόπισης της θάλασσας δεν ξεπερνά τα 0,3 m.

2.3.1.3. Διάβρωση

Στην αναφορά περί τον κινδύνων στην παράκτια ζώνη, ιδιαίτερη σημασία πρέπει να δοθεί στην διεργασία της διάβρωσης.

Η **διάβρωση** είναι η διαδικασία με την οποία το υλικό στο επάνω στρώμα της επιφάνειας της Γης (συνήθως ασυμπιεστο χώμα, ιζήματα και πέτρα) μεταφέρεται σε άλλη τοποθεσία από την αρχική του. Στην περίπτωση που η διάβρωση προκαλείται με φυσικό τρόπο, αυτή ονομάζεται μηχανική και συγκεκριμένα προκαλείται από τα καιρικά φαινόμενα (αέρα, βροχή, παγετό, θερμότητα).

Στην παράκτια ζώνη, η διάβρωση προκαλείται κυρίως από την πίεση που ασκεί ο έντονος κυματισμός στην ακτογραμμή. Η καθημερινή άσκηση δύναμης των κυμάτων στα υλικά της χέρσου μπορεί να διαμορφώσει νέες μορφολογίες και να αλλάξει εντελώς την αρχική οριοθετημένη ακτογραμμή. Ιδίως το αμμώδες έδαφος που συναντάται συχνά στα παράκτια περιβάλλοντα, είναι ιδιαίτερα ευάλωτο στα καιρικά στοιχεία και στον θαλάσσιο κυματισμό, με αποτέλεσμα να διαβρώνεται με ελάχιστη πίεση. Συχνό φαινόμενο στην παράκτια ζώνη είναι η φυσική δημιουργία αμμωδών παραλιών εκεί όπου αρχικά δεν υπήρχαν, σαν συνέπεια της διάβρωσης σκληρότερων παράκτιων γειτονικών υλικών όπου αυτά μετά την διάβρωσή τους, μεταφέρθηκαν και ανατοποθετήθηκαν με την βοήθεια των θαλάσσιων ρευμάτων και του κυματισμού.

Το αμμώδες έδαφος είναι ιδιαίτερα ευάλωτο στα καιρικά στοιχεία και στον κυματισμό, που προκαλούν την διάβρωση. Η παρουσία των μεγάλων κενών

μεταξύ των σωματιδίων του εδάφους καθιστά ευκολότερο για τον άνεμο ή τη ροή των υδάτων την κίνηση των σωματιδίων του εδάφους. Αντιθέτως τα αργιλώδη εδάφη είναι πιο ανθεκτικά στη διάβρωση, καθώς είναι πιο συμπαγή. Η διάβρωση στην παράκτια ζώνη δεν συναντάται μόνο στο σημείο της άμεσης επαφής της χέρσου με το θαλάσσιο κυματισμό. Τα θαλάσσια άλατα εκτινάσσονται από τον ωκεανό και τα παράκτια κύματα στην ατμόσφαιρα και μεταφέρονται στα ενδότερα της παράκτιας ζώνης όπου εμποτίζουν την επιφάνεια. Το θαλασσινό αλατόνερο και παράλληλα η άμεση και έντονη έκθεση στα καιρικά φαινόμενα (καθώς μιλάμε για εκτεθειμένες «ανοιχτές» στα καιρικά φαινόμενα περιοχές και όχι προστατευμένες από αυτά), είναι υπεύθυνα για πολλές διαδικασίες διάβρωσης. Αυτό πραγματοποιείται μέσω ενός συνδυασμού των επιμέρους μηχανισμών που μπορεί να είναι δύσκολο να εντοπιστούν, και οδηγεί σε πολύ υψηλά ποσοστά διάβρωσης ακόμα και σκληρών βραχώδη υποστρωμάτων (Mottershead D. , 2013).

Το φαινόμενο της διάβρωσης σαφώς δεν επηρεάζει μόνο φυσικές κατασκευές αλλά επιδρά αρνητικά και σε ανθρωπογενής κατασκευές όπως κατοικίες, λιμάνια και γενικά οικοδομήματα που βρίσκονται στην παράκτια ζώνη. Το γεγονός αυτό θέτει ως προτεραιότητα τα μέτρα προστασίας από την διάβρωση σε κάθε ολοκληρωμένη διαχείριση παράκτιας ζώνης.

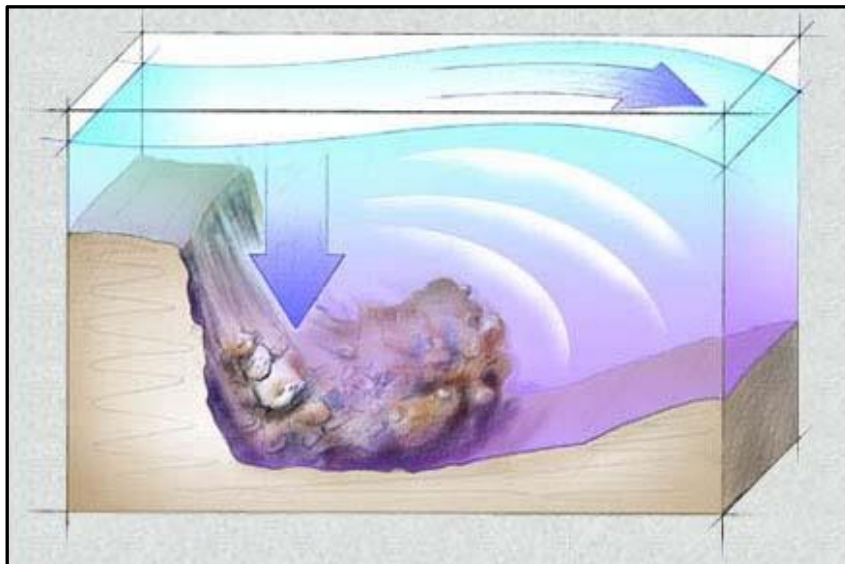


Εικόνα 3. Παράκτια διάβρωση στο Horrisburgh, Norfolk της Αγγλίας. Περισσότερα από 40 μέτρα γης χάθηκα στο χρονικό διάστημα μεταξύ 1998 και 2007. (Πηγή: National Oceanographic Centre, <http://noc.ac.uk/>)

2.3.1.4. Υποθαλάσσιες κατολισθήσεις

Οι **υποθαλάσσιες κατολισθήσεις** είναι μια κατηγορία γεωλογικής επικινδυνότητας η οποία συναντάται στο θαλάσσιο περιβάλλον και συνεπώς απαντάται και στην υποθαλάσσια παράκτια ζώνη. Ένας από τους αποδεκτούς ορισμούς της είναι, οι οποιεσδήποτε μετακινήσεις εδαφικών μαζών και πετρωμάτων ασχέτως μορφής, εκτάσεως και γενεσιουργών αιτιών, που λαμβάνουν χώρα σε φυσικές επιφάνειες με απότομες κλίσεις και σε πρηνή ορυγμάτων, υπό την επίδραση της βαρύτητας, άλλοτε απότομα με καταστροφικές συνέπειες και άλλοτε με μικρή ταχύτητα ορίζουν το φαινόμενο της κατολίπησης. Κύριο φυσικό αίτιο των υποθαλάσσιων κατολισθήσεων ή αλλιώς η αστοχία των πρηνών, μπορεί να προκληθούν από υπερκείμενο σεισμό,

ή ενεργά ρήγματα (Ryan McElroy, 2015) Αν το επίκεντρο της σεισμικής δόνησης είναι σε θαλάσσια περιοχή είναι μεγαλύτερες και οι πιθανότητες να δημιουργηθεί υποθαλάσσια κατολίσθηση. Ως διεθνή αποδεχόμενος όρος για της κατολισθήσεις χρησιμοποιείται ο όρος “landslide”, και ο οποίος καθιερώθηκε πρώτα από τον Cruden. «Landslide» ορίζεται ως η κίνηση μιας μάζας βράχου ή μάζας από συντρίμμια ή μάζας γης, από μία πλαγία (Cruden, 1991). Πιθανά σημεία υποθαλάσσιων κατολισθήσεων θεωρούνται σημεία με απότομες κλίσεις. Τις απότομες κλίσεις μπορεί κανείς να τις εντοπίσει στο χάρτη όταν οι ισοβαθείς είναι πυκνές. Συνήθως η ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα, η οποία από την φύση της παρουσιάζει απότομη κλίση, είναι πολύ πιθανό να δώσει υποθαλάσσια κατολίσθηση θέτοντας σε κίνδυνο την παράκτια ζώνη.



Εικόνα 4. Υποχώρηση πυθμενικών πετρωμάτων εκτοπίζουν μάζα νερού με αποτέλεσμα την δημιουργία κυμάτων τσουνάμι. (πηγή:

<http://geol105naturalhazards.voices.wooster.edu/landslides-causing-tsunamis/>)

Ακόμα ένας βασικός παράγοντας για την δημιουργία υποθαλάσσιων κατολισθήσεων είναι το είδος των ιζημάτων που απαρτίζουν τον πυθμένα. Υπάρχουν ιζήματα, τα οποία είναι περισσότερο επιρρεπή σε κατολισθήσεις, όπως ο φλύσχος και τα αργιλικά εδάφη. Επίσης η δομή των πετρωμάτων και η τεκτονική της περιοχής είναι ακόμα ένας παράγοντας που ελέγχει το φαινόμενο

της κατολίσθησης. Ένα έδαφος που αποτελείται από εναλλαγές πολλών ετερογενών στρωμάτων, είναι πιθανότερο να παρουσιάσει κατολισθητικά φαινόμενα, λόγω των πολλών πιθανών επιφανειών ολίσθησης, από ένα άλλο έδαφος το οποίο αποτελείται από ένα μόνο στρώμα. Τέλος ρόλο παίζουν οι κλιματολογικές συνθήκες στην περιοχή. Στον υποθαλάσσιο χώρο οι συνθήκες αυτές δύσκολα μεταβάλλονται, συνεπώς τέτοιοι παράγοντες που θα μπορούσαν να επηρεάσουν μια κατολίσθηση είναι τα θαλάσσια ρεύματα που μεταφέρουν και εναποθέτουν υλικά αυξάνοντας τη μάζα πετρωμάτων σε μια περιοχή, μια διαδικασία εξαιρετικά αργή που σε βάθος χρόνου μπορεί να επιφέρει κίνδυνο κατολίσθησης.

Οι κατολισθήσεις, χερσαίες και υποθαλάσσιες μπορούν να ταξινομηθούν ανάλογα: με το είδος της κίνησης, και διαχωρίζονται σε 5 κατηγορίες: πτώσεις (falls), ανατροπές (topples), ολισθήσεις (slides), εξαπλώσεις (spreads) και ροές (flows). Ανάλογα με το υλικό ή τη μάζα η οποία κατολισθαίνει μπορεί να είναι βράχος ή έδαφος, και τέλος ανάλογα με το στάδιο δράσης χαρακτηρίζονται ως ενεργές, επανενεργοποιημένες, αδρανείς, ανενεργές, αρχαίες ή απολιθωμένες (Λυκούδη, 2005b).

Για να μπορέσει να προκληθεί τσουνάμι που θα πλήξει την παράκτια ζώνη το είδος της υποθαλάσσιας κατολίσθησης πρέπει να είναι πτώση μεγάλης μάζας υλικού του πυθμένα.

2.3.1.5. Γεωτεκτονικές ανοδικές και καθοδικές κινήσεις ξηράς

Τα γεωτεκτονικά χαρακτηριστικά, δηλαδή η δράση των ρηγμάτων και οι ευστατικές κινήσεις του φλοιού της γης, προξενούν επίσης ανοδικές ή καθοδικές κινήσεις της ξηράς, με συνέπεια την αντίστοιχη μεταβολή της θέσης και της διαμόρφωσης της ακτογραμμής. Οι κινήσεις που οφείλονται στον ευστατισμό είναι συνήθως συνεχείς και με μικρές ταχύτητες ανύψωσης ή καταβύθισης όπου σε αυτή την περίπτωση μπορεί να μην αποτελούν κίνδυνο για την παράκτια ζώνη. Για παράδειγμα, η περιοχή του Κεντρικού Αιγαίου ανέρχεται κατά τα τελευταία 6000 έτη, λόγω της τήξης των παγετώνων, με ταχύτητα περίπου 0,7mm ανά έτος (Lambeck, 1995).

Όμως σε περιπτώσεις όπου αυτές οι κινήσεις είναι σημαντικά ταχείς και έντονες μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα στην παράκτια ζώνη. Οι έντονες αυτές κινήσεις που οφείλονται σε τεκτονικά αίτια λόγω της ενεργοποίησης ρηγμάτων από τη σεισμική δραστηριότητα στη περιοχή προκαλούν απότομες ανυψώσεις ή καταβυθίσεις της ξηράς με τις συνεπακόλουθες μεταβολές του αιγιαλού.

Πρόσφατο παράδειγμα είναι η περίπτωση στην περιοχή, Kaikoura, στο Νότιο Νησί της Νέας Ζηλανδίας. Μία από τις συνέπειες που προκάλεσε ο μεγάλος σεισμός των 7.8 ρίχτερ στην ευρύτερη περιοχή της Νέας Ζηλανδίας, ήταν η ανύψωση της ακτογραμμής κατά 2 μέτρα. Η έντονη και ταχείς αυτή ανύψωση επέφερε σοβαρά προβλήματα στον οικότοπο της περιοχής και καταστροφές στις παράκτιες οικοδομικές κατασκευές (μαρίνες, λιμάνια κτλ), όπου περισσότεροι από 1000 κάτοικοι εκκένωσαν την μικρή παραθαλάσσια πόλη.



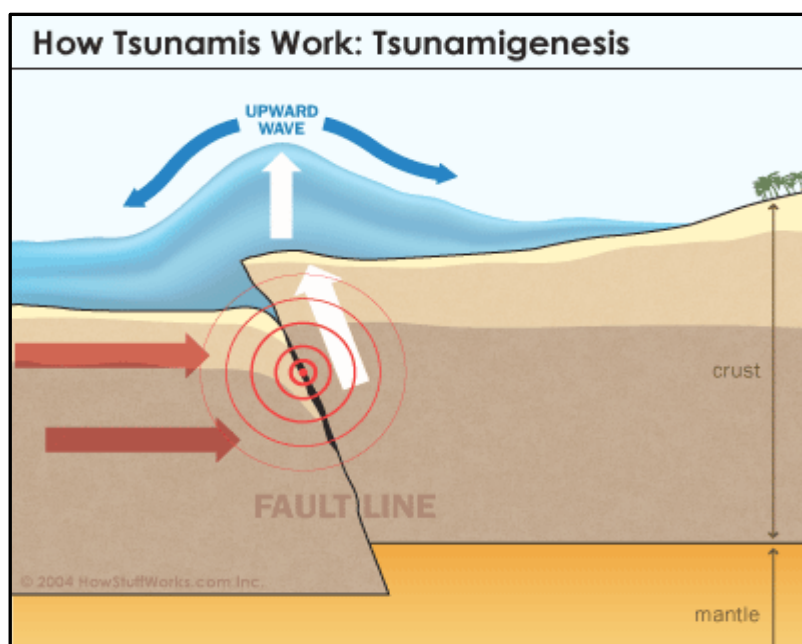
Εικόνα 5. Φωτογραφίες που αποκαλύπτουν το μέγεθος της καταστροφής στην παράκτια ζώνη, στην περιοχή Kaikoura (<http://www.dailymail.co.uk/>)

2.4 Η ιδιαίτερη περίπτωση παράκτιου φυσικού κινδύνου, το Τσουνάμι.

Η λέξη “Tsunami” είναι Ιαπωνικής προέλευσης και αποτελείται από τις Ιαπωνικές λέξεις “Tsu” που σημαίνει λιμάνι και “nami” που σημαίνει κύμα. Τα Tsunamis χαρακτηρίζονται 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. Αποτελούν τρέχοντα κύματα μεγάλου μήκους κύματος και μεγάλης περιόδου, εκδηλώνονται σε αβαθή νερά, και οφείλονται σε βίαια εκτόπιση υδάτινης μάζας. Κατά την εκδήλωση ενός τέτοιου κύματος, η βύθιση και η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης στους ωκεανούς μπορεί να φτάσει και τα 10 μέτρα. Παράλληλα, το οριζόντιο μέγεθος (μήκος) της θαλάσσιας διαταραχής που αποκαλείται Tsunami μπορεί να αγγίξει τα 100 χμ, ενώ το κύμα όπως προαναφέρθηκε διαδίδεται από την πηγή με τη μορφή συστοιχίας επιμέρους κυμάτων. Τον Ειρηνικό ωκεανό, ένα τέτοιο κύμα μπορεί να τον διανύσει 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 Tsunami μειώνεται κοντά στην ακτογραμμή και αυτό οφείλεται κυρίως σε δυο λόγους, στο μικρό βάθος των νερών κοντά στις ακτές, καθώς και στην τραχύτητα που χαρακτηρίζει τον βυθό της θάλασσας (Levin, 2005).

Το κύριο αίτιο δημιουργίας των τσουνάμι είναι οι υποθαλάσσιοι σεισμοί, η οποία έχουν σημείο εκκίνησης στον πυθμένα της θάλασσας. Οι συγκεκριμένοι σεισμοί, που ονομάζονται “Τσουναμογενείς σεισμοί”, πραγματοποιούνται σε σημεία του πυθμένα των ωκεανών όπου εντοπίζεται σύγκρουση των τεκτονικών πλακών και βύθιση της μίας πλάκας κάτω από την άλλη, χαρακτηρίζονται από την απελευθέρωση μεγάλης ποσότητας ενέργειας και η έντασή τους υπερβαίνει τον επτά βαθμών της κλίμακας Ρίχτερ. Αυτές οι σεισμικές δονήσεις προκαλούν αιφνίδια παραμόρφωση και μετακίνηση του ωκεάνιου πυθμένα, με αποτέλεσμα την εκτόπιση της άνωθεν μεγάλης υδάτινης μάζας η οποία μετατοπίζεται κατακόρυφα στην υδάτινη στήλη και φθάνει έως την επιφάνεια προκαλώντας την εκδήλωση κύματος Tsunami. Όσον αφορά την μετατόπιση του ωκεάνιου πυθμένα, το μέγεθος

της κάθετης μετατόπισης μπορεί να αγγίξει τα 5 μέτρα και το μέγεθος της οριζόντιας τα 2 χιλιόμετρα (Levin, 2005).



Εικόνα 6. Σχηματική παράσταση εκδήλωσης τσουνάμι, η οποία έχει ως γενεσιουργό αίτιο τον υποθαλάσσιο σεισμό (Πηγή: <http://science.howstuffworks.com/>)

Η αρχική ενέργεια που προκύπτει από την ανοδική κίνηση του νερού μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια του κύματος, το οποίο αρχίζει να διαδίδεται. Το προκύπτον τσουνάμι διαδίδεται ως ένα σύνολο του οποίου η κυματική ενέργεια συγκεντρώνεται και αναλύεται σε μήκη κύματος που αντιστοιχούν στις κινήσεις γη (~ 100 km), σε ύψη κύματος που καθορίζονται από κάθετη μετατόπιση (~ 1m), και την κατεύθυνση κύματος που έχει καθοριστεί από την γεωμετρία της παρακείμενης ακτογραμμής. Το αρχικό κύμα Tsunami που δημιουργείται λίγα λεπτά μετά το σεισμικό γεγονός, χωρίζεται σε ένα κύμα το οποίο κατευθύνεται προς τα πέρατα του ωκεανού (Μακρινό Tsunami) και ένα κύμα το οποίο διαδίδεται με κατεύθυνση προς την ακτή (Τοπικό Tsunami). Το ύψος και των δυο αυτών κυμάτων Tsunami είναι το μισό του ύψους του αρχικού Tsunami, με το Τοπικό Tsunami να διαδίδεται με μικρότερη ταχύτητα απ' ότι το Μακρινό. Κατά την μετάδοση του Τοπικού Tsunami προς την ακτή, το πλάτος του αυξάνει, ενώ σε αντίθεση το μήκος

του μειώνεται. Τόσο στην περίπτωση του Μακρινού, όσο και στην περίπτωση του Τοπικού Tsunami καθώς τα κύματα προσεγγίζουν τις ακτογραμμές το ύψος τους αυξάνεται. Όσον αφορά τον τρόπο διάδοσης αυτών των κυμάτων πρέπει να επισημανθεί ότι σε αντίθεση με την αντίληψη που ευρέως επικρατεί, τα Tsunami δεν έχουν την μορφή ενός τεράστιου μεγέθους κύματος, αλλά αποτελούνται από 3 έως 4 κύματα που εκδηλώνονται ιδιαίτερα γρήγορα καθώς προσεγγίζουν την ακτή. Από τη στιγμή που τα Tsunami πλήξουν την ακτή, μέρος του κύματος και της ενέργειας που αυτό περικλείει επιστρέφει στην ανοικτή θάλασσα. Σε αρκετές περιπτώσεις τα Tsunami μπορούν να μετατραπούν σε συγκεκριμένο τύπο κύματος (Κύματα Άκρης - Edge waves). Όταν τα τσουνάμι δημιουργούνται κατά μήκος μιας υφαλοκρηπίδας, εμφανίζουν ενδιαφέρουσα συμπεριφορά, ιδίως στην περίπτωση της διέγερσης αυτών των κυμάτων ακμής (Carrier, 1995). Τα κύματα άκρης είναι κύματα που καθορίζονται από την διάθλαση και τον πολλαπλασιασμό τους και εξελίσσονται παράλληλα προς την ακτογραμμή (Geist, 2012).

Στον ανοικτό ωκεανό τα κύματα τσουνάμι είναι μόλις παρατηρήσιμα, όταν όμως πλησιάζουν τις ακτές γιγαντώνονται και μπορούν να προκαλέσουν μεγάλες καταστροφές εφόσον η ενέργεια που μεταφέρεται από ένα τσουνάμι είναι πολλαπλάσια από την ενέργεια ενός ανεμογενούς κυματισμού που έχει ίδιο ύψος (B Καραμπάς et al., 2008). Καθώς το Tsunami προσεγγίζει την ακτή, οι παράκτιες και θαλάσσιες κατασκευές και σχηματισμοί όπως νησίδες, ακρωτήρια, παράκτιες εξοχές ή εσοχές, οι εισοδοί ποταμών καθώς επίσης το βάθος της θαλάσσιας παράκτιας ζώνης και η κλίση της ακτής, είναι παράγοντες που επηρεάζουν τη μορφή και την εξέλιξή του. Το επίπεδο του νερού στην ακτή μπορεί να ανέλθει αρκετά μέτρα. Σε ακραίες περιπτώσεις, η στάθμη του νερού μπορεί να ανέλθει έως τα 15 μ. για περιπτώσεις Tsunami που προέρχονται από μακρινές αποστάσεις και η στάθμη μπορεί να ανέλθει έως τα 30 μ. για Tsunami τοπικής προέλευσης. Το πρώτο κύμα ενός Tsunami είναι πιθανό να μην αποτελεί και το πιο ισχυρό της ακολουθίας, ενώ κατά τη διάδοσή του κάποιες παράκτιες περιοχές είναι πιθανόν να πληγούν περισσότερο συγκριτικά με κάποιες άλλες βάσει των προαναφερόμενων χαρακτηριστικών. Ακολουθεί η θραύση του και η αναρρίχσή του (συνήθως πολύ ψηλά στην ακτή) που συνοδεύονται από έντονα στροβιλώδεις κινήσεις που παρασέρνουν τα θύματα του. Κατά την κάθοδό του προς τη θάλασσα

αναπτύσσονται μεγάλες ταχύτητες με ακόμη πιο καταστρεπτικές συνέπειες. Το τσουνάμι μεταδίδεται με μεγάλες ταχύτητες και έτσι ο χρόνος αντίδρασης είναι σημαντικά μικρός, ιδιαίτερα σε κλειστές θάλασσες, όπως π.χ. το Αιγαίο (Β Καραμπάς et al., 2008).

2.4.1 Κλίμακα μέτρησης μεγέθους Τσουνάμι

Οι Προσπάθειες για την ποσοτικοποίηση του τσουνάμι ξεκίνησαν περίπου πριν από 75 χρόνια, από την τότε πρωτοποριακή εργασία του Sieberg το 1927. Ο Sieberg κατάφερε να παρουσιάσει για πρώτη φορά μια κλίμακα με 6 βαθμίδες στην οποία η κατάταξη ενός κύματος τσουνάμι δεν γινόταν βάση μέτρησης ή εκτίμησης ενός φυσικού μεγέθους π.χ. ύψος κύματος ή ταχύτητα κύματος, αλλά τα κριτήρια για την κατάταξη του, αφορούσαν στις επιπτώσεις που δεχόταν η παράκτια ζώνη μετά την εξέλιξη αυτού (Paradopoulos, 2007). Έκτοτε και μέχρι της αρχές του αιώνα που διανύουμε η διεθνώς καθορισμένη κλίμακα για την μέτρηση μεγέθους έντασης ενός τσουνάμι παρέμεινε στην 6βάθμια διαχώριση, με αρκετές προσθήκες δεδομένων από τους Imamura (1942, 1946) και Lida (1956, 1970). Ο Imamura και ο Lida, αναθεώρησαν τα δεδομένα και κατέληξαν ότι η κλίμακα των 6 βαθμών, η οποία κυμαίνεται από -1 έως 4, είναι κλίμακα που περιγράφει την ένταση ενός κύματος Τσουνάμι και όχι το μέγεθος του, αν και στην τελική αναφορά έχουν υπολογιστεί και φυσικά μεγέθη, όπως ο μέσος όρος ύψους του κύματος που φτάνει στην ακτή (Paradopoulos, 2007). Ο Solonien το 1970, πρότεινε να καθοριστεί ως ένταση του τσουνάμι:

$$iS = \log_2 \sqrt{2} (H) \quad (2)$$

όπου H (m) είναι το μέσος ύψος του κύματος στην ακτή και μετράτε σε μέτρα. Παρομοίως όπως και στην κλίμακα των Imamura & Lida, έτσι και εδώ, αν υπάρχει περιγραφή και διαχωρισμός των επιπτώσεων στην κλίμακα, πάλι εισάγεται φυσικό μέγεθος (ύψος κύματος).

Πρώτη αναφορά για 12βάθμια κλίμακα μέτρησης έγινε το 2001 από τους Παπαδόπουλο και Imamura, οι οποίοι τόνισαν ότι σε όλες τις μέχρι τώρα κλίμακες μέτρησης μεγέθους ή έντασης ενός τσουνάμι, απουσιάζει η λεπτομερής καταγραφή των ζημιών ή γενικά των επιπτώσεων του φαινομένου. Έτσι εισηγήθηκαν την

δημιουργία κλίμακας 12 διαφορετικών βαθμίδων στις οποίες καταγράφονται λεπτομερώς οι επιπτώσεις και μετράτε η ένταση των κυμάτων βαρύτητας. Παράλληλα δημιούργησαν και μια αντιστοιχία της 12βάθμιας αυτή κλίμακας έντασης με την 6βάθμια κλίμακα μεγέθους των κυμάτων που κατακλύζουν την ακτή σύμφωνα με τον Shuto (1993) και η οποία παρουσιάζεται παρακάτω.

<i>I (intensity proposed)</i>	<i>H (m)</i>	<i>i</i>
I-V	<1.0	0
VI	2.0	1
VII-VIII	4.0	2
IX-X	8.0	3
XI	16.0	4
XII	32.0	5

Πίνακας 1. Πιθανή συσχέτιση της 12βάθμιας κλίμακα έντασης τσουνάμι των Παπαδοπούλου-Imamura με την 6βάθμια κλίμακα μεγέθους τσουνάμι του Shuto (1993)

Πηγή: (Papadopoulos & Imamura, n.d.)

Η κλίμακα είναι τοποθετημένα σύμφωνα με (α) τις επιπτώσεις στον άνθρωπο, (β) τις επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον και σε αντικείμενα, συμπεριλαμβανομένων των σκαφών διαφόρων μεγεθών, και (γ) την φθορά των δομών (Papadopoulos & Fokaefs, 2005)

Ακόμα και η νέα 12βάθμια κλίμακα έντασης, έδωσε δυνατότητες για επανεξέταση των πεδίων στα οποία έχουν κατηγοριοποιηθεί οι επιπτώσεις. Η επανεξέταση αυτή έγινε το 2011 από τον Λέκκα Ε., ο οποίος έχοντας νέα δεδομένα μετά τα καταστροφικά τσουνάμι στον Ινδικό Ωκεανό το 2004 και στην Ιαπωνία το 2011, έδωσε μια εμπλουτισμένη και ακόμα αναλυτικότερη κλίμακα 12 σημείων για την μέτρηση της έντασης.

Η κλίμακα αυτή για να κατατάξει σε μια από της βαθμίδες της ένα κύμα τσουνάμι, μελετά και κατηγοριοποιεί 6 διαφορετικούς τύπους επιπτώσεων:

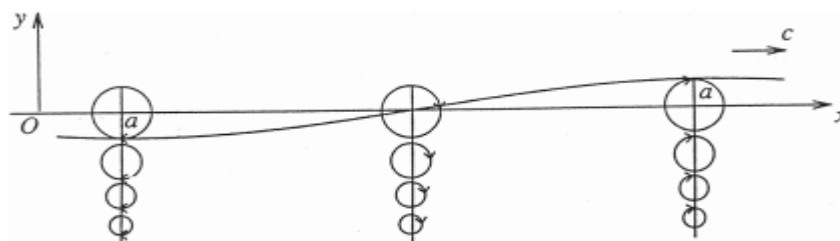
1. Ποσότητες του φαινομένου (ύψος κύματος, πλημμύρες, άνοδος, κλπ)
2. Επιπτώσεις στο ανθρώπινο περιβάλλον (ανθρώπινη αντίληψη, η αντίδραση και συμπεριφορά)
3. Επιπτώσεις σε κινούμενα αντικείμενα (μικρά σκάφη, σκάφη, βαριά αντικείμενα, αυτοκίνητα, κλπ)

4. Επιπτώσεις στις υποδομές (θαλάσσιες εγκαταστάσεις, έργα αντιδιαβρωτικά, λιμάνια, βιομηχανίες κλπ)
5. Επιπτώσεις στην γέω-περιβάλλον, όπως ανόδους και καθιζήσεις πλακών, μορφολογικές αλλοιώσεις. Επίσης μεταφορά και απόθεση όγκων από συντρίμια, βάσει της επίσης 12βάθμιας κλίμακας ESI2007 και
6. Επιπτώσεις στο αστικό περιβάλλον (όλα τα είδη των δομών), βάσει της κλίμακας EMS1998

Η κλίμακα προσφέρει οριζόντια συσχέτιση μεταξύ των κριτηρίων κάθε βαθμού έντασης, και υπάρχει μια σταδιακή αύξηση των βαθμών έντασης. Χαρακτηρίζεται ως εύκολη στη χρήση κλίμακα καθώς είναι εύκολα μετρούμενες οι επιπτώσεις και υπάρχει σαφή όρια μεταξύ των βαθμίδων (Lekkas et al., 2013).

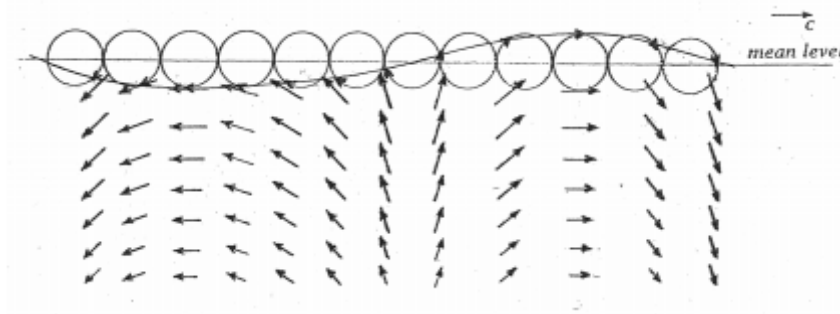
2.4.2 Συμπεριφορά κυμάτων Τσουνάμι στην παράκτια ζώνη

Η αρχική ανύψωση της μάζας νερού λόγω της μετατόπιση του πυθμένα είναι υπεύθυνη για το τεράστιο μήκος κύματος ενός τσουνάμι, το οποίο μπορεί να φτάσει από πολλές δεκάδες χιλιόμετρα έως εκατοντάδες χιλιάδες χιλιόμετρα (σε ανοιχτό ωκεανό). Η περίοδος του κύματος μέσα στον ωκεανό μπορεί να είναι πολύ μεγάλη, συνήθως 15 λεπτά ή περισσότερο και ταυτόχρονα η ταχύτητα του μπορεί να φτάσει εκατοντάδες χιλιόμετρα ανά ώρα. Όμως το ύψος του δεν ξεπερνά το ένα μέτρο, γεγονός που μπορεί να το καθιστά απαρατήρητο από ένα διερχόμενο πλοίο. Κάτω από ένα κύμα, τα σωματίδια του νερού συμπεριφέρονται κυκλικά και αποτελούν κλειστό κύκλωμα γύρω από ένα σταθερό σημείο. Στα βαθιά νερά, το μέγεθος των κύκλων μειώνεται καθώς το βάθος αυξάνεται. Σε βάθος ίσο με το μισό μήκος κύματος, η ακτίνα της κυκλικής κίνησης είναι μόνο 4% από τι είναι στην κυκλική κίνηση του κύκλου που βρίσκεται στην επιφάνεια.



Γράφημα 1. Συμπεριφορά των μαζών νερού σε βαθιά νερά. Πηγή(Brearely, 1970)

Λόγο του μεγάλου βάθους νερού στον ωκεανό και παράλληλα του μεγάλου μήκους κύματος του τσουνάμι, η μάζες νερού που μεταφέρονται είναι τεράστιες (Γράφημα 2).



Γράφημα 2. Συμπεριφορά μαζών νερού κατά την εκδήλωση κύματος τσουνάμι. Πηγή (Brearley, 1970)

Όταν όμως τα κύματα τσουνάμι πλησιάζουν στην ακτή, με την επίδραση της γεωμορφολογία του πυθμένα τα χαρακτηριστικά του αλλάζουν και δημιουργούνται μεγάλου ύψους κύματα που μπορούν να επιφέρουν την καταστροφή.

Λίγο πριν την άφιξη του τσουνάμι στην ακτή, τα προπορευόμενα κύματα νερού μετατοπίζονται προς την θάλασσα, υποχωρώντας και αφήνοντας «γυμνές» περιοχές του πυθμένα της θαλάσσιας παράκτιας ζώνης (Brearley, 1970).

Όσο ένα τσουνάμι πλησιάζει μια ακτογραμμή και το νερό γίνεται πιο ρηχό, οι κυκλικές κινήσεις των σωματιδίων νερού μετατρέπονται σε ελλείψεις. Τελικά το νερό γίνεται τόσο ρηχό ώστε τα σωματίδια του νερού να μην μπορούν να ολοκληρώσουν την ελλειπτική κίνηση τους, να συναντούν εμπόδιο και να μετατρέπουν αυτή την κίνηση σε δύναμη πολλές φορές καταστροφική για την παράκτια ζώνη (Γράφημα 3).



Γράφημα 3. Συμπεριφορά κυμάτων τσουνάμι σε ρηχά νερά καθώς αυτό πλησιάζει την ακτή. Πηγή (Brearley, 1970)

Καθώς τα τσουνάμι πλησιάζουν την ακτογραμμή, η ενέργειά τους συγκεντρώνεται προοδευτικά σε έναν μικρότερο όγκο νερού. Για να διατηρηθεί η ενέργεια, τα

κύματα αποκτούν δραματικά μεγάλο ύψος. Έτσι, το προκύπτουν ενισχυμένο τσουνάμι πλημμυρίζει την ακτογραμμή με ταχύτητες ροής της τάξης των 36km/h (10m/s), καταστρέφοντας οτιδήποτε βρίσκεται στο διάβα του [Titov & Synolakis, 1997]

Βασικοί παράμετροι που επηρεάζουν τη τελική απόδοση ενός κύματος τσουνάμι είναι οι εξής:

Οριζόντια πλημμύρα (horizontal inundation) είναι η οριζόντια απόσταση που διανύει το κύμα στο ίδιο επίπεδο με την μέση στάθμη της θάλασσας. Η οριζόντια πλημμύρα εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από την κλίση της ακτής β καθώς επίσης και από την ποιότητα και την πυκνότητα δόμησης των παράκτιων κατασκευών.

Πλημμύρα (inundation) είναι η απόσταση την οποία κατακλύζει ένα τσουνάμι καθώς ταξιδεύει στην ξηρά. Ομοίως η πλημμύρα εξαρτάται από τους ίδιους παράγοντες με την οριζόντια πλημμύρα καθώς και από την διαπερατότητα του εδάφους.

Βάθος ροής (flow depth) είναι το κάθε κάθετο ύψος του κύματος (επί ξηράς) μεταξύ της ακτογραμμής και της γραμμής πλημμύρας.

Αναρρίχηση κύματος (run up) είναι το μέγιστο κάθετο ύψος που αποκτά το κύμα πάνω από τη μέση στάθμη της θάλασσας. Η αναρρίχηση του κύματος εξαρτάται επίσης από την κλίση της ακτής β και από το επίπεδο της μέσης στάθμης της θάλασσας (datum).

Χρόνος άφιξης (arrival time) είναι ο χρόνος άφιξης του πρώτου μεγάλου κύματος τσουνάμι.

Χρόνος ανακούφισης (initial rise) είναι ο χρόνος άφιξης του πρώτου μικρού κύματος τσουνάμι.

Καθοδηγητικό κύμα (leading wave) είναι το πρώτο κύμα που φτάνει στην ακτή. Σε μερικές περιπτώσεις, το πρώτο κύμα μπορεί να παρουσιαστεί σαν κύμα απόσυρσης της θάλασσας ή μείωση της στάθμης της θάλασσας (depression wave) και σε άλλες περιπτώσεις σαν κύμα ανύψωσης της στάθμης της θάλασσας (elevation wave).

Κυματαριθμός (wave number) είναι ο συνολικός αριθμός των κυμάτων που χτυπούν την ακτή μετά τον σεισμό.

Η βαθυμετρία του θαλάσσιου πυθμένα είναι κύριος παράγοντας που τελικώς επηρεάζει την σοβαρότητα των καταστροφών ενός τσουνάμι στην παράκτια ζώνη,

όπως επίσης το ίδιο ισχύει για την υφαλοκρηπίδα και τα υποθαλάσσια φαράγγια. Αντίθετα, τα φυσικά εμπόδια όπως οι κοραλλιογενείς ύφαλοι προστατεύουν τις ακτές από το τσουνάμι. Για παράδειγμα, σε μεγάλα φαράγγια, ενισχύεται περαιτέρω το ύψος του τσουνάμι (Lekkas et al., 2011).

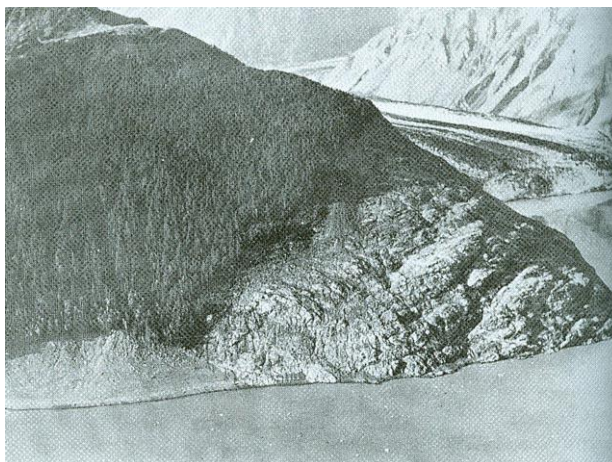
Το Μάρτιο του 2011, στο Τοχόκυ της Ιαπωνίας, οι υψηλότερες κορυφές του τσουνάμι παρατηρήθηκαν σε μία στενή, σε σχήμα χοάνης υποθαλάσσια κοιλάδα και όταν αυτές φθάσανε στην ακτογραμμή είχαν κατεύθυνση παράλληλη προς τον φορέα διάδοσης του τσουνάμι. Οι τιμές Run-up σε αυτούς τους τομείς υπερέβησαν κατά πολύ το ανώτατο όριο της ζώνης, λόγω των ιδιομορφιών της γεωμορφολογίας (Lekkas et al., 2011).

2.4.3. Δημιουργία κύματος Τσουνάμι από κατολισθήσεις (landslides).

Εκτός από την σεισμογενή δημιουργία κυμάτων τσουνάμι που αναφέρθηκε παραπάνω στην παράγραφο 2.3, ακόμα ένα αίτιο έναρξης κυμάτων τσουνάμι είναι οι υποθαλάσσιες κατολισθήσεις. Αντιθέτως από τα σεισμογενή κύματα τσουνάμι, τα κύματα τσουνάμι από κατολισθήσεις μπορούν να είναι τοπικά γεγονότα, τα οποία συμβαίνουν σε μικρής σχετικά έκτασης, πιο κλειστές θαλάσσιες περιοχές, αποτελώντας όμως εξίσου μεγάλο κίνδυνο για την παράκτια ζώνη. Άρα μια κατολίσθηση που δημιουργεί τσουνάμι, κατά κανόνα, έχει τοπικό χαρακτήρα. Ωστόσο, στην περίπτωση μιας εκτεταμένης κατολίσθησης που αφορούν τα ιζήματα του βυθού της υφαλοκρηπίδας ή την πτώση ενός θαλάσσιου παγετώνα στη θάλασσα, η πηγή του τσουνάμι μπορεί να φθάσει σε μέγεθος αρκετά χιλιόμετρα. Αυτά τα κύματα τσουνάμι έχουν τεράστιο ύψος και αποτελούν ένα ολέθριο κίνδυνο για τον παράκτιο πληθυσμό (Levin, 2005).

Πραγματικό παράδειγμα τέτοιου υπερ-τσουνάμι είναι το περιστατικό στην περιοχή Lituya Bay, στην Αλάσκα. Στις 9 Ιουλίου το 1958 και μετά από σεισμό, προέκυψε μεγάλη κατολίσθηση κομματιών βράχου και πάγου με όγκο $30 \times 10^6 \text{ m}^3$, η οποία δημιούργησε τσουνάμι με μέγιστο ύψος τα 60 μέτρα. Αυτό έπληξε ταχύτατα την παράκτια περιοχή του Lituya Bay η οποία ευτυχώς δεν ήταν κατοικήσιμη ούτε αποτελούσε περιοχή χρήσης γης, άλλαξε όμως έκτοτε σημαντικά η μορφολογία της. Η τεράστια πορεία του μεγα-τσουνάμι έπληξε δέντρα σε μέγιστο υψόμετρο 525

μέτρα, στην είσοδο του Gilbert Inlet. Μεγάλο μέρος του υπόλοιπου της ακτογραμμής του κόλπου Lituya απογυμνώθηκε από το τσουνάμι σε ύψος από 30 έως 200 μέτρα.



Εικόνα 7. Αποξίλωση μετά την σφοδρή σύγκρουση τσουνάμι κατολίσθησης στην περιοχή του κόλπου Lituya στην Αλάσκα. (Πηγή: <http://www.gi.alaska.edu/>)

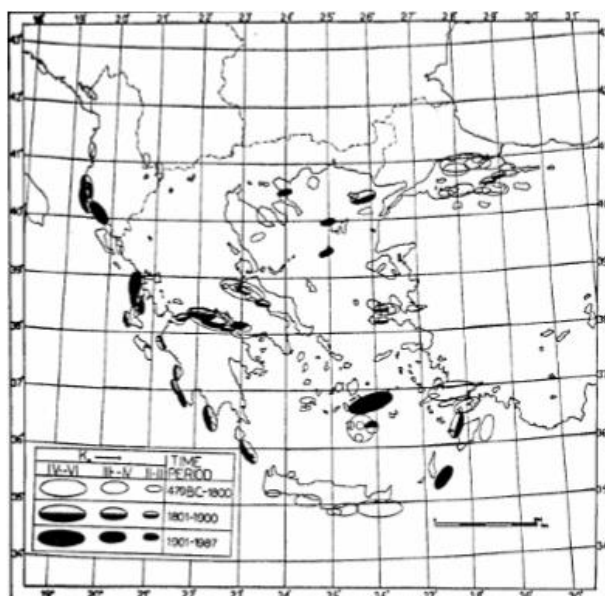
2.4.4. Δημιουργία κύματος τσουνάμι από ηφαιστειακή δραστηριότητα

Τα τσουνάμι μπορούν να προκληθούν και από την ηφαιστειακή δραστηριότητα, είτε λόγω της πτώσης/ολίσθησης βραχομάζας και της κατάρρευσης θραυσμάτων από τα πρανή των ηφαιστειών μέσα στην θάλασσα (volcanic flank collapse), είτε λόγω της έκρηξης των ηφαιστειών και της εκτόξευσης ηφαιστειακού υλικού κατά την ενεργοποίησή τους (volcanic crater collapse) (Dawson et al., 2004). Σχετικά με την πρώτη περίπτωση, ο κίνδυνος των τσουνάμι αφορά ηφαιστειογενή νησιά με απόκρημνες πλαγιές που είναι ασταθείς και μπορούν εύκολα να καταρρεύσουν, όπως είναι τα Κανάρια νησιά (Masson, 1996, Day et al., 1999a) και τα νησιά του Πράσινου Ακρωτηρίου (Day et al., 1999b) στον Ατλαντικό ωκεανό. Όσον αφορά τη δεύτερη περίπτωση, τα προκαλούμενα τσουνάμι σχετίζονται με ενεργά ηφαίστεια που βρίσκονται πάνω στα όρια των τεκτονικών πλακών ή στις μεσο-ωκεάνιες ράχες και ανά πάσα στιγμή μπορούν να εκραγούν, όπως έγινε με το ηφαίστειο της Σαντορίνης το 1628 π.Χ. (McCoy & Heiken, 2000) και με το ηφαίστειο Krakatoa στην Ινδονησία το 1883 (Yokoyama, 1987, Bernard et al., 2006). Μάλιστα σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, όσον αφορά την περίπτωση την πρόκλησης τσουνάμι μετά την

έκρηξη του ηφαιστείου της Σαντορίνης, ανακαλύφθηκε ότι τελικά οι μεγάλης μάζας πυροκλαστικές ροές ήταν αυτές που δημιούργησαν το τσουνάμι, και όχι η κατάρρευση της καλδέρας όπως έτσι πιστευόταν μέχρι πρότινος (Νομίκου Ρ. et al., 2016).

2.4.5 Τσουναμογενής ζώνη

Με τον όρο «τσουναμογενής ζώνη» (tsunami genic zone) ορίζεται μία θαλάσσια περιοχή που έχει δώσει τσουνάμι στο παρελθόν και δύναται να δώσει τσουνάμι και στο μέλλον, έχει ελλειπτικό σχήμα, το μέγεθός της είναι ανάλογο με την (εκτιμώμενη) μέγιστη ένταση τσουνάμι και ο προσανατολισμός της καθορίζεται από την αντίστοιχη σεισμική ζώνη θραύσης (από την κατανομή των επίκεντρων των επιφανειακών σεισμών) (Σχήμα 14). Στην περίπτωση που η γενεσιουργός αιτία του τσουνάμι είναι η έκρηξη ενός ηφαιστείου και όχι η σεισμική δραστηριότητα, τότε η τσουναμογενής ζώνη αναπαρίσταται από έναν κύκλο και όχι από μία έλλειψη (Papazachos&Dimitriou, 1991).



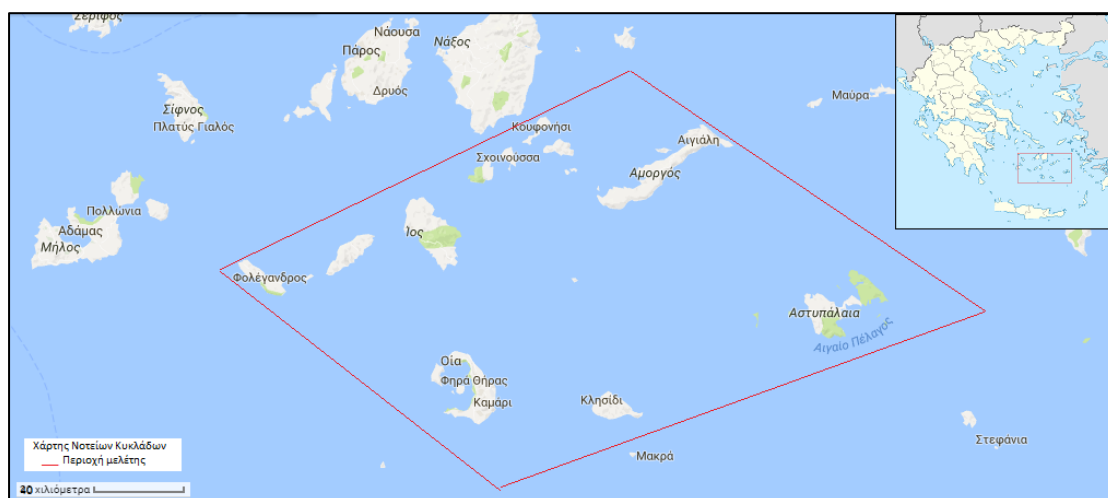
Εικόνα 8. Οι γνωστές και πιθανολογούμενες τσουναμογενείς ζώνες του ελλαδικού χώρου. Η ένταση των τσουνάμι μετρείται με τον δείκτη K0, σύμφωνα με την εξαβάθμια κλίμακα των Sieberg-Ambraseys (Πηγή: Papazachos & Dimitriou, 1991)

3. Παρουσίαση της περιοχής μελέτης και οριοθέτηση της παράκτιας ζώνης.

3.1. Περιοχή μελέτης

Η περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας είναι το νησιωτικό σύμπλεγμα των νοτίων Κυκλάδων το οποίο αποτελείται κυρίως από 11 νησιά εκ των οποίων κατοικούνται τα 9, την Φολέγανδρο, την Σίκινο, την Ίο, την Ηρακλεία, την Σχοινούσα, το Άνω Κουφονήσι, το Κάτω Κουφονήσι, τον Κέρο, την Αμοργό, την Ανάφη, και την Σαντορίνη. Για το λόγο ότι μελετάται φαινόμενο στην περιοχή το οποίο επηρεάζει άμεσα και το νησί της Αστυπάλαιας, αν και αυτό δεν συμπεριλαμβάνεται στις Κυκλάδες, εδώ ενοποιείται με τα υπόλοιπα.

Όλα αυτά τα νησιά οριοθετούν μια περιοχή, η οποία αποτυπώνεται στον χάρτη σε ένα σχήμα ρόμβου (Χάρτης 1).



Χάρτης 1. Περιοχή μελέτης, νησιωτικό σύμπλεγμα νοτίων Κυκλάδων και Αστυπάλαιας.

Οι πληθυσμοί των νησιών μεταβάλλονται ανάλογα την εποχή. Τον Χειμώνα παραμένουν σε αυτά οι μόνιμοι κάτοικοι, οι οποίοι δεν κατανέμονται αναλογικά με το μέγεθος του κάθε νησιού. Ως παράδειγμα αναφέρεται η Σαντορίνη η οποία αν και έχει το μισό σχεδόν μέγεθος από την Αμοργό, όμως έχει 17.430 μόνιμους κατοίκους σε αντίθεση με την Αμοργό η οποία έχει μόλις 1.947 μόνιμους κάτοικους. Παρ' όλα αυτά, τους καλοκαιρινούς μήνες, αυτοί οι πληθυσμοί μπορούν ακόμα και να τριπλασιαστούν λόγω των τουριστών που φιλοξενεί το κάθε νησί.

Στον πίνακα 2, Παρουσιάζονται όλα τα νησιά της περιοχής μελέτης, η έκτασης τους σε τετραγωνικά χιλιόμετρα καθώς και ο αριθμός πληθυσμού για το κάθε ένα, σύμφωνα με την τελευταία καταγραφή του 2011.

Νοτιες Κυκλάδες	Μέγεθος (km ₂)	Πληθυσμός 2011
Φολέγανδρος	32,384	787
Σίκινος	41,676	270
Ίος	108,713	2084
Ηρακλειά	18,078	150
Σχοινούσα	8,144	225
Άνω Κουφονήσι	5,77	412
Κάτω Κουφονήσι	3,898	0
Κέρος	15,042	0
Αμοργός	121,464	1947
Ανάφη	38,636	294
Σαντορίνη	76,19	17430
&		
Αστυπάλαια	96,42	1270

Πίνακας 2. Νησιά που απαρτίζουν την περιοχή μελέτης, μέγεθος και πληθυσμός τους.

3.1.1. Γεωμορφολογία Περιοχής

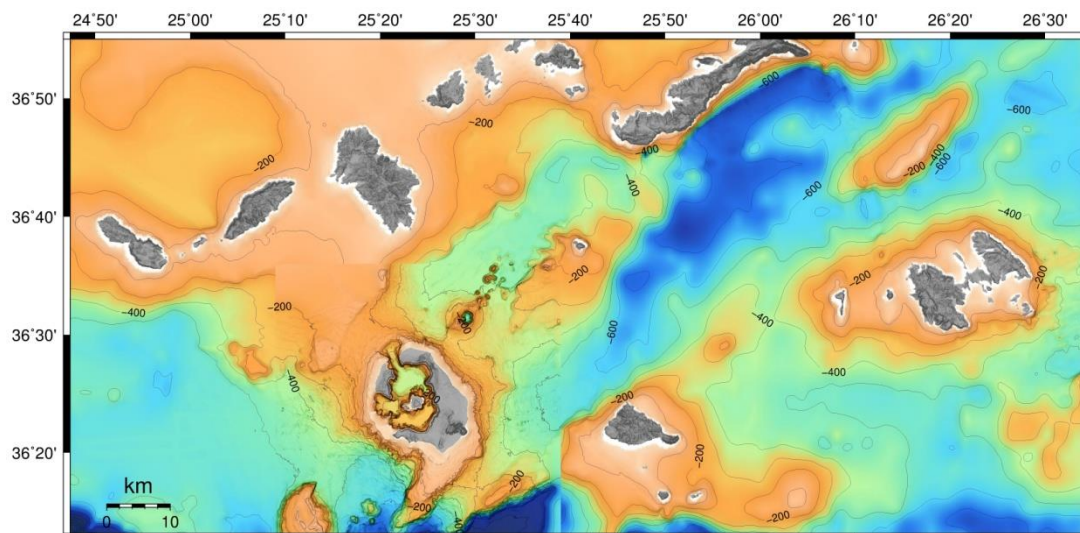
Οι Κυκλάδες και κατά επέκταση τα νησιά που τις αποτελούν νοτιότερα, χαρακτηρίζονται από πετρώδες και άδεντρο έδαφος. Τα περισσότερα νησιά στις Κυκλάδες είναι ορεινά, με ψηλότερες ή χαμηλότερες οροσειρές που ανάμεσά τους σχηματίζονται μικρές πεδιάδες, συνήθως όχι αρκετές για καλλιέργειες.

Τα μέγιστα υψόμετρα των νησιών που αφορούν την παρούσα εργασία παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα (πίνακας 3). Μικρότερο μέγιστο υψόμετρο είναι αυτό στο Άνω Κουφονήσι το οποίο φτάνει μόλις τα 113 μέτρα από την επιφάνεια της θάλασσας και το μεγαλύτερο μέγιστο υψόμετρο παρατηρείται στο νησί της Αμοργού και φτάνει τα 823 μέτρα.

ΝΗΣΙ	max ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)
Αμοργός	823
Ιος	714
Ανάφη	581
Σαντορίνη	567
Σίκινος	553
Αστυπάλαια	482
Κέρος	434
Ηρακλειά	420
Φολέγανδρος	415
Σχοινούσα	133
Κάτω Κουφονήσι	121
Άνω Κουφονήσι	113

Πίνακας 3. Μέγιστο υψόμετρο για κάθε νησί της περιοχής μελέτης

Το βάθος στην θαλάσσια περιοχή κυμαίνεται κυρίως μεταξύ 200 και 600 μέτρων. Εξαιρέση αποτελεί η περιοχή νότια της Αμοργού, όπου το βάθος είναι μεγαλύτερο των 600 μέτρων και σε εκείνο το σημείο παρατηρείται μεγάλη κλίση του πυθμένα. Συγκεκριμένα, ανοιχτά της υφαλοκρηπίδας της νότιας ακτογραμμής του νησιού, το βάθος φτάνει τα 724 μέτρα.



Χάρτης 2. Βαθυμετρικός χάρτης νοτίων Κυκλάδων
(Nomikou P. et al., 2016)

Η μορφολογία των ακτογραμμών ποικίλει. Συναντούνται τόσο βραχώδεις και ιδιαίτερα απόκρημνες ακτές, όσο και αμμώδεις παραλίες με ήπιες κλίσεις. Τέλος παρατηρείται μεγάλος αριθμός όρμων και κοιλίσκων οι οποίοι έχουν σχηματιστεί φυσικά, από την αλληλεπίδραση της θάλασσας με την ξηρά.

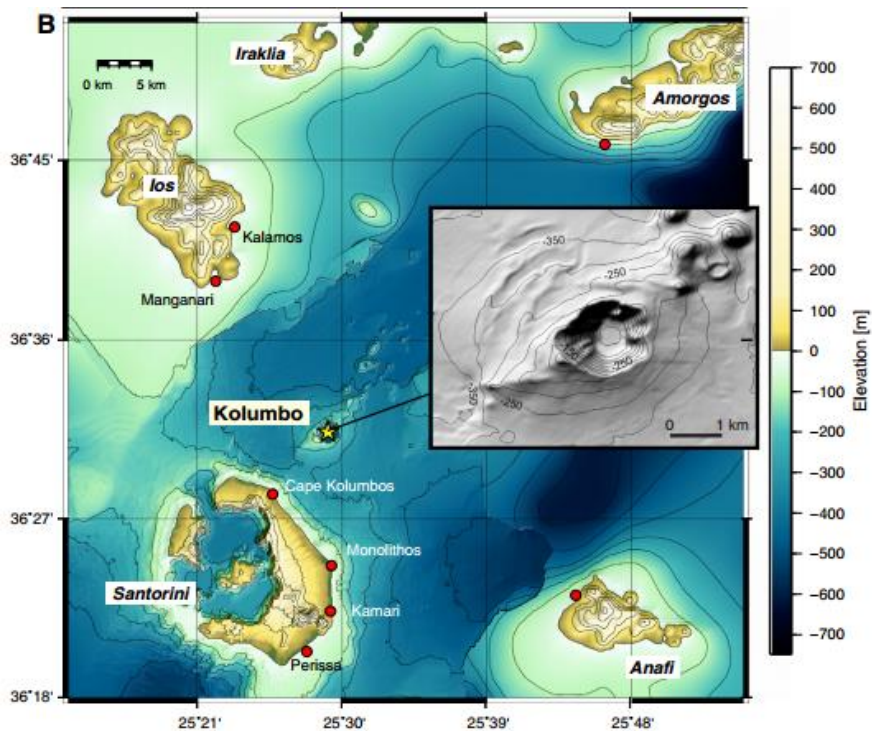
Η Αστυπάλαια, αν και ανήκει στο νησιωτικό σύμπλεγμα των Δωδεκανήσων, παρουσιάζει σχεδόν πανομοιότυπα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά.

3.1.2. Γεωλογία περιοχής

Το νησιωτικό σύμπλεγμα των Κυκλάδων έχει ενδιαφέρουσα γεωλογική ιστορία και σε αυτήν οφείλεται η ποικιλομορφία του φυσικού του περιβάλλοντος.

Πριν από 15 εκατομμύρια χρόνια η σημερινή Ελλάδα, η Μικρά Ασία, το Αιγαίο και το Κρητικό Πέλαγος αποτελούσαν μια εκτεταμένη περιοχή στεριάς, την Αιγηίδα. Κατά την πλειόκαινο, πριν από 4,5-2,5 εκατομμύρια χρόνια, η θάλασσα κατέκλυσε τις περιοχές της Αιγηίδας εκτός από τις κορυφές των βουνών της, που έτσι αποτέλεσαν τα νησιά του Αιγαίου. Αλληπάλληλες γεωλογικές μεταβολές, μετακινήσεις του φλοιού της γης, σεισμοί, εκρήξεις ηφαιστειών, έδωσαν στο νησιωτικό σύμπλεγμα των Κυκλάδων τη μορφή που έχει σήμερα. Τα μεταμορφωμένα πετρώματα, που σχηματίστηκαν από τα ιζήματα εκατομμυρίων ετών, στην θαλάσσια αυτή περιοχή, αποτελούν το κορμό των Κυκλάδων. Τέσσερα από τα νησιά του συμπλέγματος, εκ των οποίων το ένα στην περιοχή μελέτης (Σαντορίνη) συμμετέχουν στο ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου το οποίο δημιουργήθηκε με την καταβύθιση της Αφρικανικής Πλάκας κάτω από τη μικροπλάκα του Αιγαίου. Την ηφαιστειακή παρουσία στην περιοχή μελέτης συμπληρώνει το υποθαλάσσιο ηφαίστειο Κολούμπο, βορειοανατολικά της Σαντορίνης. Μάλιστα σχετικά πρόσφατες σεισμικές έρευνες στην περιοχή, δείχνουν μια πολύ ενεργή περιοχή κάτω από το Κολούμπο γεγονός που υποδηλώνει τη δυνατότητα για μελλοντική εκρηκτική δραστηριότητα (Νομίκου Ρ. Et al., 2012). Η ηλικία των ηφαιστειών αυτών ανάγεται σε 4 εκατομμύρια χρόνια.

Κάθε νησί παρουσιάζει ένα εντυπωσιακό και εντελώς ξεχωριστό ανάγλυφο και περιλαμβάνει μνημεία με τεράστιο γεωλογικό αλλά και παλαιοντολογικό, αρχαιολογικό και ιστορικό ενδιαφέρον.



Χάρτης 3. Χάρτης τοποθεσίας υποθαλάσσιου ηφαιστείου Κολούμπο (Αιγαίο, Ελλάδα). Οι κίτρινοι κύκλοι στο χάρτη υποδεικνύουν περιοχές όπου παρατηρήθηκαν τα 1650 τσουνάμι. Η Σκιασμένο άποψη απεικονίζει το ανάγλυφο οικοδόμημα του ηφαιστείου με κεντρική κρατήρα και περιφερειακών κώνους (Ulvgrora M. et al., 2016)

Πετρώματα

Πολλά από τα πετρώματα που απαρτίζουν τη δομή των Κυκλάδων είναι γνωστότατα στην αγορά ως δομικά υλικά ή υλικά διακόσμησης. Από τα εκρηξιγενή πετρώματα, γνωστός είναι ο γρανίτης και το πράσινο μάρμαρο (κυρίως στην Τήνο), καθώς και ο οφειτασβεστίτης και έχει χρησιμοποιηθεί για κίονες εκκλησιών, προσόψεις μεγάρων κλπ. Από τα ηφαιστειογενή, γνωστά είναι οι ηφαιστίτες, η ζαχαρόπετρα, ένας λευκόφαιος ηφαιστίτης, ο οψιανός, ένα υαλώδες συμπαγές ηφαιστειακό πέτρωμα, που εξάγεται στη Σαντορίνη, η κίσηρις (ελαφρόπετρα), που απαντάται κυρίως στη Σαντορίνη και στη Μήλο και οι ηφαιστειακοί τόφοι, που χρησιμεύουν ως γωνιόλιθοι και εξάγονται σε μεγάλες ποσότητες. Τέλος, ονομαστή είναι η ηφαιστειακή γη της Σαντορίνης, που χρησιμοποιείται ως δομικό υλικό (υδραυλικά κονιάματα) τόσο στην Ελλάδα όσο και στο εξωτερικό. Ενδιαφέρον πέτρωμα είναι και ο καολίνης, που βρίσκεται με μορφή ακανόνιστης φωλιάς μέσα σε όξινα ηφαιστειογενή πετρώματα ή σε ηφαιστειακούς τόφους.

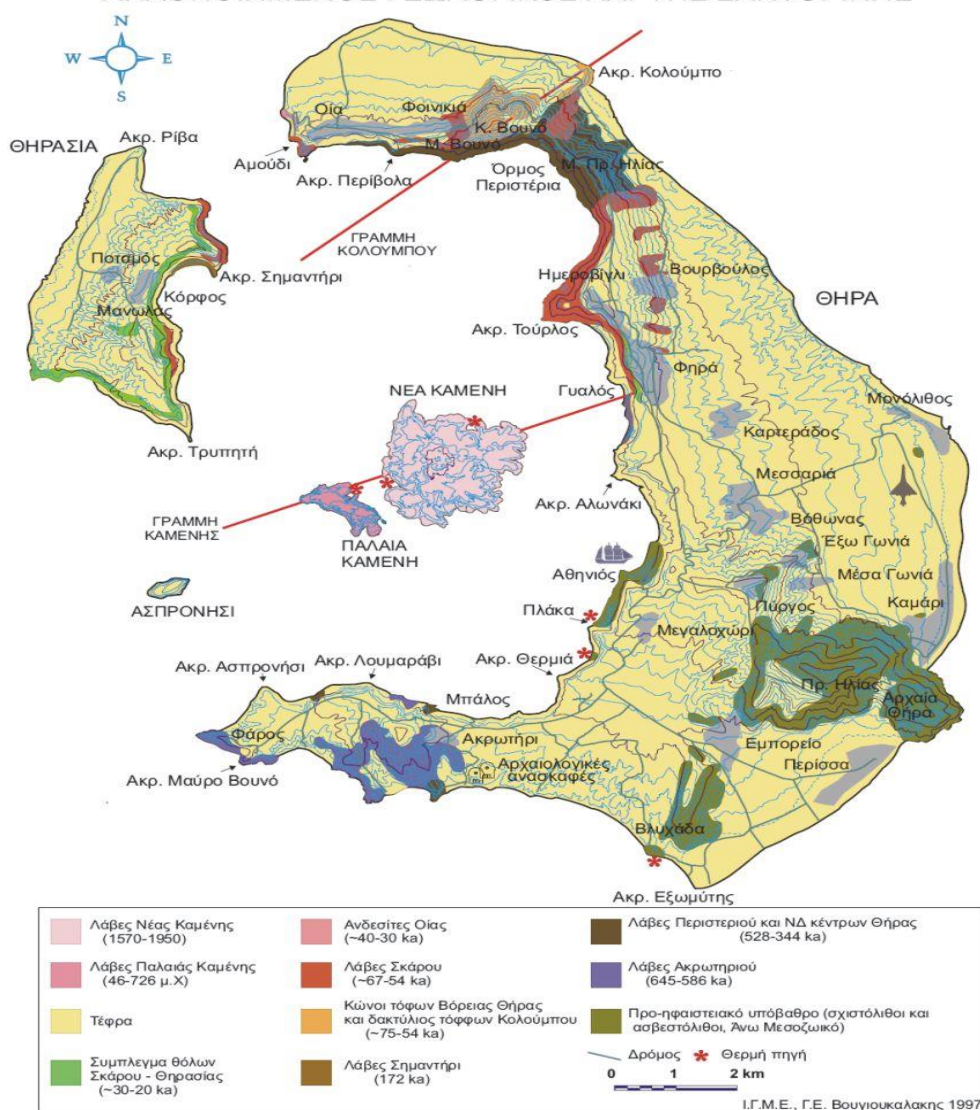
Από τα μεταμορφωμένα πετρώματα, ο γνεύσιος, ο μαρμαρυγιακός σχιστόλιθος τα οποία απαντώνται σε μεγάλες ποσότητες και χρησιμοποιούνται για επιστρώσεις και ως λίθους στέγασης.

Σε ορισμένα νησιά των Κυκλάδων υπάρχουν αξιόλογα μεταλλεύματα, που αποτελούν σημαντική πηγή εσόδων για την ελληνική μεταλλευτική βιομηχανία. Τα σπουδαιότερα είναι η αργυρούχος βαρυτίνη, ο σιδηροπυριτιούχος μαγνητίτης, η σμυρίδα, ο αιματίτης και τα κυτάσματα σιδήρου (κυρίως στην Σέριφο), και άλλα ορυκτά που συναντώνται σε ορισμένα νησιά όπως το θείο, ο τάλκης και ο αμίαντος (Πηγή: Γεωγραφικά στοιχεία και κλίμα Κυκλάδων, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών του Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης).

Τα ασβεστολιθικά πετρώματα των Κυκλάδων συνέλαβαν στην δημιουργία σημαντικού αριθμού σπηλαίων. Επίσης αν και η παρουσία εκτεταμένων ασβεστολιθικών πετρωμάτων (μαρμάρων) επέτρεψε τον σχηματισμό πολλών καρστικών υδροφόρων οριζόντων και την ύπαρξη πηγών, μερικά νησιά παρουσιάζονται σχεδόν τελείως άνυδρα, καθώς τα στεγανά σχιστολιθικά πετρώματα είναι πολύ εξαπλωμένα. Στα νησιά όπου επικρατούν τα ηφαιστειακά πετρώματα ή ιζήματα σχηματίζονται φτωχοί υδροφόροι οριζόντες μόνο στις ζώνες της έντονης αποσάθρωσής τους.

Ιδιαίτερη αναφορά αξίζει να γίνει στην Γεωλογία της Σαντορίνης. Η Σαντορίνη είναι το γνωστότερο ενεργό ηφαίστειο του Ηφαιστειακού Τόξου του Νοτίου Αιγαίου. Είναι ένα πολυσύνθετο στρωματοηφαίστειο με μία μεγάλη καλδέρα που σχηματίστηκε κατά τη διάρκεια διαφόρων μεγάλων και βίαιων εκρήξεων. Το νησί, εκτός από ένα μικρό μη ηφαιστειακό υπόβαθρο, αποτελείται σχεδόν εξ ολοκλήρου από ηφαιστειακά πετρώματα, τα οποία διακρίνονται ως μία πολύχρωμη ακολουθία στα απότομα τοιχώματα της εντυπωσιακής καλδέρας. Η ηφαιστειακή δραστηριότητα στη Σαντορίνη ξεκίνησε πριν από περίπου 2 εκατομμύρια χρόνια πριν, όταν ήταν ένα μικρό στρογγυλό νησί, παρόμοιο με τα υπόλοιπα νησιά των Κυκλάδων (Πηγή: Γεωλογία της Σαντορίνης, Μάθημα Ηφαιστειολογία, Τμήματος Γεωλογία του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης).

ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΣΑΝΤΟΡΙΝΗΣ



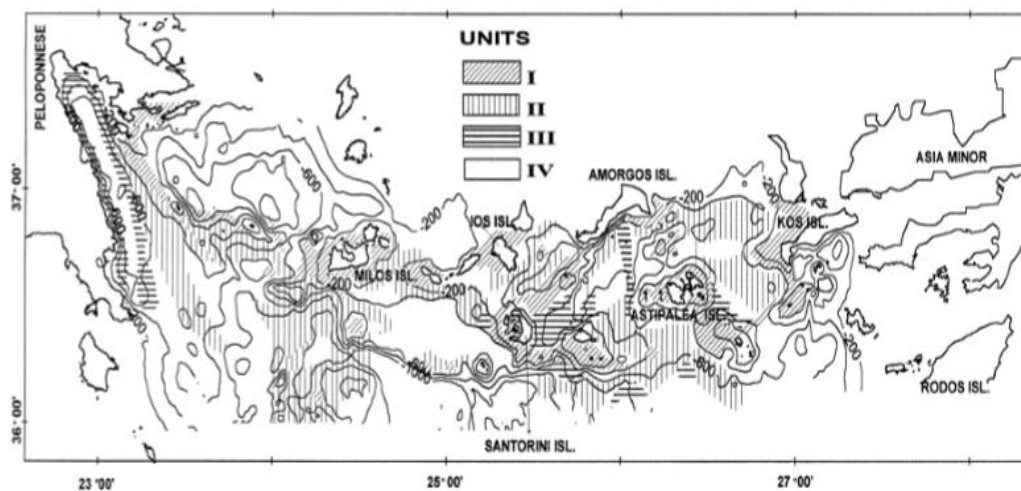
Χάρτης 4. Απλοποιημένος Γεωλογικός χάρτης Σαντορίνης (πηγή: ΙΓΜΕ, Γ.Ε. Βουγιουκαλάκης, 1997)

Ιζήματα

Σύμφωνα με πρόσφατες μελέτες, στο πυθμένα της Θάλασσας του νότιου Αιγαίου έχουν διακριθεί τέσσερις διαφορετικοί τύποι ή ομάδες ιζημάτων οι οποίοι διαμορφώνουν τέσσερις διαφορετικές ζώνες:

- I. Ζώνη 1: Τα ιζήματα που εντοπίζονται στην εσωτερική υφαλοκρηπίδα και στις κορυφές των θαλάσσιων ραχών και οροπεδίων, και τα οποία αποτελούνται από χονδρόκοκκη και λεπτόκοκκη άμμο.

- II. Ζώνη 2: Τα ιζήματα λεπτόκοκκης άμμου και ιλύος πάχους 50m που διαταράσσονται από διεργασίες διάβρωσης καθώς τα διάφορα στρώματα είναι ακαθόριστα, συνεχόμενα ή μη, με κλίση που κυμαίνεται από 1° μέχρι 3° ή και περισσότερο. Η ζώνη αυτή έχει χαρτογραφηθεί στα ανατολικά της λεκάνης της Αμοργού, σε γειτονικές περιοχές στην Αστυπάλαια.
- III. Ζώνη 3: Η ζώνη χαρακτηρίζεται από ασυνέχειες και χαοτικές ιζηματογενείς δομές από λεπτόκοκκη άμμο και ιλύ, με λίγη χονδρόκοκκη άμμο. Τέτοια ιζήματα βρίσκονται στην περιοχή της Σαντορίνης και βορειοδυτικά της λεκάνης της Αμοργού.
- IV. Ζώνη 4: αποτελείται από ιζήματα ιλύος και αργίλων πάχους >100m με ξεκάθαρες εναλλαγές αποθέσεων, οι οποίες είναι πολύ καλά στρωματοποιημένες.



Χάρτης 5. Η κατανομή των τεσσάρων διαφορετικών ιζηματογενών ακολουθιών που εντοπίζονται στο νότιο Αιγαίο (Πηγή: Perissoratis & Papadopoulos, 1999)

3.1.3. Γεωδυναμικό Περιοχής

Το μεγαλύτερο μέρος της σεισμικότητας της Γης παρατηρείται στα κύρια συστήματα διάρρηξης, στο σύστημα των μεσοωκεάνειων ράχων και το σύστημα των ηπειρωτικών περιθωρίων (ορογενετικές ζώνες και νησιωτικά τόξα). Ένα τέτοιο

περιθώριο είναι και το νησιωτικό τόξο του νοτίου Αιγαίου, κάτι που συνεπάγει την έντονη σεισμικότητα στην περιοχή.

Το Ελληνικό τόξο (τόξο του Αιγαίου) αποτελεί το όριο επαφής της Ευρασιατικής λιθοσφαιρικής πλάκας, τμήμα της οποίας είναι το Αιγαίο, και της Αφρικανικής πλάκας τμήμα της οποίας είναι η λιθόσφαιρα της Ανατολικής Μεσογείου. Οι δύο λιθοσφαιρικές πλάκες συγκλίνουν στην περιοχή αυτή με σχετική ταχύτητα 2,5 εκατοστά το χρόνο, με συνέπεια την καταβύθιση της ωκεάνιας πλάκας της Ανατ. Μεσογείου, λόγω μεγαλύτερης πυκνότητας, κάτω από την ηπειρωτική πλάκα του Αιγαίου. Το τόξο που δημιουργείται στην περίπτωση αυτή αποτελείται από την ελληνική τάφρο, το νησιωτικό τόξο, την οπισθοτάφρο και το ηφαιστειακό τόξο. Η τάφρος δημιουργείται κατά μήκος της επαφής των δύο πλακών. Πρόκειται για ένα σύστημα τάφρων, μία σειρά από βαθιές θαλάσσιες λεκάνες από τη Ρόδο έως και την Κεφαλλονιά (γνωστή και ως ελληνική δίαυλος) Το μέγιστο βάθος της εντοπίστηκε νοτιοδυτικά της Πελοποννήσου στο Ιόνιο πέλαγος (βάθος περίπου 4.500m). Αυτό είναι το βαθύτερο σημείο της Μεσογείου. Το νησιωτικό τόξο αποτελείται από μία σειρά διαδοχικών νησιών όπως η Ρόδος, η Κρήτη, τα Κύθηρα και από την Πελοπόννησο. Τοποθετείται παράλληλα ως προς την τάφρο και σε μικρή απόσταση από αυτήν. Το τόξο αυτό δημιουργείται από την παραμόρφωση και ανύψωση πετρωμάτων (κυρίως ιζηματογενών) του περιθωρίου της Ευρασιατικής πλάκας και περιλαμβάνει πολύ παραμορφωμένα πετρώματα της Αλπικής πτύχωσης. Η οπισθοτάφρος είναι μία θαλάσσια λεκάνη (Κρητικό πέλαγος), μικρότερου βάθους από την τάφρο. Το μέγιστο βάθος της φτάνει τα 2.000m περίπου. Η λεκάνη αυτή βρίσκεται μπροστά από το νησιωτικό τόξο και πάνω στην Ευρασιατική πλάκα. Το ηφαιστειακό τόξο αποτελείται από διαδοχικά ηφαίστεια (ενεργά και ανενεργά) Σουσάκι, Μέθανα, Μήλος, Σαντορίνη, Κολούμπο και Νίσυρος. Η δημιουργία τους οφείλεται σε ανάτηξη υλικού της υποβυθιζόμενης Αφρικανικής πλάκας (Λυκούδη, 2005). Κατά την άνοδό του το υλικό αυτό διαπερνά την Ευρασιατική πλάκα και σχηματίζει τα ηφαίστεια. Τα ηφαίστεια της Σαντορίνης και του Κολούμπο, το οποίο είναι υποθαλάσσιο, συνθέτουν το γεωδυναμικό της περιοχής των νοτίων Κυκλάδων.

Έχει διαπιστωθεί ότι οι μηχανισμοί δημιουργίας των σεισμών σχετίζονται άμεσα με τα κύρια τεκτονικά γνωρίσματα μιας περιοχής (Parazachos, 1988) άρα και η

συσχέτιση του τόξου στο Αιγαίο σχετίζεται άμεσα με την εκδήλωση των σεισμών στην περιοχή.

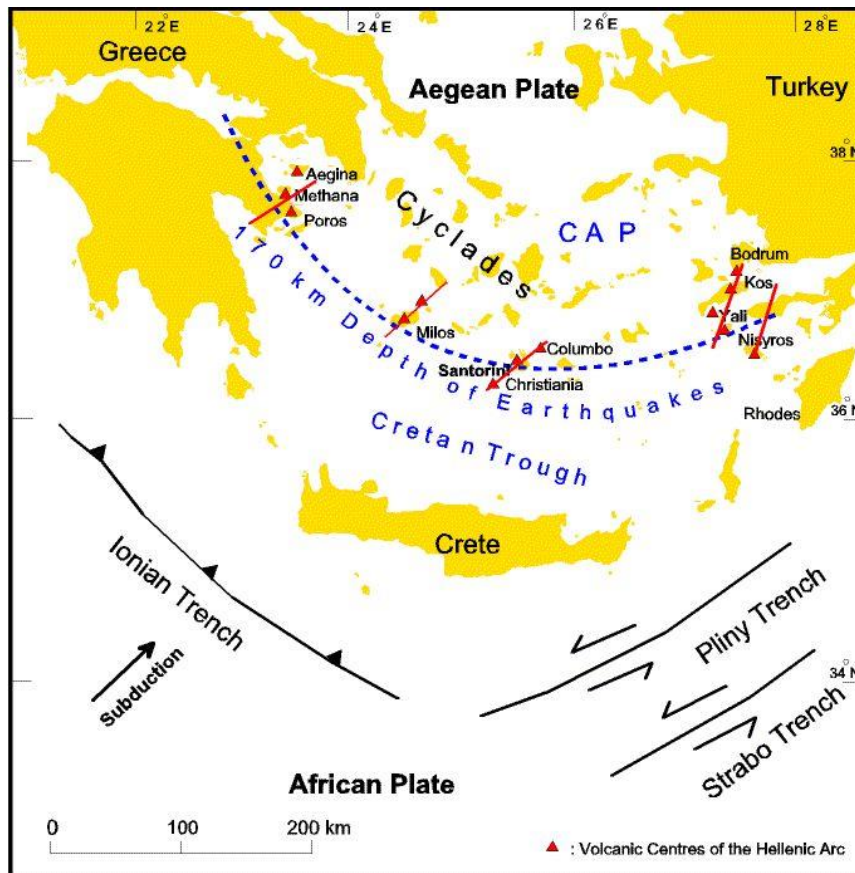
Η κατανομή των σεισμών στο χώρο χωρίζεται σε δύο ομάδες, ανάλογα του εστιακού τους βάρους σε

- I. Σε εστίες επιφανειακών σεισμών ($h < 60\text{km}$)
- II. Σε εστίες σεισμών ενδιάμεσου και μεγάλου βάρους

Από τις δύο αυτές ομάδες, η δεύτερη ομάδα παρουσιάζεται μόνο στο ηπειρωτικό σύστημα διάρρηξης και κατά συνέπεια και στα νησιωτικά τόξα, χωρίς φυσικά να αποκλείονται οι επιφανειακοί σεισμοί σε αυτά.

Στον Ελληνικό χώρο οι επιφανειακοί σεισμοί περικλείουν ολόκληρη την περιοχή του Αιγαίου υπό μορφή δακτυλίου και συνδέονται στενά με τις σεισμικές ζώνες τόσο της ηπειρωτικής Ελλάδας αλλά όσο και με αυτές της Τουρκίας. Στο νότιο Αιγαίο η κατανομή των σεισμών αυτών καταλαμβάνει ολόκληρο το ιζηματογενές τόξο και προχωρεί παράλληλα προς την Ελληνική τάφρο (Δελημπάσης Ν.Δ., 1999), άρα καταλαμβάνει και τμήμα των Κυκλάδων.

Το εστιακό βάθος ενός σεισμού αποτελεί πολύ κρίσιμο στοιχείο για την δημιουργία ενός τσουνάμι ή την μη δημιουργία αυτού. Όντως, πειραματικά δεδομένα και θεωρητικές μελέτες δείχνουν ότι μόνο οι επιφανειακοί, ρηχοί υποθαλάσσιοι σεισμοί μπορούν να προκαλέσουν τσουνάμι. Γενικότερα η σεισμικότητα της ευρύτερης περιοχής του νοτίου Αιγαίου και κατ επέκταση των νοτίων Κυκλάδων, χαρακτηρίζεται από επιφανειακούς σεισμούς (εστιακού βάρους $\sim 20\text{km}$) (Karacostas, 1988).

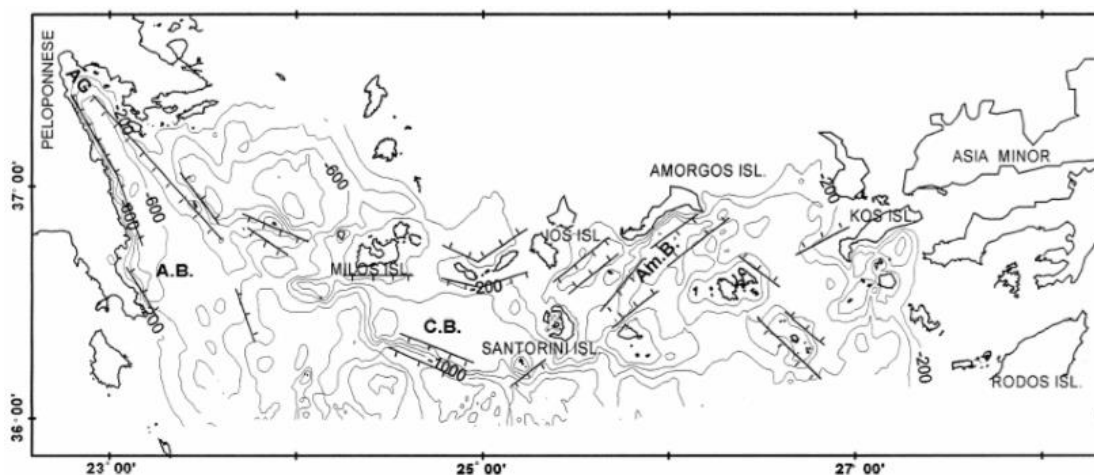


Χάρτης 6. Τα κύρια τεκτονικά χαρακτηριστικά στην Ελλάδα (πηγή: Friedrich, 1994)

Το γεωδυναμικό της περιοχής εκτός από το ηφαιστειακό τόξο συμπληρώνεται από τα ρήγματα της περιοχής. Ρήγματα ενεργά και ικανά να δώσουν σεισμούς. Το μεγαλύτερο από αυτά τα ρήγματα είναι, το ρήγμα στη Λεκάνη της Αμοργού το οποίο σχηματίζει την απόκρημη νότια πλευρά του νησιού. Το κατώτερο σκέλος του ρήγματος (footwall) ανέρχεται στα 1600m ύψος, εκ των οποίων τα 800m περίπου εκτείνονται πάνω από την στάθμη της θάλασσας. Προς τα κάτω, το σκέλος αυτό βυθίζεται προς την θάλασσα με γωνία κλίσης 20ο και εκτείνεται για άλλα 750m περίπου μέχρι τον επίπεδο πυθμένα της λεκάνης. Η κλίση του μικραίνει προς τα ΒΑ και ΝΔ, ενώ στο κέντρο της λεκάνης τα υπάρχοντα ιζήματα του Τεταρτογενούς έχουν συνολικό πάχος 150m. Από σεισμικές τομές στα ΒΑ της λεκάνης φαίνεται ότι το τμήμα με το μεγαλύτερο πάχος ιζημάτων (recent deprecator) μετακινείται προς τα δυτικά του κατώτερου σκέλους του ρήγματος. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στην καταβύθιση του πυθμένα της λεκάνης σε σχέση με το κάτω σκέλος του ρήγματος. Έχει υπολογιστεί ότι η συνολική έκταση του ρήγματος κατά μήκος των ακτών της

Αμοργού είναι περίπου 60km και μοιράζεται σε δύο τμήματα μήκους 30km το καθένα. Επιπλέον, στο νότιο τμήμα της λεκάνης της Αμοργού ξεχωρίζουν δύο διαφορετικά ρήγματα, εκ των οποίων το πιο απότομο βρίσκεται βόρεια της Ανάφης και το κάτω σκέλος του έχει ύψος 200m και μήκος 25km (Perissoratis & Papadopoulos, 1999).

Άλλα ρήγματα στην περιοχή των νοτίων Κυκλάδων είναι, τα ρήγματα μεταξύ των νησιών Ίου και Αμοργού, τα ρήγματα νότια και νοτιοδυτικά της Σαντορίνης, τα ρήγματα βόρεια και νότια της Φολέγανδρου.



Χάρτης 7. Απεικόνιση της λεκάνης της Αμοργού και της γενικότερης περιοχής του νοτίου Αιγαίου και των κύριων ρηγμάτων της (Πηγή: Perissoratis & Papadopoulos, 1999)

3.1.3.1 Συσχέτιση γεωδυναμικού περιοχής με την δημιουργία τσουνάμι.

Οι σεισμοτεκτονικές συνθήκες στην ζώνη πρόσκρουσης των δύο λιθοσφαιρικών πλακών νότια της Κρήτης φαίνεται ότι ευνοούν την δημιουργία τσουνάμι, δίνοντας μεγάλους σεισμούς με μικρά εστιακά βάθη. Αυτό δε σημαίνει ότι μια δημιουργία τσουνάμι νότια της Κρήτης δεν μπορεί να επηρεάσει την παράκτια ζώνη των Κυκλάδων. Από την άλλη, οι μεγάλοι σεισμοί βόρεια του νησιού, συνεπώς και στην περιοχή των νοτίων Κυκλάδων, δεν φαίνονται ικανοί να προκαλέσουν σημαντικά τσουνάμι -εκτός και αν αφορά κανονικά ρήγματα- εξαιτίας του μεγάλου εστιακού βάθους τους (>70km), όπως συνέβη και στην περίπτωση του ισχυρότατου σεισμού εντάσεως $M_s=8,2$ που σημειώθηκε βόρεια στις 12 Οκτωβρίου του 1856 και δεν δημιούργησε κανένα θαλάσσιο κύμα (Κατσιμίχα, 2012).

Τι όμως είναι αυτό που προκάλεσε τελικά το τσουνάμι του 1956; Παρόλο που η ανατολική Μεσόγειος παρουσιάζει παρόμοια τεκτονικά χαρακτηριστικά με τις τάφρους της Ιαπωνίας και των νησιών Aleutian στον βόρειο Ειρηνικό ωκεανό, οι οποίες έχουν δώσει τσουνάμι από μεγάλες υποθαλάσσιες κατολισθήσεις που πυροδοτήθηκαν από τους σεισμούς του 1896 και 1946 αντίστοιχα (Kanamaru, 1972), στην περίπτωση της εξωτερικής Ελληνικής τάφρου δεν υπάρχουν αρκετά στοιχεία για ισχυρούς σεισμούς από κανονικά ρήγματα, οι οποίοι θα μπορούσαν να πυροδοτήσουν υποθαλάσσιες κατολισθήσεις και να δημιουργήσουν τσουνάμι (Parazachos & Dimitriu, 1991). Αντιθέτως η περίπτωση δημιουργίας τσουνάμι από υποθαλάσσια κατολίσθηση φαίνεται να ευνοείται στις νότιες Κυκλάδες. Το πιο πρόσφατο τσουνάμι που καταγράφεται στην περιοχή εκδηλώθηκε μετά από σεισμό και οι μέχρι τώρα έρευνες έδειξαν ότι ο σεισμός αυτός συνδέεται με ένα κανονικό ρήγμα με προσανατολισμό ΒΑ-ΝΔ που βυθίζεται νοτιοανατολικά της Αμοργού (Papadopoulos & Pavlides, 1992). Αμέσως εκδηλώθηκε ένα καταστροφικό τσουνάμι, το οποίο πιθανόν να οφείλεται σε μία πυροδοτούμενη από τον σεισμό υποθαλάσσια γεωλίσηση ιζημάτων μέσα στο κοίλωμα που υπάρχει ανάμεσα στην Αμοργό και την Αστυπάλαια (Perissoratis & Papadopoulos, 1999), κάτι που δεν είναι σπάνιο για πολλές παράκτιες περιοχές της χώρας (Γαλανόπουλος κ.α., 1964, Perissoratis et al., 1984, Papadopoulos, 1993b).

Τα ιζήματα που βρίσκονται στο πυθμένα της θάλασσας μεταξύ των νησιών Αμοργού, Αστυπάλαιας, Σαντορίνης και μεταξύ Φολέγανδρου και Σαντορίνης, ανήκουν στις ζώνες ιζημάτων II και III (βλέπε παραπάνω, σχήμα 1), ιζήματα που είναι επιρρεπή στις κατολισθήσεις. Έτσι λοιπόν οι πιθανότητες για αστοχία και κατάρρευση των θαλάσσιων ιζημάτων στις ζώνες αυτές μετά από μεγάλης έντασης σεισμό, είναι πολύ υψηλές.

3.2 Έκθεση της παράκτιας ζώνης σε κίνδυνο Τσουνάμι

3.2.1. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις τσουνάμι ανα τον κόσμο

Σήμερα πλέον το τσουνάμι δεν θεωρείται ένας σπάνιος κίνδυνος, στον οποίο δεν αξίζει να δοθεί η πρέπουσα σημασία και μελέτη. Ιδιαίτερα μετά τα θανατηφόρα

περιστατικά της τελευταίας δεκαετίας, όπου έχασαν την ζωή τους εκατοντάδες χιλιάδες άνθρωποι και καταστράφηκαν ολοσχερώς παράκτιες πόλεις και χωριά. Για να μελετηθεί ο βαθμός έκθεσης της παράκτιας ζώνης σε μελλοντικό κίνδυνο, είναι απαραίτητο να ανατρέξουμε σε παλαιότερα συμβάντα και να συλλέξουμε από αυτά δεδομένα και πληροφορίες. Στον παρακάτω πίνακα έχουν επιλεγθεί κάποια από τα μεγαλύτερα γεγονότα τσουναμογέννησης που έχουν καταγραφεί στον κόσμο. Επιλέχθηκαν γεγονότα που χρονολογούνται από το 1615 π.Χ. έως πολύ πρόσφατα, μόλις το 2015. Επίσης επιλέχθηκαν γεγονότα που προέκυψαν και από τις τρεις βασικές κατηγορίες τσουναμογέννησης.

Ιστορικό Tsunami	Γενεσιουργό Αίτιο			max run up (metre)
	ΣΕΙΣΜΟΣ	ΗΦΑΙΣΤΕΙΟ	ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΗ	
Χιλή 2015	X			4.75
Ιαπωνία 2011	X			42
Ινδονησία 2004	X			48.86
Τουρκία, Izmit 1999			X	2.52
Νέα Γουινέα 1998			X	15
Αλάσκα 1964	X			67
Lityua Bay 1958			X	525
Αμοργός 1956			X	20
Haway 1946	X			55
Ritter Island 1888			X	15
Krakatau 1883		X		42
Σαντορίνη 1615 πΧ		X		<200

Πίνακας 4. Επιλεγμένα περιστατικά δημιουργίας τσουνάμι ανά τον κόσμο. Αναφέρεται το αίτιο δημιουργίας τους καθώς και το μέγιστο υψόμετρο που έφτασε το κύμα στην χέρση (runup).

3.2.1.1. Σαντορίνη, 1615 π.Χ.

Η παλαιότερη αναφορά του πίνακα, η οποία είναι αυτή του μέγα-τσουνάμι της Σαντορίνης το 1615 π.Χ., σαφώς και είχε μηδαμινές καταγεγραμμένες πληροφορίες σε σχέση με τα νεότερα γεγονότα, αλλά όντας ένα από τα μεγαλύτερα τσουνάμι στην παγκόσμια ιστορία, πολυμελετημένο, αλλά και γεγονός που εξελίχθηκε στην περιοχή μελέτης, δεν μπορούσε να μην αναφερθεί.

Βάση ευρημάτων θαλάσσιων οργανισμών σε αρκετά σημεία της μεσογείου και όχι μόνο (καθώς ευρήματα που σχετίζονται με το τσουνάμι της Σαντορίνης έχουν εντοπιστεί και στη μαύρη θάλασσα) και παράλληλα βάση της χρονολόγησης τους

στην εποχή του γεγονότος, συνεπάγουν ότι το runup υπολογίζεται άνω των 200 μέτρων.

Το τσουνάμι της Σαντορίνης οφείλεται στην έκρηξη του ηφαιστείου, όχι λόγω της κατάρρευσης της καλντέρας, όπως πίστευαν μέχρι πολύ πρόσφατα οι επιστήμονες, αλλά οφείλεται στις μεγάλες ποσότητες πυροκλαστικών ροών που χύθηκαν με μεγάλη ταχύτητα στη θάλασσα (Nomίκου P. et al., 2016). Ταυτόχρονα όμως οι μελέτες έχουν δείξει ότι ένα τέτοιο γεγονός, επαναλαμβάνεται κάθε 20.000 χρόνια, όπου και το ηφαίστειο δίνει μια έκρηξη τέτοιου μεγέθους (Nomίκου P. et al., 2016), γεγονός που μας δίνει την δυνατότητα να αποκλείσουμε κατά κάποιο τρόπο την δημιουργία τόσο μεγάλων τιμών runup (<200μ) στην περιοχή, τουλάχιστον για τα επόμενα 15.000 χρόνια.

3.2.1.2 Lityua Bay, Αλάσκα , 1958

Η περίπτωση του τσουνάμι στο Lityua Bay της Αλάσκας το 1958, ήταν μια πολύ ιδιαίτερη περίπτωση καθώς ισχυρή σεισμική δόνηση προκάλεσε κατολίσθηση μεγάλου όγκου πάγου που αποκολλήθηκε από το παγόβουνο και εκτόπισε τεράστια μάζα νερού. Δημιουργήθηκε τσουνάμι το οποίο στην χέρση του κόλπου έφτασε μέχρι και σε ύψος περίπου 525 μέτρων, κάτι που το κατατάσσει στα μεγαλύτερα μετρούμενα runup στην ιστορία. Τέτοιου είδους και μεγέθους κατολίσθηση δεν μπορεί να συμβεί στην περιοχή των νοτίων Κυκλάδων, και λόγω κλίματος φυσικά καθώς δεν έχουμε παγετώνες αλλά και λόγω μορφολογίας θάλασσας και ξηράς (δεν υφίσταται τέτοιος όγκος βουνού καθώς το μέγιστο υψόμετρο είναι τα 823 μέτρα).

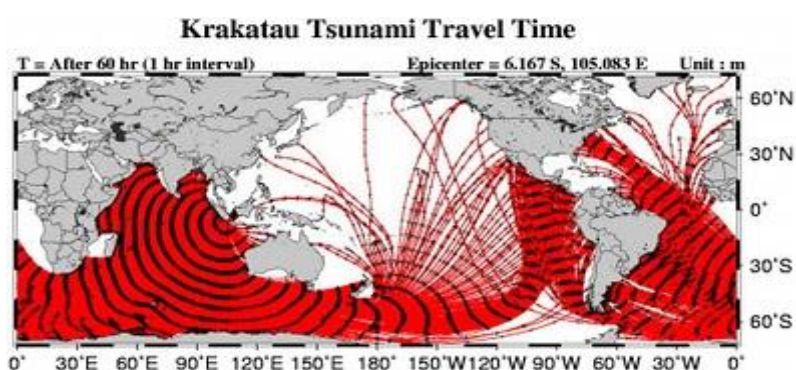
3.2.1.3 Ιαπωνία 2011, Ινδονησία 2004, Χαβάη 1946, Αλάσκα 1964 και Χιλή 2015

Οι περιπτώσεις των νεότερων παρατηρούμενων τσουνάμι, αυτών της Ιαπωνίας το 2011 και της Ινδονησίας το 2004 αλλά και αυτών της Hawaii το 1946 και της Αλάσκας το 1964 έδωσαν μέγιστα runup από 42 έως 67 μέτρα. Εξάιρεση αυτό της Χιλης το 2015 όπου αν και η σεισμική δόνηση που το δημιούργησε ήταν από της μεγαλύτερες των τελευταίων ετών μεγέθους 8.3 της κλίμακας Richter, το runup που καταγράφηκε από το τσουνάμι ήταν μόλις 4.75 μέτρα. Είχαν κοινά χαρακτηριστικά ότι δημιουργήθηκαν μετά από ισχυρή σεισμική δόνηση από μετατόπιση του ωκεάνιου φλοιού, το επίκεντρο τους ήταν σε σημεία σε ανοιχτές θάλασσες,

ωκεανούς, δίνοντας την δυνατότητα να εξελιχθούν τα κύματα σε μεγάλα μεγέθη σε όλη την έκταση του ωκεανού, εισχωρώντας το κύμα σε μεγάλη απόσταση στην στεριά και προκαλώντας τελικός τεράστιες καταστροφές και θύματα. Ο γεωμορφολογικός χώρος του Αιγαίου πελάγους, το οποίο θεωρείται «κλειστή» θάλασσα, δεν δίνει την δυνατότητα να δημιουργηθεί και να εξελιχθεί τέτοιο μέγεθος τσουνάμι από την απότομη μετατόπιση του ωκεάνιου φλοιού.

3.2.1.4. Krakatau, 1883

Η περίπτωση της δημιουργία τσουνάμι από το ηφαιστείο Krakatau στις 27 Αυγούστου το 1883, παρουσιάζει αρκετά κοινά με αυτή της Σαντορίνης. Κάθε μια από τις τέσσερις μεγάλες εκρήξεις που πραγματοποιήθηκαν, συνοδεύτηκαν από μαζικές πυροκλαστικές ροές οι οποίες ταυτόχρονα συνοδεύτηκαν και από κατάρρευση του 70% του νησιωτικού όγκου (CharlesW. et al., 1994). Πολύ αργότερα έγινε γνωστό ότι με την έκρηξη του ηφαιστείου αποφορτίστηκαν 9κυβικά χι μαγματικού υλικού, από τα οποία το 72 % (6.5 km^3) έπεσαν στον ωκεανό και εναποτέθηκαν σε ακτίνα 15 χιλιομέτρων γύρω από τα νησιά Krakatau με μέγιστο πάχος 80 μέτρα, δυτικά του Sertung Island. Το τσουνάμι που δημιουργήθηκε, έπληξε τις ακτές πολλών περιοχών φτάνοντας σε σημεία μέχρι και τα 42 μέτρα ύψος (CharlesW. et al., 1994)



Εικόνα 9. Ο χρόνος που χρειάστηκε για να ταξιδέψει το τσουνάμι, μετά την έκρηξη του ηφαιστείου Krakatau, σε όλες σχεδόν τις θάλασσες του Νοτίου Ημισφαιρίου.

3.2.1.5 Ritter Island, 1888

Ακόμα ένα γεγονός κατάρρευσης νησιωτικού ηφαιστείου είναι στο Ritter Island, 5 χρόνια μετά το περιστατικό του Krakatau, το 1888. Αυτή τη φορά, σημειώθηκε

πλευρική κατάρρευση του νησιωτικού ηφαιστείου, χωρίς να έχει προηγηθεί κάποια έκρηξη. Η κατάρρευση ήταν τόσο μεγάλη που από τα 780 μέτρα ύψος και 1.5 χιλιόμετρο πλάτος ηφαιστειακού νησιού, παρέμεινε μόνο ένα λεπτό σχήμα ημισελήνου (Ward & Day, 2003). Από την δυτική πλευρά της κατολίσθησης ξεκίνησε ένα καταστροφικό τσουνάμι το οποίο έπληξε αρχικά γειτονικές ακτές και στην συνέχεια νησιά μέχρι και εκατοντάδες χιλιόμετρα μακριά. Από μελέτες που έχουν γίνει μέχρι σήμερα σημειώνεται ότι το τσουνάμι που προκλήθηκε έδωσε μέγιστο run up 15 μέτρα. Η περίπτωση μια παρόμοιας κατάρρευσης νησιωτικού ηφαιστείου στις Νότιες Κυκλάδες δεν είναι απίθανη, αλλά όπως έχει προαναφερθεί, κάτι τέτοιο συμβαίνει σε χρονικό διάστημα κάθε 20.000 χρόνια.

3.2.1.6. Παπούα, Νέα Γουϊνέα, 1998

Στις 17 Ιουλίου, το 1998, μετά από σεισμική δόνηση μεγέθους 7, προκλήθηκε υποθαλάσσια κατολίσθηση η οποία δημιούργησε τσουνάμι. Το τσουνάμι έπληξε τις βόρειες ακτές της Νέας Γουινέας σκοτώνοντας τουλάχιστον 2.183 άτομα (Tarrin, Watts, & Grilli, 2008). Η κατολίσθηση προκλήθηκε λίγο πιο έξω από τα όρια της υφαλοκρηπίδας της περιοχής, κάτι που υποδηλώνει πόσο κοντά στην ακτή δημιουργήθηκε το κύμα, σε απότομη κλίση του πυθμένα και σε βάθος <1000 μέτρων. Το τσουνάμι που προκλήθηκε είχε ως επακόλουθο run up 15 μέτρα στην περιοχή Αγορ, η οποία βρίσκεται μόλις λίγο χιλιόμετρα από το σημείο εκκίνησης του τσουνάμι. Η τόσο κοντινή απόσταση, συνεπάγει και τον σχεδόν μηδενικό χρόνο αντίδρασης των κατοίκων στο κίνδυνο του τσουνάμι.

Παρόμοιο περιβάλλον με απότομες κλίσεις του πυθμένα κοντά στην υφαλοκρηπίδα, συναντάται και στην περιοχή των νοτίων Κυκλάδων, ιδιαίτερα ανοιχτά νοτίου της Αμοργού. Σε συνδυασμό με την έντονη σεισμικότητα της περιοχής, είναι πολύ πιθανό να προκύψει παρόμοιο γεγονός.

3.2.1.7. Τουρκία, Izmit, 1999

Στην γειτονική Τουρκία, στην περιοχή του Izmit, το 1999, προκλήθηκε τσουνάμι, μετά από υποθαλάσσια κατολίσθηση η οποία ενεργοποιήθηκε από σεισμική δόνηση 7.6 της κλίμακας Richter, με επίκεντρο το ανατολικό τμήμα της θάλασσας του Μαρμαρά (Yalciner et al., 2001). Παράλληλα με την κύλιση των θαλάσσιων

ιζημάτων παρουσιάστηκε και καθίζηση των παράκτιων περιοχών, με συνέπεια το μέγιστο ύψος να φτάσει τα 2.5 μέτρα, γεγονός που ήταν αρκετό για να καταστρέψει αρκετές παράκτιες περιοχές της θάλασσας του Μαρμαρά σε εξαιρετικά σύντομο χρονικό διάστημα μικρότερο του ενός λεπτού (Pararas-Carayannis, Theilen-Willige, & Wenzel, 2011). Ο τρόπος γέννησης και τα χαρακτηριστικά αυτού του περιστατικού θα μπορούσαν να συμβούν και στις Νότιες Κυκλάδες, καθώς τα μεγέθη σεισμού είναι πιθανά όπως και οι υποθαλάσσιες κατολισθήσεις.

3.2.1.8. Αμοργός, 1956

Το τελευταίο γεγονός που αναφέρεται στον πίνακα και έμεινε να σχολιαστεί, είναι γεγονός που συνέβη σχετικά πρόσφατα και αφορά την ίδια την περιοχή μελέτης. Το 1956 προκλήθηκε τσουνάμι στις νότιες Κυκλάδες ως αποτέλεσμα υποθαλάσσιας κατολίσθησης στο σημείο βορειοδυτικά της Σαντορίνης, όπου ήταν και το επίκεντρο σεισμικής δόνησης 7.6 της κλίμακας Richter. Το τσουνάμι έπληξε όχι μόνο τα νησιά των Κυκλάδων αλλά έφτασε ως την Κρήτη.

Σε παρακάτω κεφάλαιο θα γίνει εκτενή αναφορά, στο τσουνάμι της Αμοργού.

3.3 Οριοθέτηση παράκτιας ζώνης και ζωνοποίηση κινδύνου τσουνάμι στην περιοχή μελέτης.

Η παράκτια ζώνη, εξ ορισμού της, δεν έχει συγκεκριμένα χιλιομετρικά όρια. Αντιθέτως όπως έχει αναφερθεί και παραπάνω στο κεφάλαιο 2 παράγραφος 2.1, οριοθετείται κάθε φορά βάση του μελετώμενου παράγοντα ο οποίος τείνει άμεσα ή έμμεσα να την επηρεάσει. Σύμφωνα με τον ορισμό αυτό, για να μπορέσουμε να οριοθετήσουμε την παράκτια ζώνη στα νησιά των νοτίων Κυκλάδων στην παρούσα μελέτη, θα πρέπει να υπολογίσουμε τις πιθανές εισχωρήσεις ενός επερχόμενου τσουνάμι στις ακτές, λαμβάνοντας φυσικά υπόψη και την βαθυμετρία της

τοποθεσίας, ιδιαίτερα πλησίον των ακτών καθώς αυτή επηρεάζει κατά πολύ το τελικό ύψος των κυμάτων.

Το ύψος των κυμάτων που θα φτάσουν στην ακτογραμμή, παίζει μεγάλο ρόλο καθώς αυτό κυρίως μαζί με την μορφολογία της χέρσης κοντά στην ακτογραμμή, θα επηρεάσει την απόσταση από την θάλασσα στην οποία θα εισχωρήσει το κύμα στη χέρση (inundation), όπως επίσης θα ορίσει μέχρι ποιο ύψος στην χέρση θα μπορέσει να αναρριχηθεί το κύμα (runup).

Ο υπολογισμός του μεγέθους ενός τσουνάμι σε μια περιοχή, δεν είναι ποτέ εύκολος. Ακόμα και 10 περιστατικά να συμβούν στον ίδιο γεωγραφικό χώρο, πάντα υπάρχει η πιθανότητα για ένα μεγαλύτερο μέγεθος. Ιδιαίτερα όταν αυτός ο χώρος μπορεί να πληγεί με τσουνάμι προερχόμενο και από τις τρεις βασικές κατηγορίες γενεσιουργίας ενός τσουνάμι, σεισμός, ηφαίστειο και υποθαλάσσια κατολίσθηση, ή και συνδυασμό αυτών, όπως είναι η περιοχή μελέτης. Λαμβάνοντας υπόψη τα ιστορικά στοιχεία από τα γεγονότα που έχουν ήδη συμβεί σε παγκόσμια κλίμακα και παρουσιάστηκαν παραπάνω και έχοντας παράλληλα υπόψη την πολύ συγκεκριμένη μορφολογία των νοτίων Κυκλάδων θα γίνει προσπάθεια οριοθέτησης της παράκτιας περιοχής που μπορεί να επηρεαστεί από ένα μελλοντικό φαινόμενο.

Για τον υπολογισμό λοιπόν μιας τιμής αναρρίχησης του κύματος, η οποία θα αντιπροσωπεύει πιθανά σενάρια δημιουργίας τσουνάμι στις νότιες Κυκλάδες, θα γίνει ένας συνδυασμός πληροφοριών από παλαιότερα γεγονότα που έχουν συμβεί τόσο στην περιοχή μελέτης, αλλά και σε παγκόσμια γεγονότα.

Συνοψίζοντας όλα τα αναφερόμενα περιστατικά του πίνακα 1, τα οποία πιστεύεται ότι δίνουν μια αντιπροσωπευτική εικόνα της περιοχής αλλά και της παγκόσμιας κατάστασης, όσων αφορά την γέννηση και συμπεριφορά των τσουνάμι, γίνεται κατανοητό ότι οι τάξεις μεγεθών έντασης σε ανοιχτές θάλασσες, ωκεανούς, είναι πολύ μεγαλύτερες από τι σε κλειστές θάλασσες όπως είναι το Αιγαίο πέλαγος. Σαφώς ο όγκος νερού από μετατόπιση ωκεάνιου φλοιού στον ωκεανό και ο χρόνος που θέλει να εξελιχθεί το αντίστοιχο κύμα έχει καταστροφικότερες συνέπειες (μεγάλα runup) από τι μία περίπτωση υποθαλάσσιας κατολίσθησης στο Αιγαίο.

Βάση αυτών των κριτηρίων μπορούμε να διαχωρίσουμε και να επιλέξουμε πια από αυτά τα γεγονότα θα μπορούσε να είναι πιθανά στην περιοχή που η παρούσα

εργασία μελετά. Λόγω του ότι σκοπός της εργασίας είναι όχι ο ακριβής υπολογισμός των μεγεθών που θα μπορούσαν να προκληθούν στις Νότιες Κυκλάδες αλλά οι παράκτιες περιοχές που θα μπορούσαν να επηρεαστούν από ένα τέτοιο φαινόμενο, προτείνεται ζωνοποίηση των παράκτιων περιοχών βάση πιθανών τιμών runup.

Το βασικότερο ίσως χαρακτηριστικό για το μέγεθος ενός τσουνάμι είναι το ύψος στο οποίο τελικώς το νερό κατάφερε να αναρριχηθεί, εισερχόμενο στην χέρσο. Δηλαδή οι μετρούμενες τιμές runup.

Το μικρότερο εύρος τιμών που θα μπορούσε να παρατηρηθεί κατά την εξέλιξη του φαινομένου στην περιοχή των νοτίων Κυκλάδων, βάση των όσων αναλύθηκαν είναι η ζώνη των 0 έως 2 μέτρων. Είναι η πιο ευάλωτη θέση καθώς εφάπτεται άμεσα με την ακτογραμμή και για αυτό το λόγο θα θεωρηθεί η ζώνη υψηλού κινδύνου.

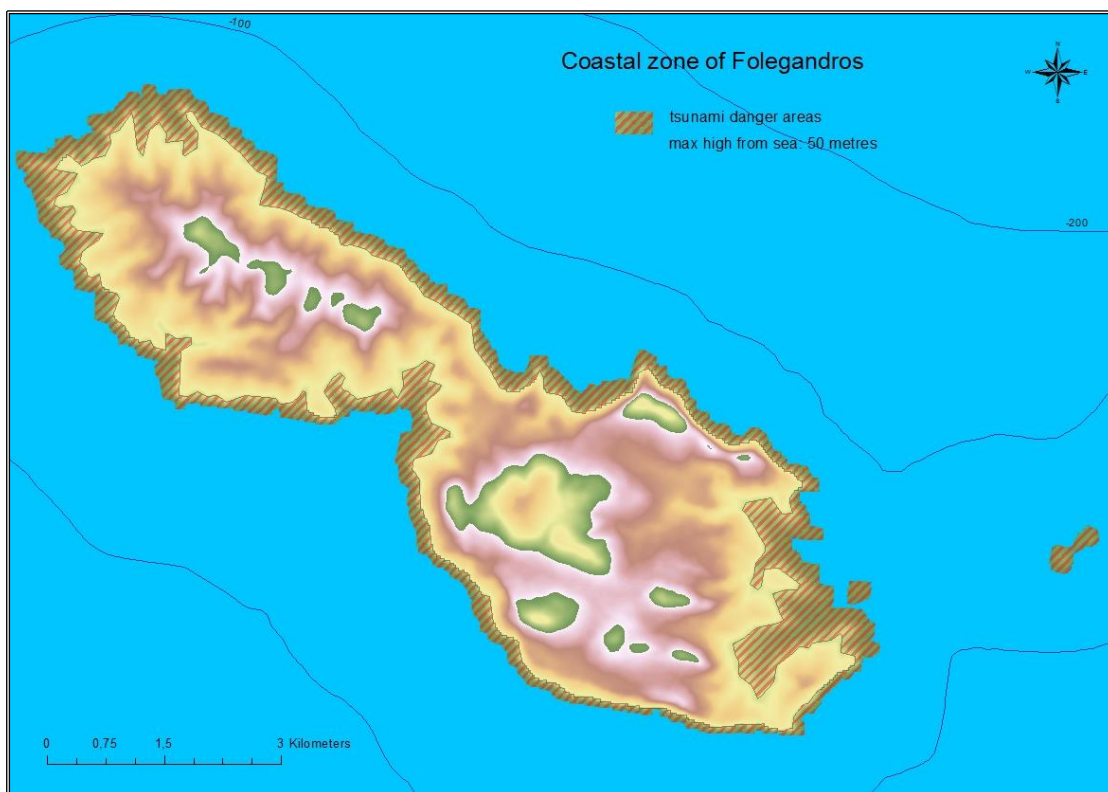
Στις μέχρι τώρα καταγεγραμμένες μαρτυρίες, από το πρόσφατο τσουνάμι που εκδηλώθηκε στην περιοχή, η μέγιστη τιμή runup ήταν αυτή των 20 μέτρων στο νησί της Αμοργού. Φυσικά οι μαρτυρίες δεν μπορούσαν να καλύψουν όλα τα σημεία της παράκτιας ζώνης που δέχθηκε το τσουνάμι, άρα ίσως η τιμή του μέγιστου runup να ήταν υψηλότερη. Επίσης στην περίπτωση κατολίσθησης μεγαλύτερου όγκου ιζήματος ή με μεγαλύτερη κλίση άρα και μεγαλύτερη ταχύτητα ή δημιουργούμενου τσουνάμι με διαφορετική φορά και διεύθυνση προς πιο ευάλωτες περιοχές με μικρές κλίσεις ακτής, πιθανότατα θα έδιναν μεγαλύτερες τιμές αναρρίχησης από τα 20 μέτρα. Επιπλέον η παρουσία ηφαιστειών στην περιοχή, δεν μπορεί να παραβλέψει το γεγονός ότι μπορεί να προκληθεί τσουνάμι λόγω ηφαιστειακής έκρηξης, βλέπε ότι παρόμοια γεγονότα πρόκλησης τσουνάμι από ηφαίστεια (π.χ. Krakatau) έδωσαν runup έως 42 μέτρα. Έχοντας υπόψη όλα τα παραπάνω στοιχεία, προτείνεται η εξής ζωνοποίηση κινδύνου για την παράκτια περιοχή των νοτίων Κυκλάδων:

ΖΩΝΗ	max run up (m)	Βασικά στοιχεία ζωνοποίησης
1	0-2	→ min επίδραση
2	2-5	→ενδιάμεση ζωνοποίηση, τιμές του 1956
3	5-10	→ενδιάμεση ζωνοποίηση, τιμές του 1956
4	10-20	→ max run up 1956
5	20-30	→μεγαλύτερη κατολίσθηση
6	30-50	→έκρηξη ηφαιστείου
7	50-<800	→σπάνια περίπτωση, όχι απίθανη

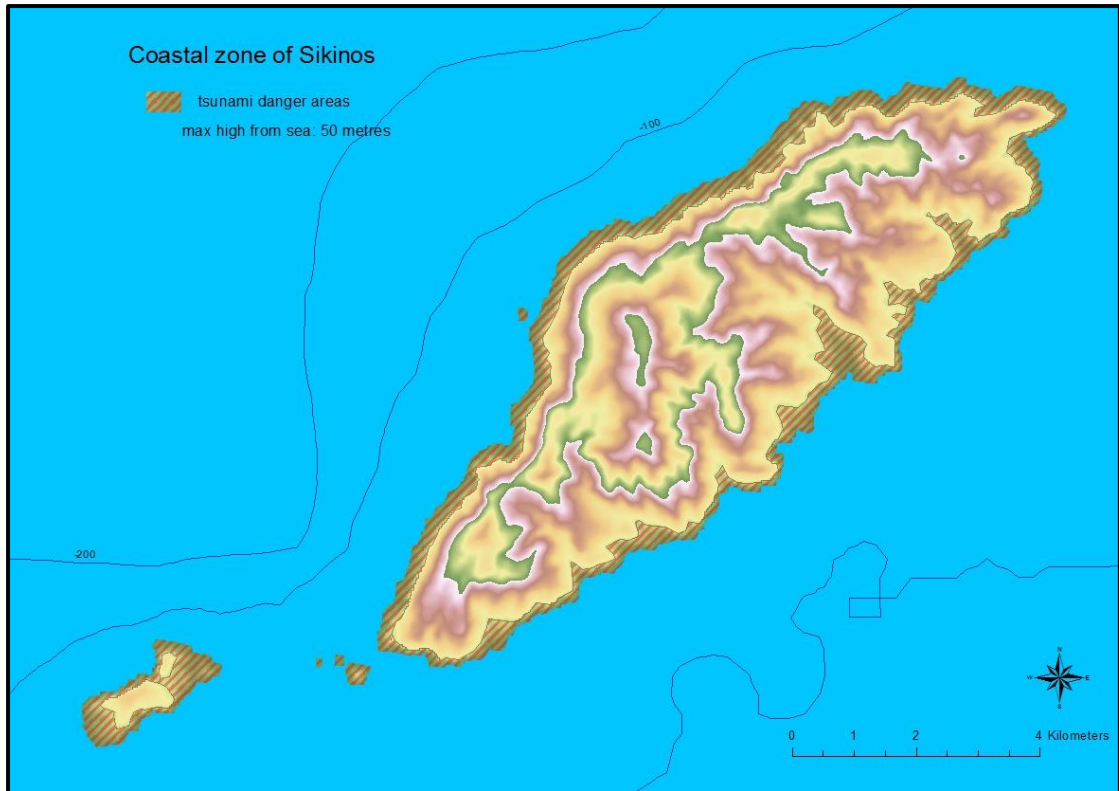
Πίνακας 5. Ζωνοποίηση κινδύνου τσουνάμι για την παράκτια περιοχή των νοτίων Κυκλάδων. Στην 3η στήλη αναφέρονται οι λόγοι επιλογής των τιμών για την κάθε ζώνη.

3.3.1 Οριοθέτηση παράκτιας ζώνης

Εάν υποθέσουμε ότι ο κίνδυνος από την εκδήλωση ενός πιθανού φαινομένου στην περιοχή στο επόμενο χρονικό διάστημα των 10.000 χρόνων είναι τα 50 μέτρα σύμφωνα με το παραπάνω πίνακα (πίνακα 2), τότε η παράκτια ζώνη, σε ακραίας έντασης φαινόμενο, οριοθετείται έως την ισοϋψή των 50 μέτρων και χαράζεται ως εξής σε κάθε ένα από τα νησιά που αποτελούν την περιοχή μελέτης στην παρούσα εργασία:



Χάρτης 8. Περιοχή πλημμύρας μετά από τσουνάμι με runup 50 μέτρα, στο νησί της Φολέγανδρου



Χάρτης 9. Περιοχή πλημμύρας μετά από τσουνάμι με runup 50 μέτρα, στο νησί της Σίκινου



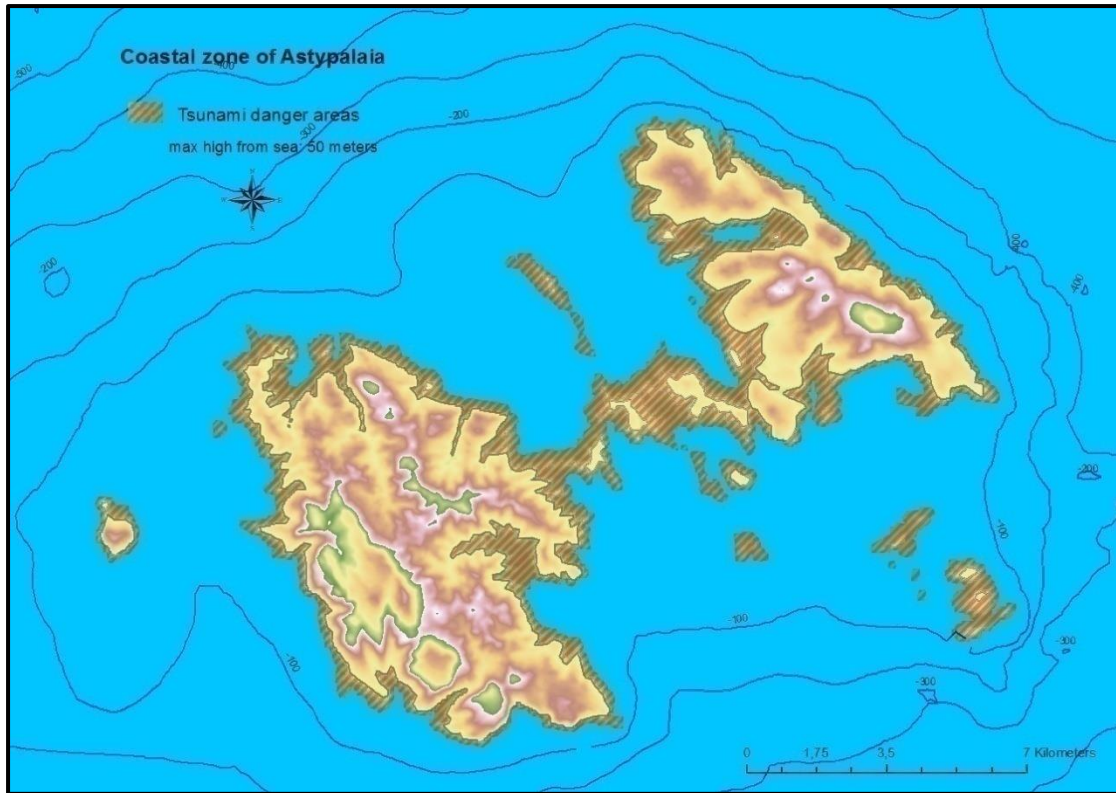
Χάρτης 8. Περιοχή πλημμύρας μετά από τσουνάμι με runup 50 μέτρα, στο νησί της Ίου



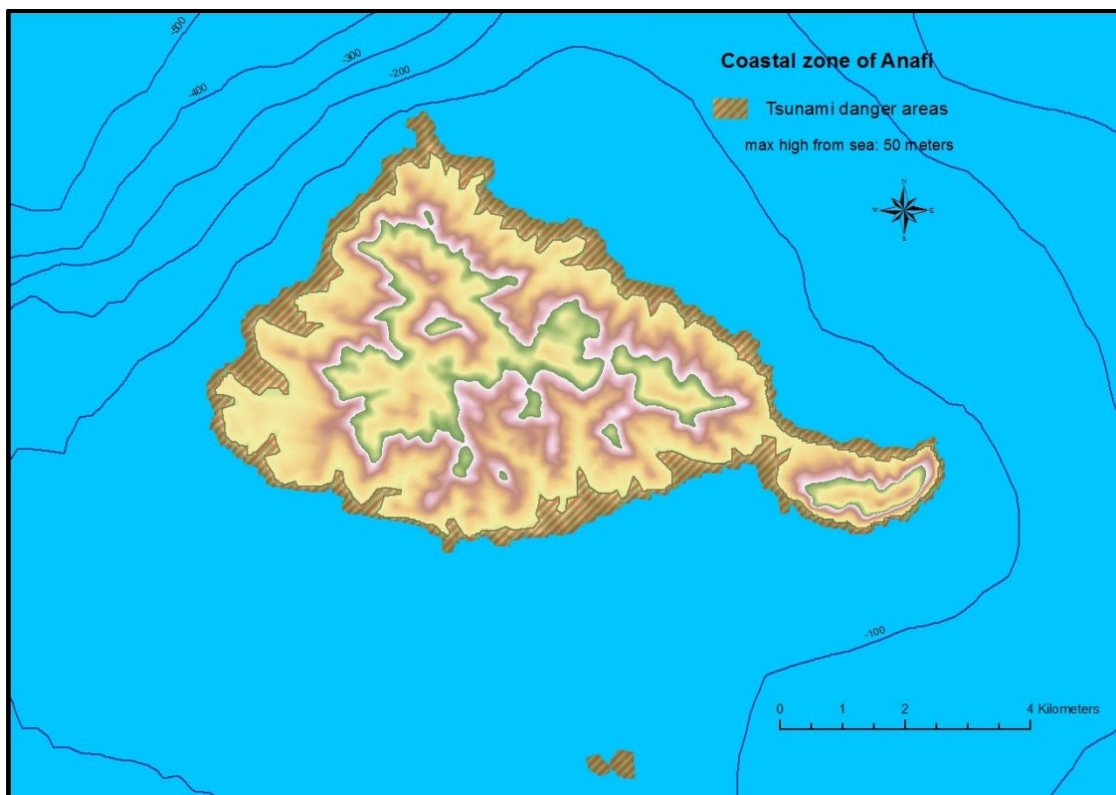
Χάρτης 10. Περιοχή πλημμύρας μετά από τσουνάμι με runup 50 μέτρα, στα νησιά Ηρακλειά, Σχοινούσα, Κάτω Κουφονήσι, Άνω Κουφονήσι και Κέρος



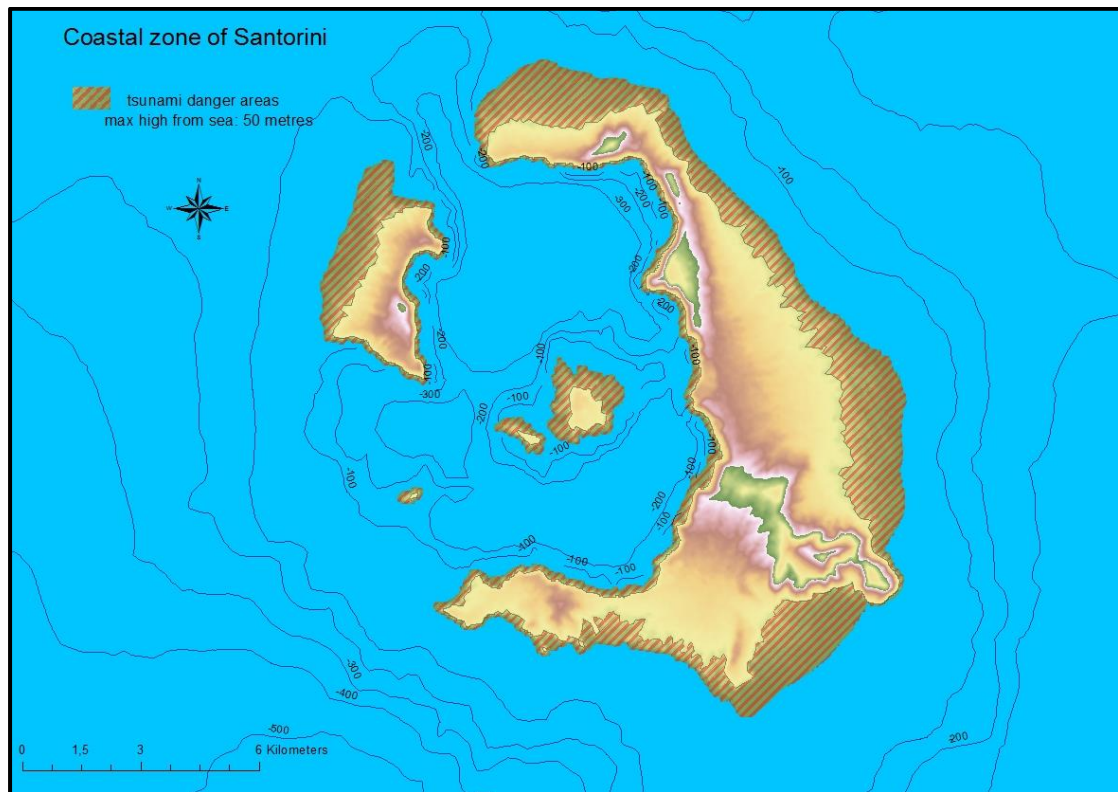
Χάρτης 11. Περιοχή πλημμύρας μετά από τσουνάμι με runup 50 μέτρα, στο νησί της Αμοργού



Χάρτης 12. Περιοχή πλημμύρας μετά από τσουνάμι με ύψος 50 μέτρα, στο νησί της Αστυπάλαιας



Χάρτης 13. Περιοχή πλημμύρας μετά από τσουνάμι με ύψος 50 μέτρα, στο νησί της Ανάφης



Χάρτης 14. Περιοχή πλημμύρας μετά από τσουνάμι με runup 50 μέτρα, στο νησί της Σαντορίνης

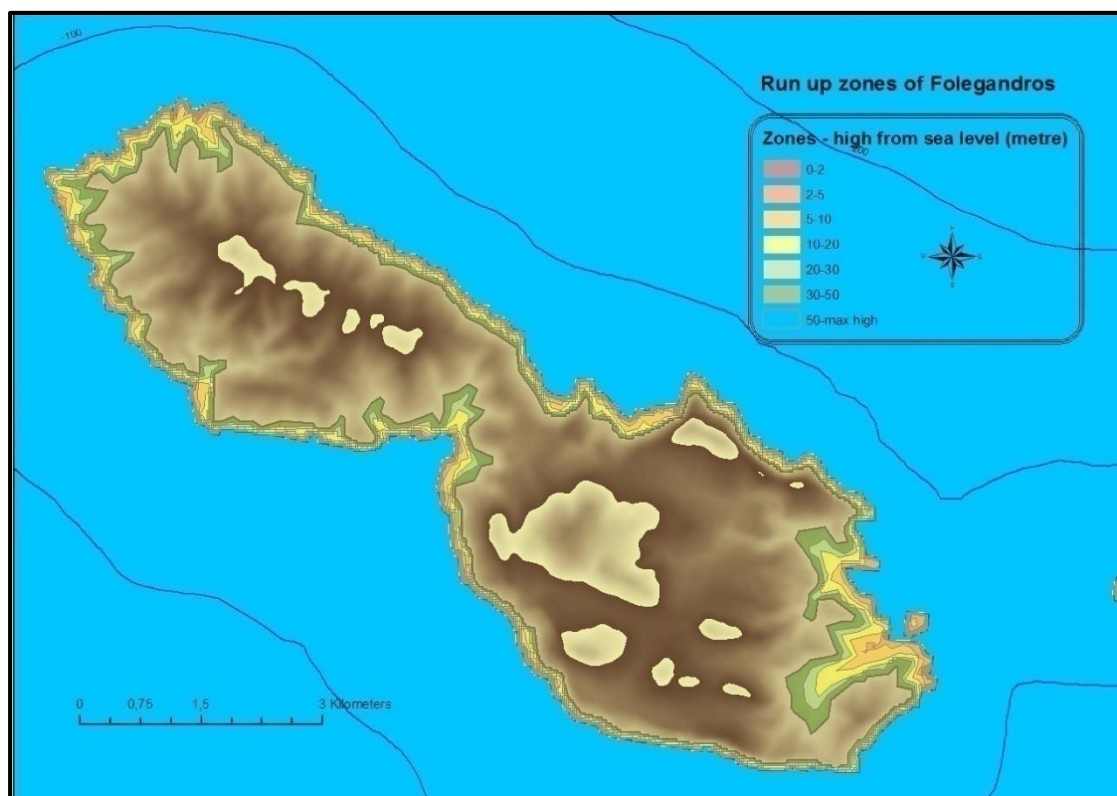
Η εικόνα των νησιών με πλημμύρα που αντιστοιχεί σε runup 50 μέτρα είναι α μη τι άλλο καταστροφική. Σε πολλά νησιά όπως για παράδειγμα στην Αστυπάλαια, στη Σχοινούσα και στα Κουφονήσια το κύμα καταφέρνει να διαπεράσει όλο το νησί. Όλες οι παραλιακές πόλεις και χωριά των νοτίων Κυκλάδων πλημμυρίζουν και οι παράκτιες τουριστικές ζώνες πλήττονται σχεδόν στο 100%. Η εικόνα αυτή όμως δίνεται με το πιο «ακραίο» σενάριο σύμφωνα με τους υπολογισμούς οι οποίοι και προέρχονται από την σύνθεση των δεδομένων παλαιότερων τσουνάμι στην περιοχή και παρόμοιων περιπτώσεων ανά τον κόσμο.

Σε αυτό το σημείο η χάραξη της ισοΐψους των 50 μέτρων, αντιπροσωπεύει την περιοχή της παράκτιας ζώνης, η οποία είναι αυτή που θα επηρεαστεί άμεσα ή έμμεσα από ένα τέτοιο φαινόμενο ασχέτως των ενδιάμεσων μεγεθών runup που προσδιορίστηκαν παραπάνω στο πίνακα 4.

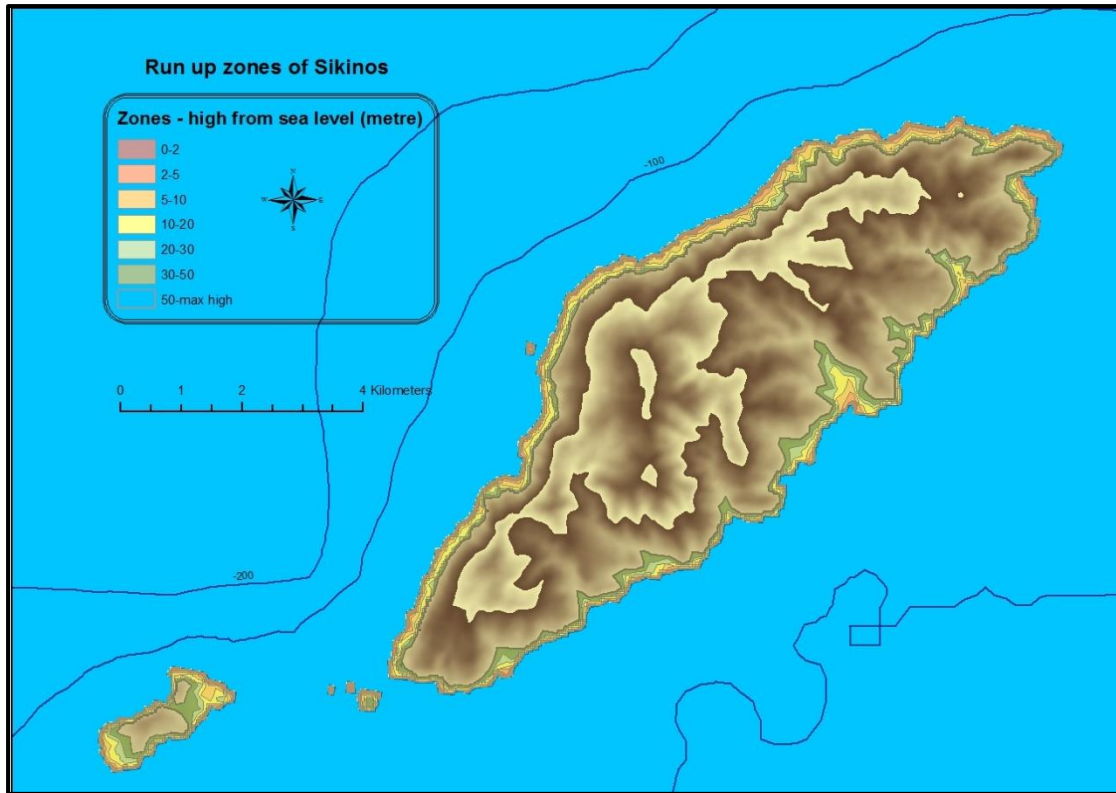
3.3.2. Ζωνοποίηση κινδύνου

Για να μπορέσουμε να ζωνοποιήσουμε τον κίνδυνο στην περιοχή μελέτης, δηλαδή να δημιουργήσουμε ζώνες κινδύνου με κυμαινόμενη κλίμακα από την πιο επικίνδυνη ή και την πιο πιθανή, σε αυτή που είναι πιο ασφαλή ή με λιγότερες πιθανότητες να συμβεί, θα οριστούν ισοϋψείς βασιζόμενες στις τιμές runup που δίνονται στο πίνακα 2.

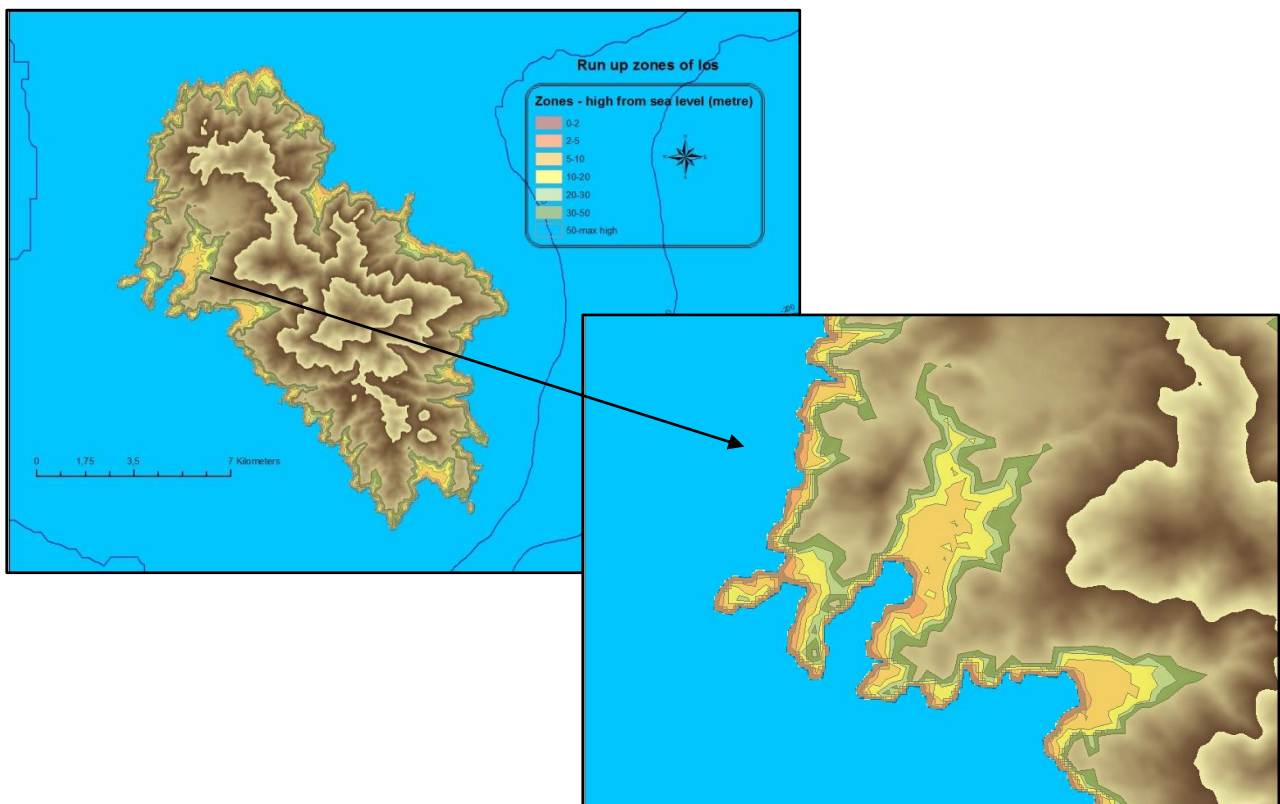
Συνεπώς παρακάτω παρουσιάζεται η παράκτια ζώνη των νησιών ζωνοποιημένη σε 7 επίπεδα, σε ύψη από την θάλασσα 0 έως 2 μέτρα, 2 έως 5 μέτρα, 5 έως 10, 10 έως 20, 20 έως 30, 30 έως 50 και 50 έως το max ύψος του κάθε νησιού αντίστοιχα.



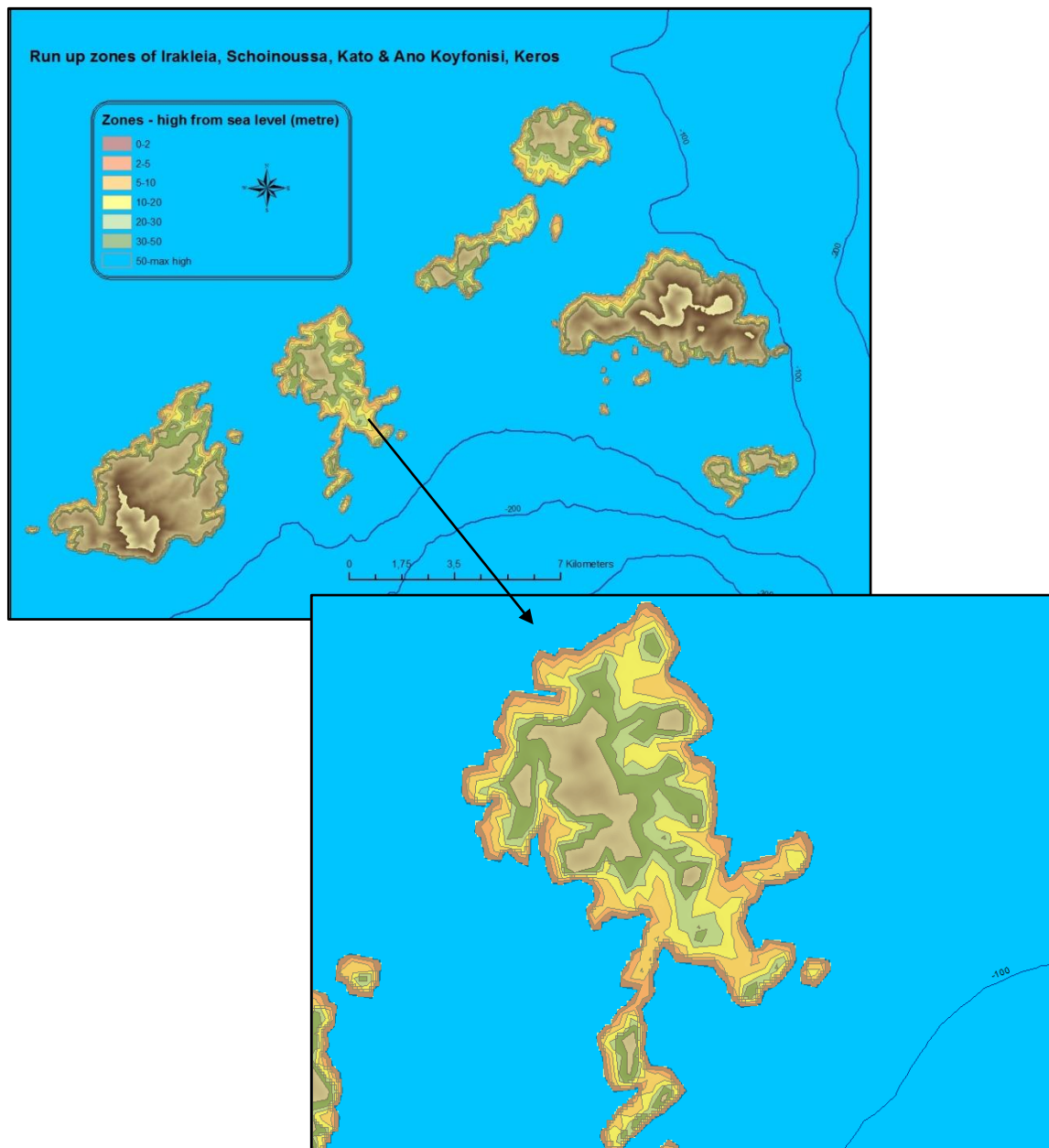
Χάρτης 15. Ζωνοποίηση της Φολέγανδρου σύμφωνα με πιθανές τιμές runup



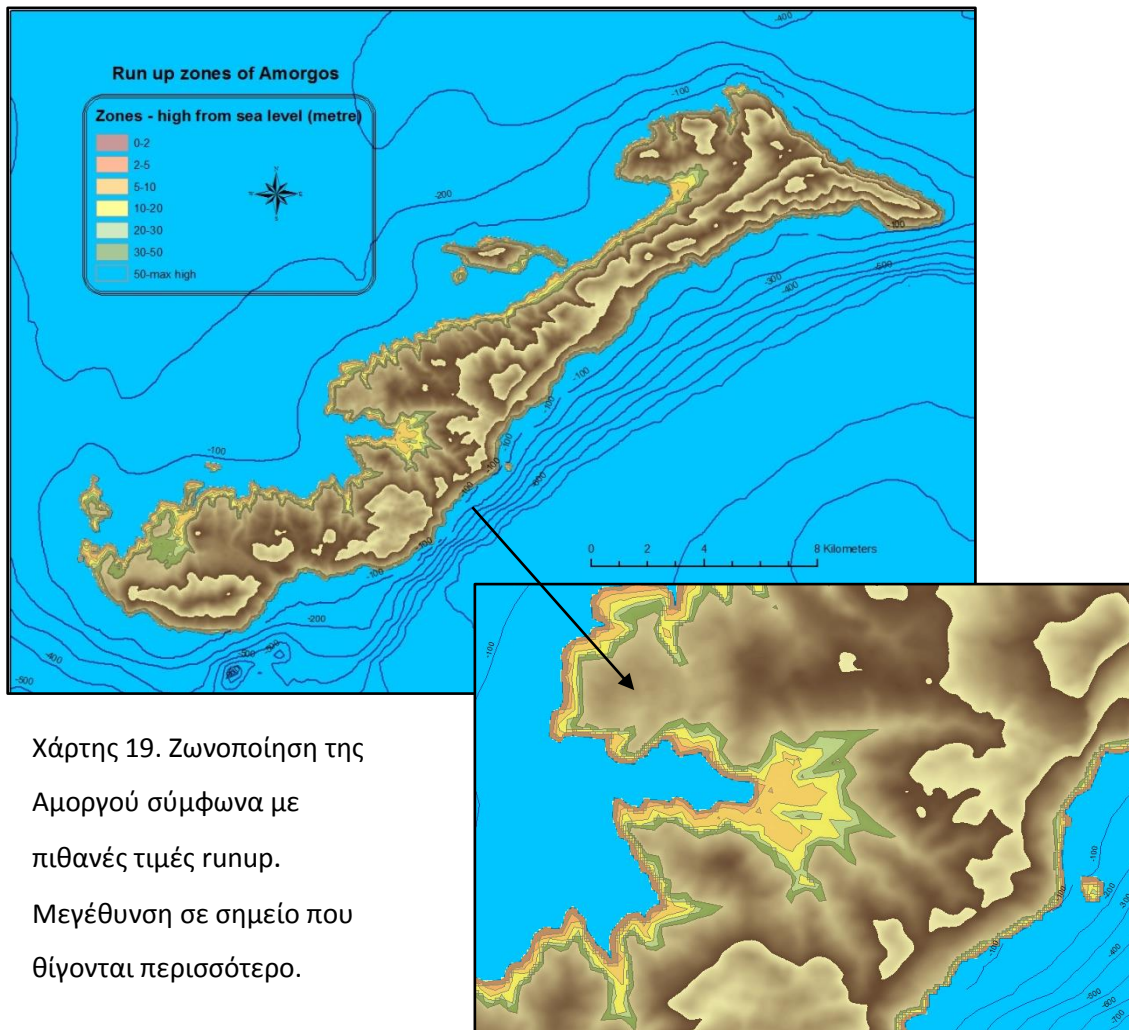
Χάρτης 16. Ζωνοποίηση της Σίκινου σύμφωνα με πιθανές τιμές runup



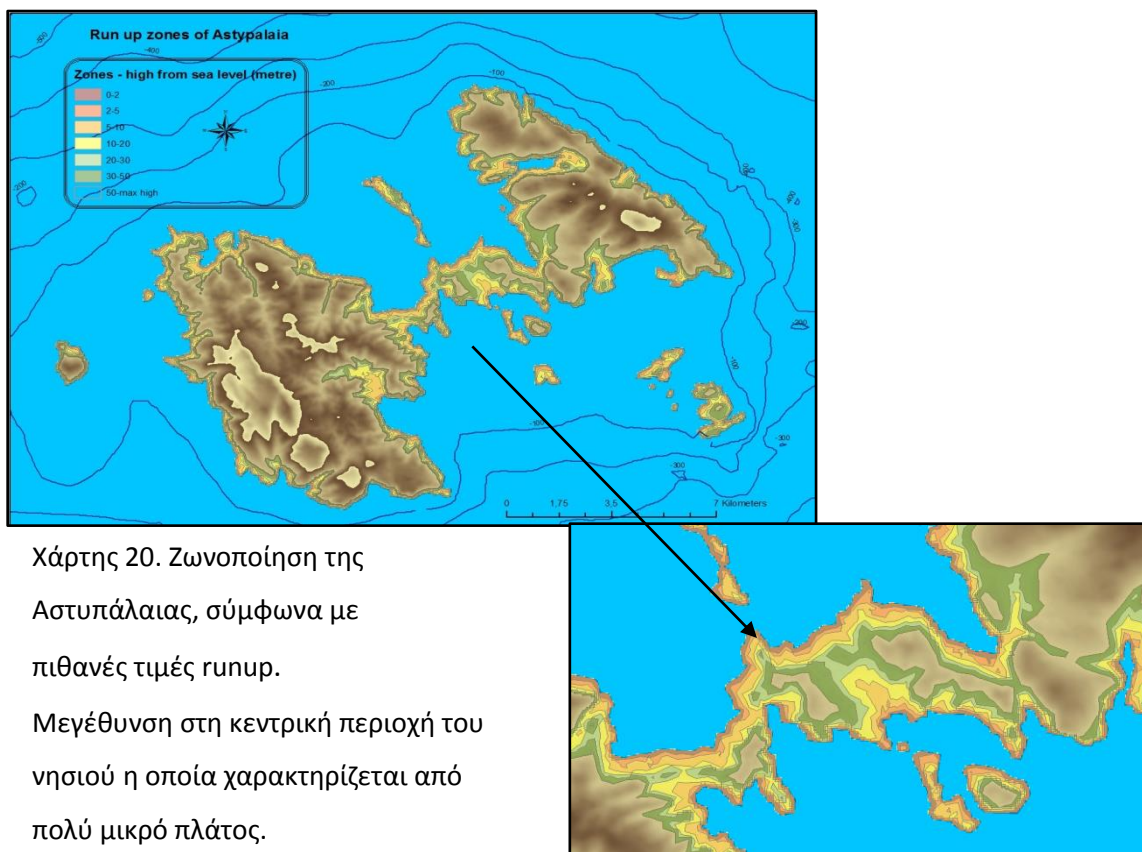
Χάρτης 17. Ζωνοποίηση της νήσου Ίου σύμφωνα με πιθανές τιμές runup. Μεγέθυνση στα σημεία που θίγονται περισσότερο.



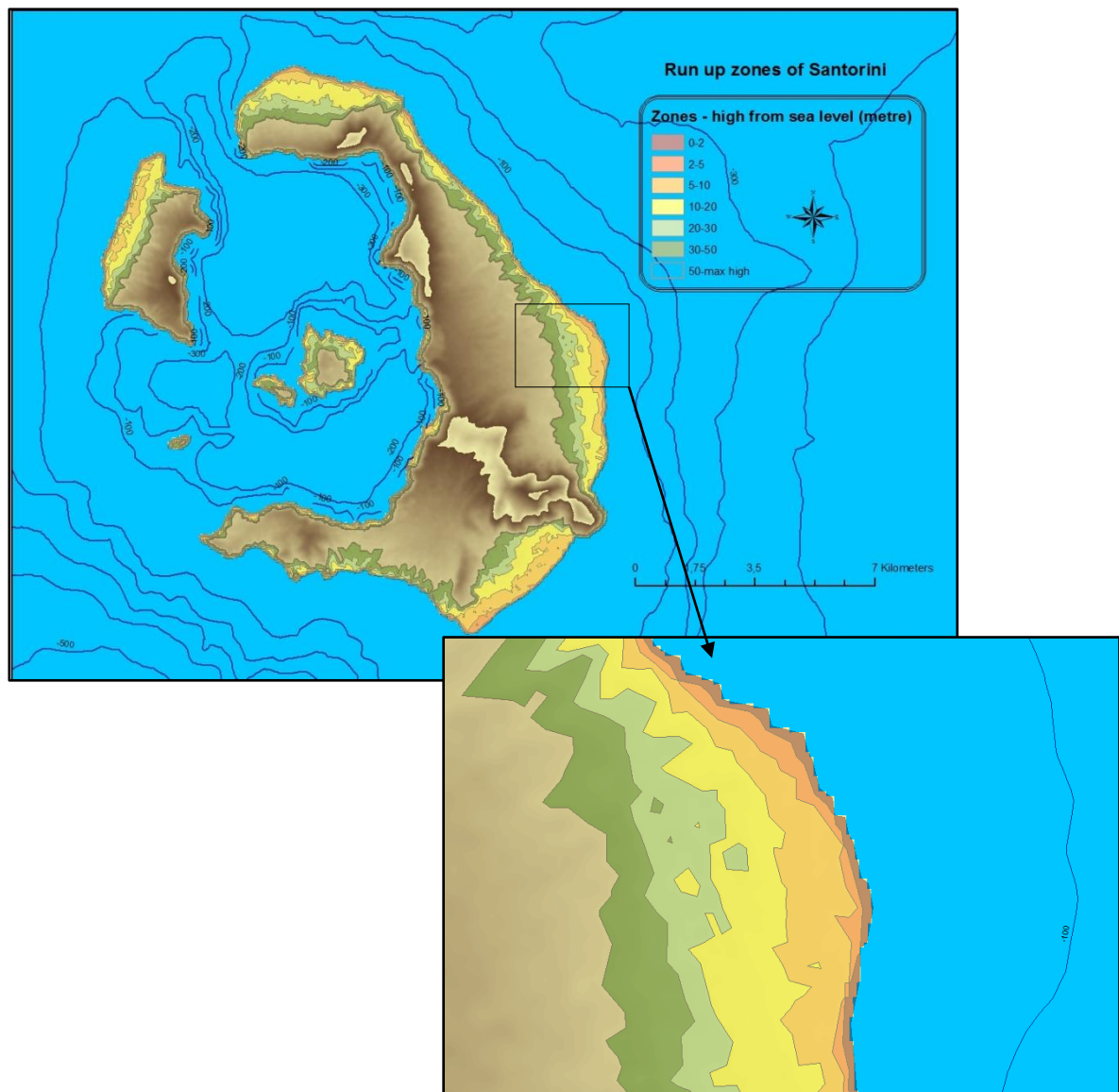
Χάρτης 18. Ζωνοποίηση των νήσων (ξεκινώντας από αριστερά) Ηρακλειά, Σχοινούσα, Κάτω Κουφονήσι, Άνω Κουφονήσι και Κέρος, σύμφωνα με πιθανές τιμές runup. Μεγέθυνση στο νησί της Σχοινούσας όπου μαζί με τα Κουφονήσια φαίνονται να θίγονται περισσότερο λόγω του χαμηλού υψόμετρου και των ήπιων κλίσεων που παρουσιάζουν με αποτέλεσμα το κύμα να εισχωρεί στην χέρση σε μεγάλη απόσταση από την ακτογραμμή.



Χάρτης 19. Ζωνοποίηση της Αμοργού σύμφωνα με πιθανές τιμές runup. Μεγέθυνση σε σημείο που θίγονται περισσότερο.



Χάρτης 20. Ζωνοποίηση της Αστυπάλαιας, σύμφωνα με πιθανές τιμές runup. Μεγέθυνση στη κεντρική περιοχή του νησιού η οποία χαρακτηρίζεται από πολύ μικρό πλάτος.



Χάρτης 21. Ζωνοποίηση της Σαντορίνης σύμφωνα με πιθανές τιμές runup. Στην περίπτωση του νησιού της Σαντορίνης η ζωνοποίηση είναι πολύ ευδιάκριτη στην ανατολική πλευρά του νησιού, κάτι που υποδηλώνει τις μικρές κλήσεις που έχει η παράκτια ζώνη στη περιοχή αυτή.

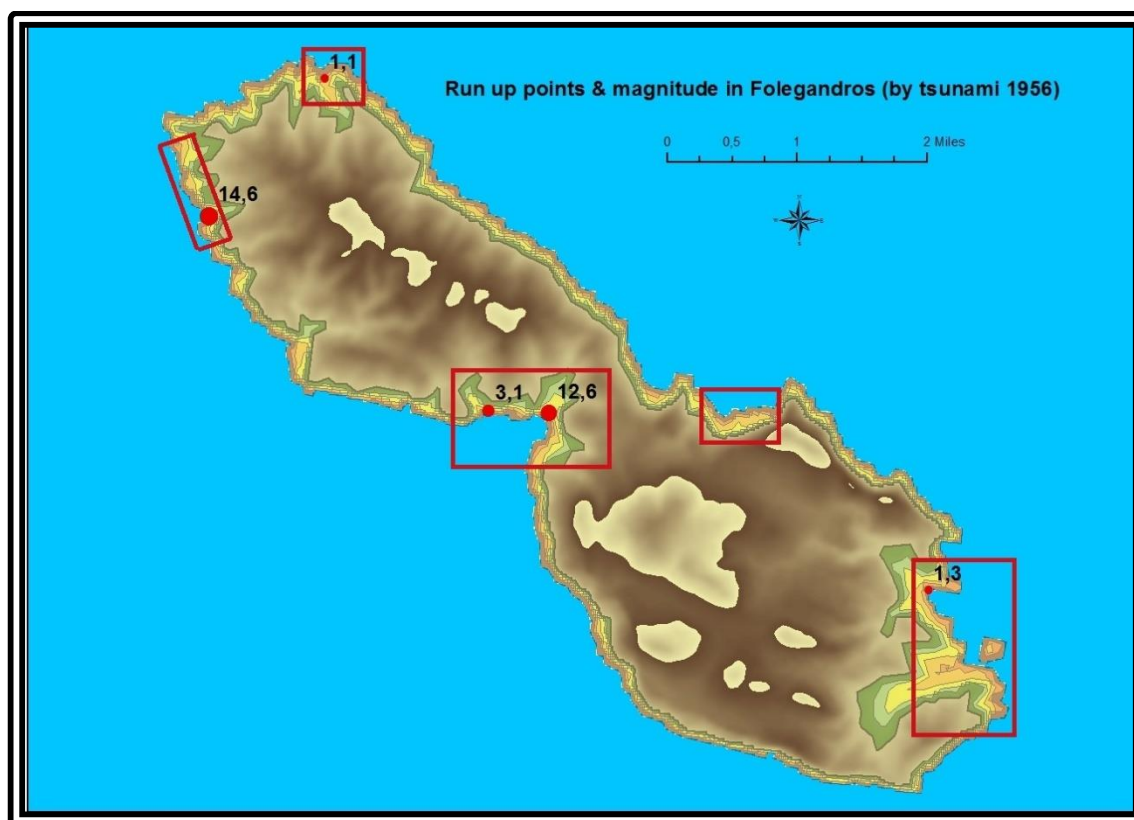
3.4 Εξαιρούμενες περιοχές και περιοχές με μεγάλη επικινδυνότητα.

Οι χάρτες που παρουσιάζουν την ζωνοποίηση της παράκτιας ζώνης, δίνουν ταυτόχρονα και μια πρώτη εικόνα των περιοχών στις οποίες πρέπει να δοθεί μεγαλύτερη σημασία καθώς οι ήπιες κλήσεις της ακτής επιτρέπουν στο κύμα να

εισχωρήσει περισσότερο στη χέρση και με αυτό τον τρόπο να έχουμε μεγαλύτερη πλημμύρα (horizontal inundation & inundation).

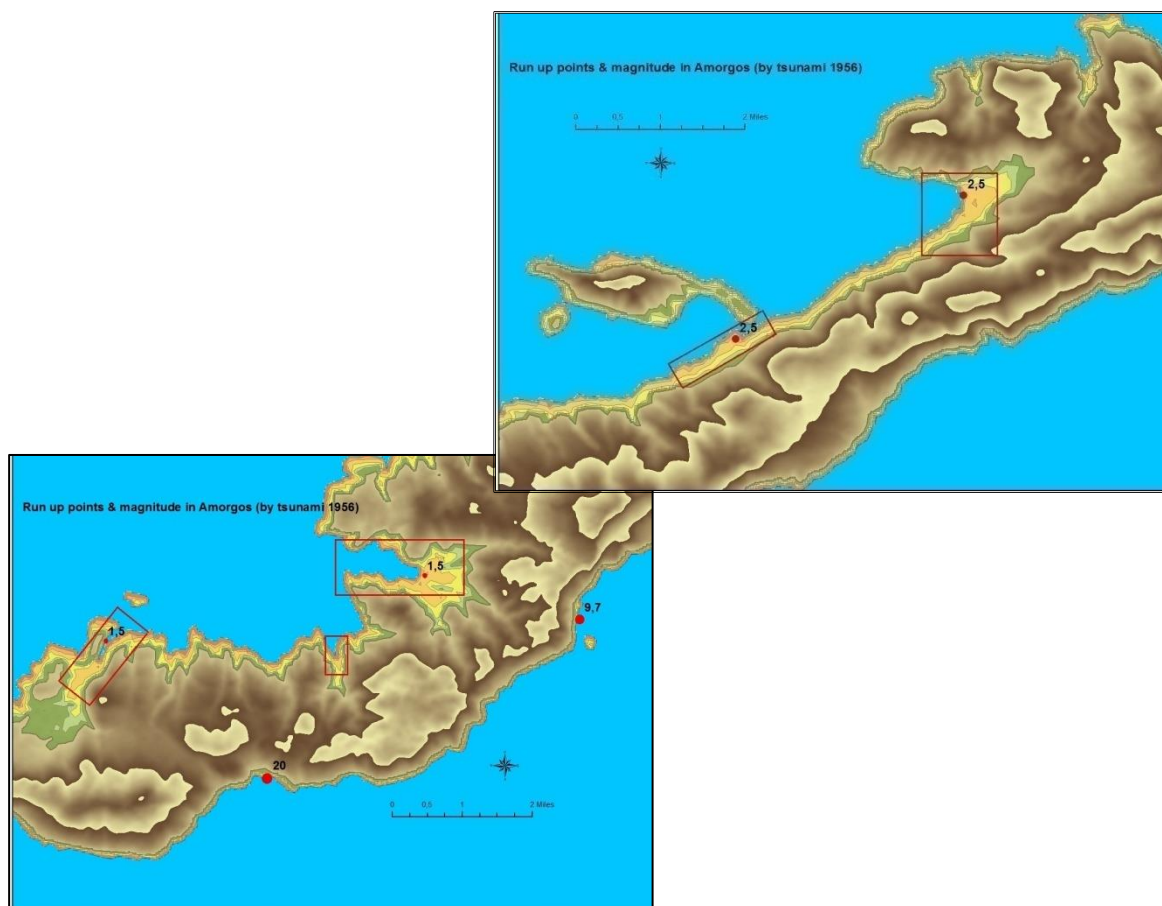
Σε αυτό το σημείο για να μπορέσουν να εξαιρεθούν με μεγαλύτερη προσοχή περιοχές που θεωρούνται πιο ασφαλείς και προστατευμένες, και αντίστοιχα να επιλεχθούν οι επικινδυνότερες, θα γίνει εισαγωγή δεδομένων από το πιο πρόσφατο καταγεγραμμένο τσουνάμι στην περιοχή, αυτό της Αμοργού το 1956.

Πιο συγκεκριμένα, επάνω στους χάρτες της ζωνοποίησης τοποθετήθηκαν τα σημεία αναρρίχησης του κύματος τα οποία είτε παρατηρήθηκαν από μάρτυρες είτε κατεγράφησαν στο πεδίο. Επιπρόσθετα λήφθηκε υπόψη η μορφολογία της ακτής καθώς εκεί όπου η ζωνοποίηση σχεδόν δεν διακρίνεται και μοιάζει ενιαία, συνεπάγει την παρουσία απότομων κλήσεων της ακτογραμμής που δημιουργούν βραχώδεις γκρεμούς. Τα νησιά για τα οποία είναι διαθέσιμες οι τιμές runup του τσουνάμι του 1956, είναι η Φολέγανδρος, η Αμοργός, η Αστυπάλαια, η Ανάφη και η Σαντορίνη.



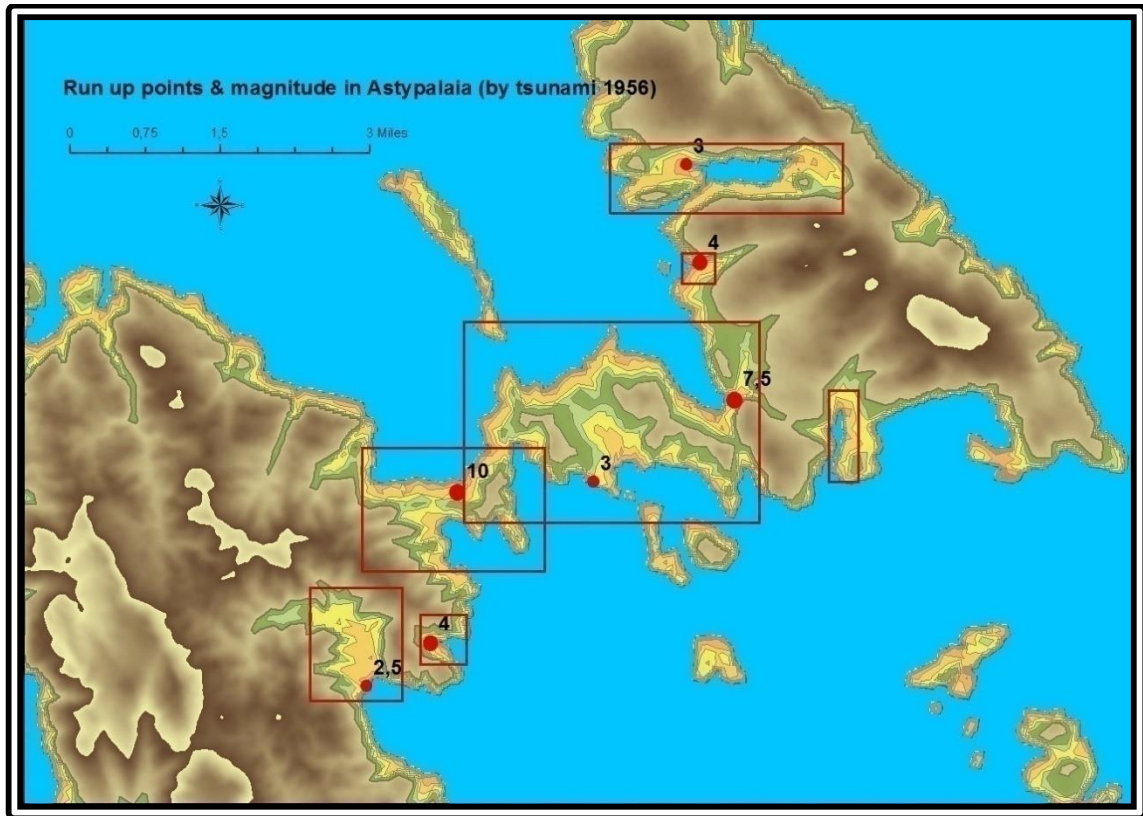
Χάρτης 22. Οι περιοχές που εμφανίζουν μεγαλύτερη επικινδυνότητα στο νησί της Φολέγανδρου. Σε 4 από τα 5 σημεία καταγράφηκαν τιμές από το τσουνάμι υποθαλάσσιας κατολίσθησης του 1956.

Οι ήπιες κλήσεις της ακτής στο νησί της Φολέγανδρου είναι σε λίγα σημεία. Γενικά το νησί σε σχέση με το μέγεθος του έχει μεγάλο υψόμετρο το οποίο ξεκινά απότομα μετά την ακτογραμμή, κάτι που εξυπηρετεί ως φυσική προστασία από ένα μικρού και μεσαίου μεγέθους τσουνάμι (μεγέθη βάση πίνακα 4).



Χάρτης 23. Οι επικίνδυνες περιοχές για το νησί της Αμοργού. Τέσσερις από αυτές ταυτίζονται με παρατηρήσεις κυμάτων τσουνάμι από το γεγονός του 1956

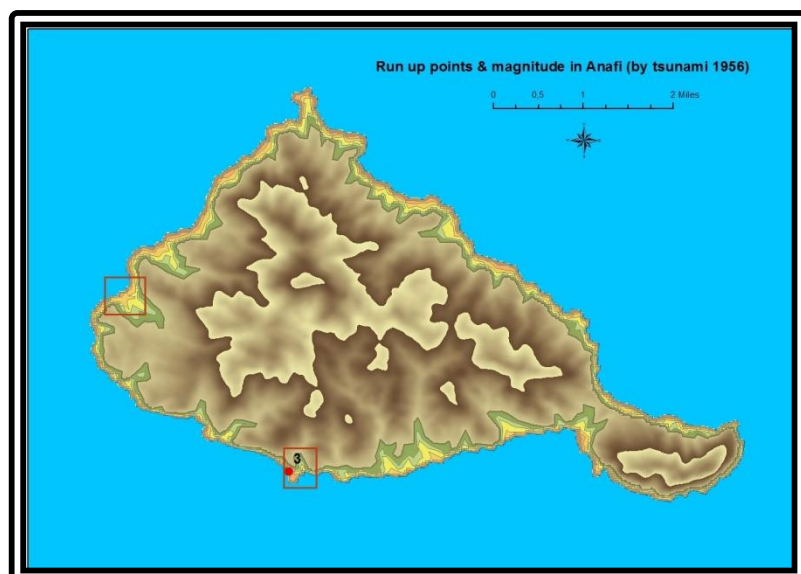
Το νησί της Αμοργού παρουσιάζει την εξής ιδιαιτερότητα. Η νότια πλευρά του νησιού λόγω των πολύ απότομων κλήσεων της ακτογραμμής, εξαιρείται του κινδύνου ενός τσουνάμι, τουλάχιστον βάση των runup που μελετούνται στην παρούσα εργασία. Ακόμα και οι πραγματικές τιμές που κατεγράφησαν σε αυτή την πλευρά του νησιού, το 1956, 20 και 9.7 μέτρα αντίστοιχα, δεν είναι ικανές να χαρακτηρίσουν της περιοχές παράκτιας ζώνης ως επικίνδυνες.



Χάρτης 24. Οι επικίνδυνες ζώνες για το νησί της Αστυπάλαιας. Το μεγαλύτερο πρόβλημα φαίνεται να εμφανίζεται στα κεντρικά του νησιού.

Η ιδιαίτερη μορφολογία του νησιού της Αστυπάλαιας σε συνδυασμό με τα χαμηλά υψόμετρα στο κέντρο του νησιού, παρουσιάζουν μια μάλλον ευάλωτη περιοχή σε τσουνάμι, ακόμα και αν αυτό πρόκειται να δώσει χαμηλές τιμές runup. Από τις 7 επιλεγμένες περιοχές ως επικίνδυνες, στις 6, έχουν καταγραφεί τιμές runup από το τσουνάμι του 1956, με μάλιστα αρκετά υψηλές τιμές.

Χάρτης 25. Οι περιοχές που χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνες για το νησί της Ανάφης.



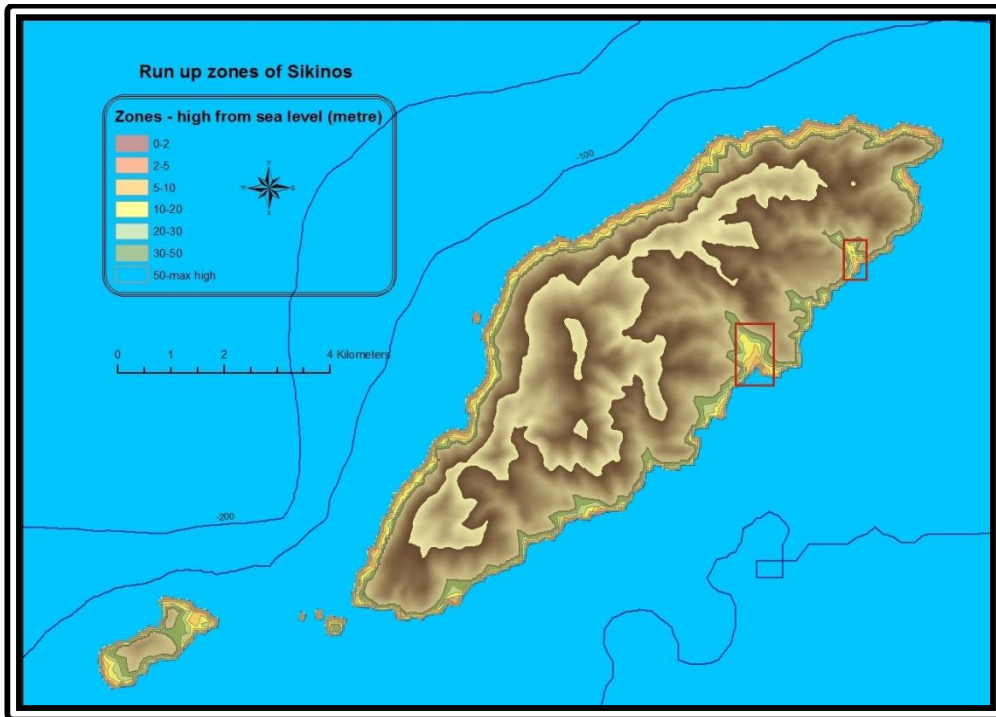
Σχεδόν ολόκληρο το νησί της Ανάφης παρουσιάζει ακτογραμμή με μεγάλες κλήσεις. Εξαίρεση αποτελεί ελάχιστα σημεία, 2 εκ των οποίων θεωρούνται ως επικίνδυνες περιοχές και ένα εξ αυτών με μετρούμενη τιμή runup το 1956, 3 μέτρα.



Χάρτης 26. Οι επικίνδυνες περιοχές για το νησί της Σαντορίνης.

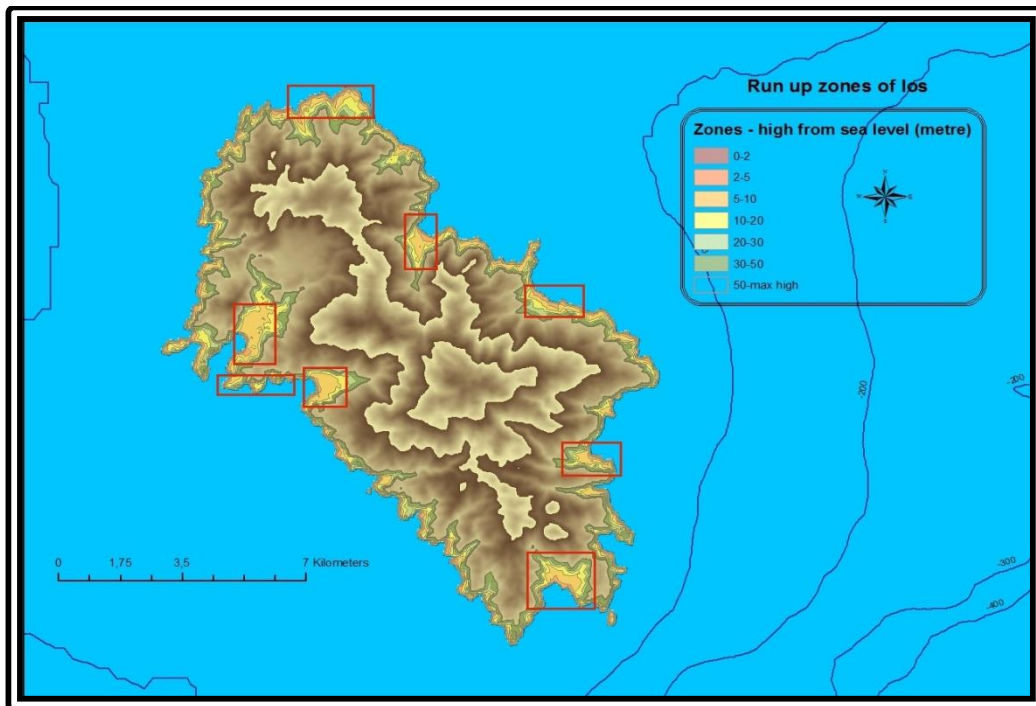
Το νησί της Σαντορίνης παρουσιάζει τις πιο ήπιες κλήσεις στην ανατολική του ακτογραμμή. Σχεδόν όλη η παράκτια ζώνη εκτός Καλδέρας θεωρείται επικίνδυνη καθώς και με μικρές τιμές runup φαίνεται ότι και οι τιμές του inundationθα είναι μεγάλες. Στο τσουνάμι της Αμοργού το 1956, κατεγράφησαν τιμές runup στα νοτιοανατολικά του νησιού.

Στα υπόλοιπα νησιά της περιοχής μελέτης, για τον εντοπισμών των ευάλωτων περιοχών σε επερχόμενο κίνδυνο τσουνάμι, δεν υπάρχουν καταγεγραμμένες τιμές από το παρελθόν. Σε αυτή την περίπτωση ο διαχωρισμός έγινε καθαρά από τις κλήσεις που παρουσιάζουν οι παράκτιες περιοχές. Έτσι λοιπόν αυτό ισχύει για τα νησιά της Σίκινου, της Ίου, της Ηρακλειάς και για τα Κουφονήσια. Το νησί της Κέρου δεν θα εξεταστεί καθώς η επικινδυνότητα του κρίνεται σχεδόν μηδενική καθώς δεν κατοικείται.



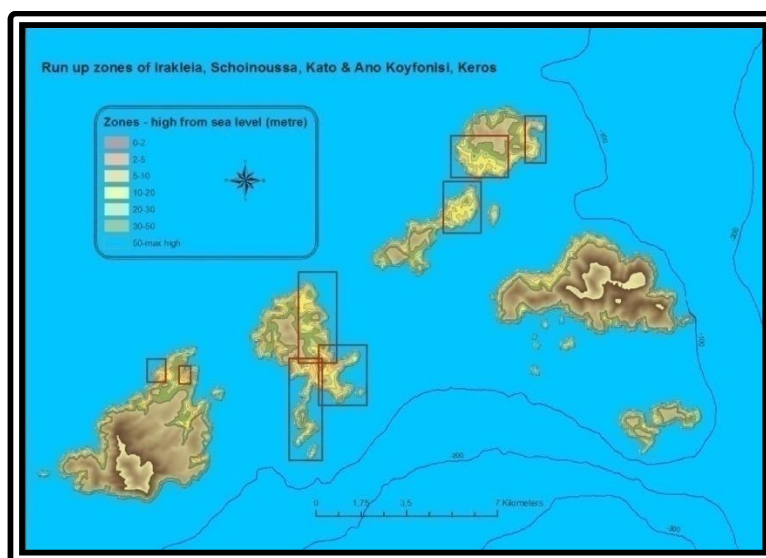
Χάρτης 27. Οι περιοχές που φαίνεται να παρουσιάζουν τον μεγαλύτερο κίνδυνο για το νησί της Σίκινου

Η Σίκινος παρομοίως με την Ανάφη αλλά και την Φολέγανδρο, παρουσιάζουν ακτογραμμή με μεγάλες κλήσεις, και συνεπώς κατά κάποιο τρόπο προστατευμένες. Εξαιρεση αποτελούν δυο μικρές περιοχές στα Βορειοανατολικά του νησιού.



Χάρτης 28. Οι περιοχές που χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνες για το νησί της Ίου

Η Ίος παρουσιάζει αρκετές εκτεθειμένες περιοχές σε όλες της πλευρές της ακτογραμμής του νησιού, ιδιαίτερα στην δυτική πλευρά όπου η μορφολογία της παρουσιάζει αρκετούς κολπίσκους.



Χάρτης 29. Οι επικίνδυνες περιοχές για τα νησιά Ηρακλειά, Σχοινούσα και Κουφονήσια. Το νησί Κέρος (δεξιά) εξαιρείται καθώς δεν κατοικείται.

Η Ηρακλειά, παρουσιάζει τρωτότητα μόνο στην βόρεια πλευρά του νησιού, η οποία και έχει χαμηλότερα υψόμετρα από τις λοιπές περιοχές της.

Η Σχοινούσα όπως αναφέρθηκε και παρουσιάστηκε και παραπάνω στο πίνακα 3, μαζί με τα Κουφονήσια έχουν το μικρότερο υψόμετρα από όλα τα νησιά της περιοχής μελέτης, και έτσι παρουσιάζουν και τις μικρότερες κλήσεις στην παράκτια ζώνη τους. Περισσότερη από την μισή ανατολική έκταση της Σχοινούσας είναι εκτεθειμένη σε ένα πιθανό τσουνάμι.

Το Κάτω Κουφονήσι επίσης δεν κατοικείται μόνιμα, αλλά συμπεριλήφθηκε καθώς κατοικείται σε χρονικά διαστήματα εντός του έτους (στους καλοκαιρινούς μήνες). Παρομοίως όπως και η Σχοινούσα, παρουσιάζει εκτεθειμένες σε κίνδυνο περιοχές στο βόρειο τμήμα του. Το Άνω Κουφονήσι, ακόμα ένα νησί με μικρό υψόμετρο, στην περίπτωση ενός τσουνάμι στις ακτές του, θα έχει ιδιαίτερο πρόβλημα σε όλη τη νότια και ανατολική πλευρά του.

Μετά τον εντοπισμό των παράκτιων περιοχών, όπου κρίνονται ως επικίνδυνες, σε περίπτωση τσουνάμι, ακολουθεί, στο κεφάλαιο 4, η μελέτη των πιθανών επιπτώσεων σε αυτές.

4. Επιπτώσεις ενός Τσουνάμι στη παράκτια ζώνη των Νότιων Κυκλάδων

4.1 Επιπτώσεις από το τσουνάμι της Αμοργού το 1956

Μετά τον σεισμό της 9ης Ιουλίου του 1956 εντάσεως $M_s = 7,4$ που σημειώθηκε στις 03:11:43.7 GTM (05:11:43.7 τοπική ώρα) στην περιοχή του Αιγαίου πελάγους, 20km νότια της Αμοργού, ακολούθησε ένα μεγάλο θαλάσσιο κύμα το οποίο έπληξε τις ακτές των νησιών του Αιγαίου αλλά και της Κρήτης.

Το ύψος του κύματος κοντά στην πηγή δημιουργίας του άγγιξε τα 30m, ενώ η θάλασσα παρέμεινε ανακατεμένη για πολλές ημέρες μετά το περιστατικό (Ambraseys, 1960).

Μαρτυρίες αναφέρουν ότι το τσουνάμι είχε μέγιστη αναρρίχηση ύψους 25m (τιμή που αργότερα δεν μπόρεσε να διασταυρωθεί, και έτσι το *maxrunup*, παρέμεινε με τιμή των 20 μέτρων) από την επιφάνεια της θάλασσας στην νοτιο-ανατολική ακτή της Αμοργού (Γαλανόπουλος, 1957, Ambraseys, 1960). Οι αντίστοιχες τιμές αναρρίχησης στην ευρύτερη θαλάσσια περιοχή κυμάνθηκαν με βάση την τοπική βαθυμετρία και την παράκτια μορφολογία, με το κύμα να φτάνει μέχρι την Κρήτη με μικρότερες τιμές *runup* (Γαλανόπουλος, 1957, Ambraseys, 1960, 1962, Antonopoulos, 1980b, Papazachos et al., 1986), ακόμα μέχρι και τις ακτές της Αττικής όπου μετρήθηκε *runup* 0.30 μέτρα (National Geophysical Data Center).

Τα κύματα ήταν ιδιαίτερα υψηλά στη νότια ακτή της Αμοργού και στη βόρεια ακτή της Αστυπάλαιας.

Στην Αμοργό, με την οποία το σημείο εκκίνησης του τσουνάμι είχε την μικρότερη απόσταση, κατεγράφησαν μετρήσεις σε 6 σημεία γύρο από το νησί. Στα Κατάπολα της Αμοργού, η αναρρίχηση του κύματος ήταν 2,5m και κατάστρεψε πολλά λιμενικά έργα και σπίτια που βρίσκονταν κοντά στην ακτή. Τέσσερα μεγάλα ιστιοφόρα καράβια ρίχτηκαν πάνω στην προκουμαία και άλλα τέσσερα ξεβράστηκαν στην όχθη. Η ίδια η προκουμαία βούλιαξε και καταστράφηκε. Η ακτή που βρίσκεται κοντά στην χώρα της Αμοργού γέμισε με κορμούς δέντρων και κούτσουρα, ενώ πολλές καλλιεργήσιμες εκτάσεις στην ενδοχώρα πλημμύρισαν. Στην απόκρημνη νοτιοανατολική ακτή του νησιού, το κύμα αν και αναρριχήθηκε στα 20 μέτρα,

ωστόσο δεν σημειώθηκαν ζημιές καθώς λόγω της τοπογραφίας η συγκεκριμένη περιοχή είναι πολύ αραιοκατοικημένη και όσα χωριά υπάρχουν έχουν χτιστεί πολύ ψηλά στα βράχια (Antonopoulos, 1980).



Εικόνα 10. Το τσουνάμι φτάνει στο νησί της Αμοργού (πηγή: <http://www.oasp.gr>)

Στην Αστυπάλαια (Λειβάδι), η στάθμη της θάλασσας με τη λήξη του σεισμού κατήλθε περί τα 5 μέτρα και τα νερά απεσύρθησαν αρχικά σε απόσταση 100μ. Ακολούθως εισχώρησαν σαν ορμώμενο κύμα σε απόσταση 400 μέτρων στην παράκτια ζώνη και έφτασαν μέχρι ύψος 4 μέτρα. Βυθίστηκαν 12 αλιευτικά σκάφη, κατεκλύσθησαν καλλιεργήσιμες εκτάσεις, παρασύρθηκαν περιουσίες και τραυματίστηκαν δύο άτομα.

Στην Πόρτο-Σκάλα της Αστυπάλαιας, το πρώτο κύμα που έφτασε είχε ύψος 4,9m και ξεχύθηκε 800m μέσα στην ενδοχώρα. Στην ακτή πολλά ψαροκάικα έσπασαν και τα συντρίμμια τους μεταφέρθηκαν 1000m στο εσωτερικό του νησιού. Σε άλλες ακτές του νησιού καταστράφηκαν πολλές καλλιέργειες και σπίτια, ενώ δύο άνθρωποι τραυματίστηκαν πολύ σοβαρά (Antonopoulos, 1980b).

Ένα πρόσθετο κύμα που ξεκίνησε από ένα μεγάλο μετασεισμό μεγέθους 6,7 που σημειώθηκε 13 λεπτά αργότερα κοντά στη νοτιοδυτική ακτή της Ίου μπορεί να ήταν και το υπεύθυνο για τις εξίσου μεγάλες τιμές που αναφέρθηκαν για την παράκτια

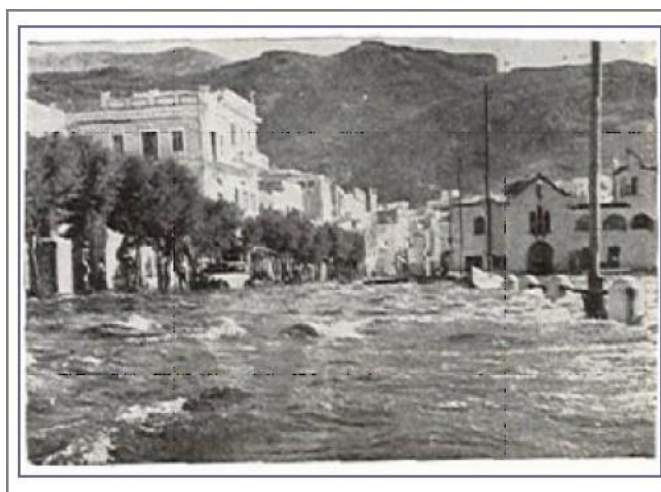
ζώνη της Φολέγανδρου αλλά και της Ίου όπου το κύμα αναρριχήθηκε σε ύψος τριών μέρων προκαλώντας αρκετές ζημιές στο λιμάνι αλλά και σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις (Galapopoulos, 1960). Στη Φολέγανδρο αν και τα κύματα ήταν αρκετά μεγαλύτερα δεν καταγράφηκαν ιδιαίτερες ζημιές λόγω του ότι οι κατοικημένες περιοχές βρίσκονται στην ενδοχώρα του νησιού.

Αρκετές ήταν και οι επιπτώσεις στην παράκτια ζώνη νησιών που δεν συμπεριλαμβάνονται στην περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας.

Η μεγαλύτερη ζημιά προκλήθηκε στο νησί της Καλύμνου, διότι οι κύριοι οικισμοί του νησιού είναι οικοδομημένοι στην ακτή η οποία και αντιμετωπίζει άμεσα των ένταση των κυμάτων. Η παραθαλάσσια πόλη της Ποθίας, δέχθηκε το μεγαλύτερο πλήγμα, όπου αρχικά η θάλασσα υποχώρησε, και στη συνέχεια κύμα με τη μορφή ενός μεγάλου λοφίου και με μεγάλη επιτάχυνση, πλημμύρισε όλη την πόλη. Η άνοδος του νερού ήταν 2,5 μέτρα, αλλά η πίεση του ρεύματος του νερού ήταν πολύ ισχυρή. Οι λιμενικές κατασκευές και τα σπίτια που βρίσκονταν εντός 90 μέτρων πλάτους παράκτιας λωρίδας υπέστησαν σημαντικές ζημιές. Πάνω από 30 αλιευτικά σκάφη και ένα μεγάλο ιστιοφόρο πετάχτηκαν έξω στην ξηρά και καταστράφηκαν. Η θάλασσα υποχώρησε και στην συνέχεια επανήλθε κατά αυτό τον τρόπο, τρεις φορές εντός της πρώτης ώρας μετά το σεισμό.

Εικόνα 11. Το λιμάνι και η πόλη της Καλύμνου έχουν πλημμυρίσει μετά το χτύπημα του τσουνάμι.

(πηγή: <http://www.oasp.gr/>)



Διάφορα θραύσματα και τα αντικείμενα μεταφέρθηκαν 1,5 χιλιόμετρο προς το κέντρο του νησιού και ένας άνθρωπος παρομοίως παρασύρθηκε από το κύμα και μεταφέρθηκε 1 χιλιόμετρο πάνω στην ξηρά. Τρεις άνθρωποι πνίγηκαν.

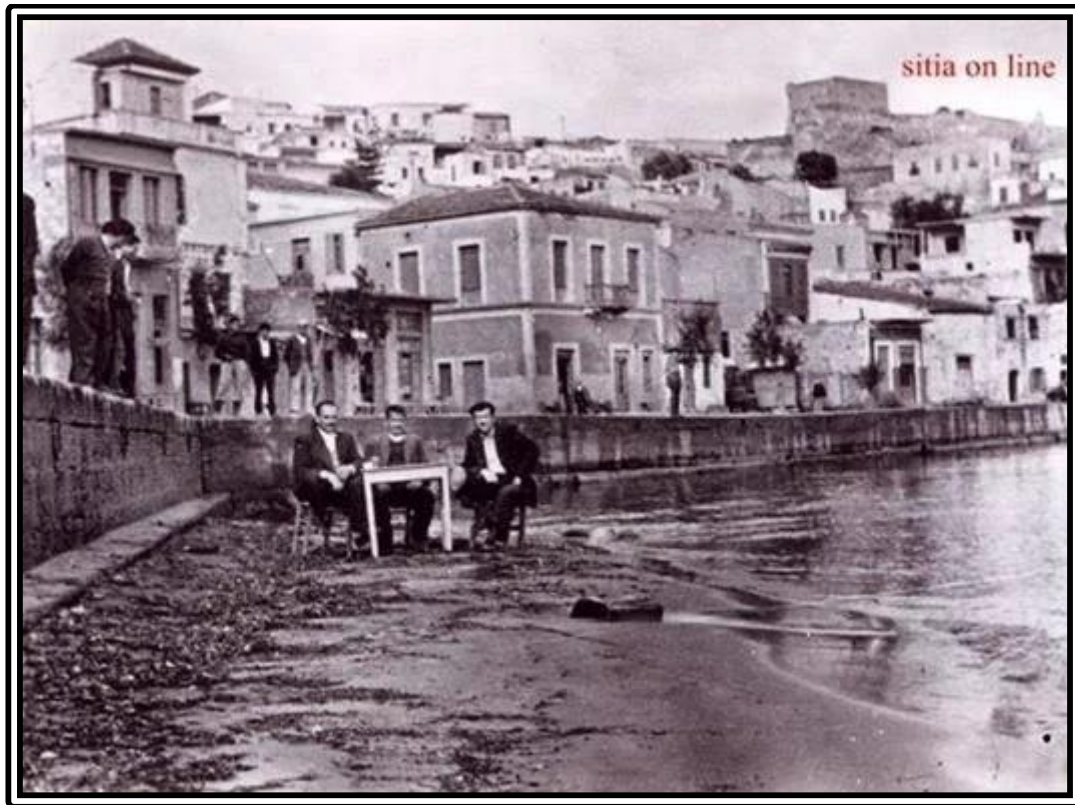
Στην Αντίπαρο το νερό πλημμύρισε τις ακτές και την πόλη του Κάστρου, η οποία βρίσκεται σε ένα ύψωμα στο βόρειο τμήμα του νησιού. Οι φθορές στα παραθαλάσσια σπίτια ήταν λίγες, αλλά η προβλήτα καταστράφηκε και οι πλάκες της έγειραν κατά 45°. Μία μηχανοκίνητη βάρκα παρασύρθηκε από τα κύματα και κομματιάστηκε στα βράχια 30m από την ακτή, ενώ πολλές μικρότερες βάρκες βρέθηκαν στην στεριά (Antonopoulos, 1980b).

Στην Λιψό (κύριο νησί των Λειψών), η θάλασσα εισχώρησε στα 1400m και κατάστρεψε πολλά σπίτια. Στο λιμάνι της γκρεμίστηκε η αποβάθρα και αρκετά δημόσια κτίρια, ενώ ένα σπίτι κατέρρευσε από τα θεμέλια. Στα Σόκορα πολλά βοοειδή που χρησιμοποιούνταν στις αγροτικές εργασίες παρασύρθηκαν από τα νερά και πνίγηκαν (Antonopoulos, 1980b).

Κοντά στο Λακκί της Λέρου, η πρώτη αντίδραση της θάλασσας ήταν η υποχώρηση. Παρόλο που το ύψος των κυμάτων ήταν μόλις 1,2m, πολλά σπίτια υπέστησαν ζημιές και τα προϊόντα που είχαν αποθηκευτεί στην προκυμαία παρασύρθηκαν από το νερό. Πολλά ψαροχώρια του νησιού πλημμύρισαν, ενώ δέκα βάρκες καταστράφηκαν ολοκληρωτικά [Antonopoulos, 1980b].

Στο νοτιοδυτικό κάβο της Ρόδου, η νησίδα της Πρασονήσου ενώνεται με το νησί με μία στενή λωρίδα γης μήκους 300m, η οποία όμως αποσυνδέθηκε ελαφρώς μετά την σεισμική δόνηση που σημειώθηκε εκείνη την ημέρα καθώς βυθίστηκε 10m κάτω από τη στάθμη της θάλασσας. Δεν είναι σαφές αν αυτή η υποχώρηση είναι αποτέλεσμα της σεισμικής δόνησης, φαίνεται όμως ο μικρός ισθμός της Πρασονήσου υποχώρησε λόγω της διασποράς των χαλαρών ιζημάτων που την συνέθεταν από τα κύματα που χτύπησαν το νησί (Antonopoulos, 1980b).

Τέλος, επιπτώσεις από το τσουνάμι της Αμοργού, δέχθηκε η παράκτια ζώνη της Πάτμου, της Νίσηρου, της Σύμης, της Τήλου, της Νάξου και φυσικά της Κρήτης.



Εικόνα 12. Η θάλασσα έχει υποχωρήσει, πριν το τσουνάμι χτυπήσει της ακτές της Σητείας στην Κρήτη (πηγή: <https://plus.google.com> , φωτογραφία από προσωπικό αρχείο Γουλιέλμου Νίκου)

Συνοψίζοντας την παρουσίαση των επιπτώσεων που είχε το τσουνάμι της Αμοργού στο Νότιο Αιγαίο, συμπεραίνεται ότι εκτός από τις επιπτώσεις άμεσα στην ανθρώπινη ζωή, σε μεγάλο βαθμό υπέστησαν σοβαρά προβλήματα κατοικημένες περιοχές, οικίες και δημόσιες κατασκευές όπως οδικό δίκτυο, λιμάνια, μαρίνες, προκουμαίες, καθώς επίσης επιπτώσεις δέχθηκαν γεωργικές, κτηνοτροφικές και αλιευτικές δραστηριότητες. Τέλος οι επιπτώσεις παρουσιάστηκαν και στο περιβάλλον, καθώς αποξηλώθηκαν δέντρα και μετατοπίστηκε η στάθμη της θάλασσας σε πολλές περιοχές λόγω καθίζησης ή ανύψωσης με ότι συνέπειες έχει αυτό στον τοπικό οικότοπο.

Αν και το τσουνάμι, έδρασε καλοκαιρινούς μήνες, όπου ειδικά η παράκτια ζώνη δηλώνει την παρουσία περισσότερων ανθρώπων, ευτυχώς η ώρα που σημειώθηκε το γεγονός, πολύ νωρίς το πρωί, συνέβαλε στο να μην υπάρξει μεγαλύτερος αριθμός θυμάτων.

4.2 Πιθανές επιπτώσεις απ ένα τσουνάμι στις μέρες μας.

Οι Νότιες Κυκλάδες του σήμερα, έχουν αλλάξει ριζικά από το την δεκαετία του 50. Πλέον είναι ένα εξελιγμένο νησιωτικό σύμπλεγμα το οποίο αποτελεί ίσως έναν από τους καλύτερους τουριστικούς προορισμούς στο κόσμο.

Οι υποδομές της είναι σύγχρονες, ακόμα και στα αραιοκατοικημένα νησιά. Αεροδρόμια, μεγαλύτερα λιμάνια, καλύτερα οδικά δίκτυα, μονάδες ηλεκτροδότησης, μονάδες αφαλάτωσης κτλ.

4.2.1 Χρήσεις γης

Οι χρήσεις γης στην παράκτια ζώνη έχουν αλλάξει, συγκεντρώνοντας ακόμα μεγαλύτερο αριθμό ανθρώπων εκεί, ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες όπου και η τουριστική κίνηση αυξάνεται κατακόρυφα.

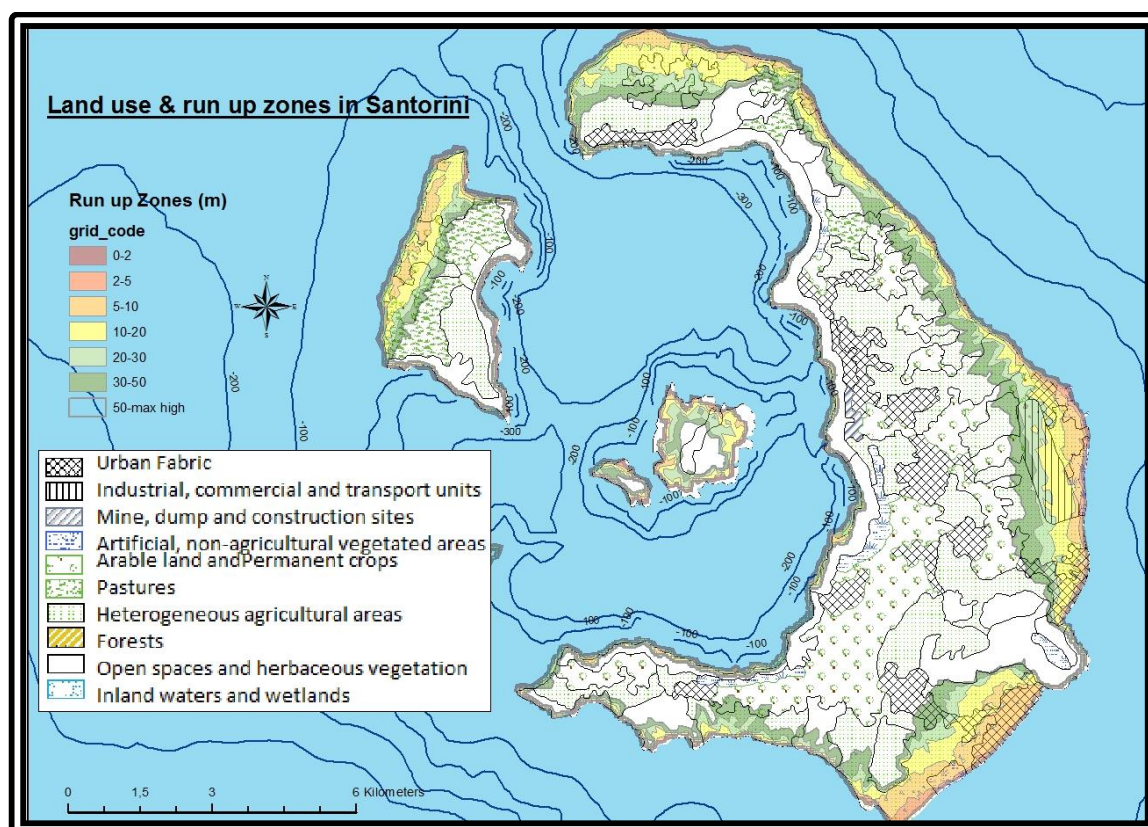
Παρακάτω παρουσιάζονται οι χρήσεις γης των νησιών της περιοχής μελέτης όπως αυτές διαμορφώνονται επίσημα έως σήμερα.

Οι βασικές κατηγορίες στις οποίες γίνεται ο διαχωρισμός χρήσεων είναι οι εξής:

- ✓ Ο αστικός ιστός (πόλεις, χωριά)
- ✓ Βιομηχανικές, εμπορικές και μεταφορικές μονάδες
- ✓ Ορυχεία και χωματερές
- ✓ Τεχνητές, μη γεωργικές περιοχές με βλάστηση
- ✓ Καλλιεργήσιμη γη και μόνιμες καλλιέργειες
- ✓ Βοσκότοποι
- ✓ Ετερογενείς γεωργικές περιοχές
- ✓ Δάση
- ✓ Πώδη βλάστηση, ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση
- ✓ Υγρότοποι στην ενδοχώρα, θαλάσσιοι υγρότοποι, εσωτερικά ύδατα

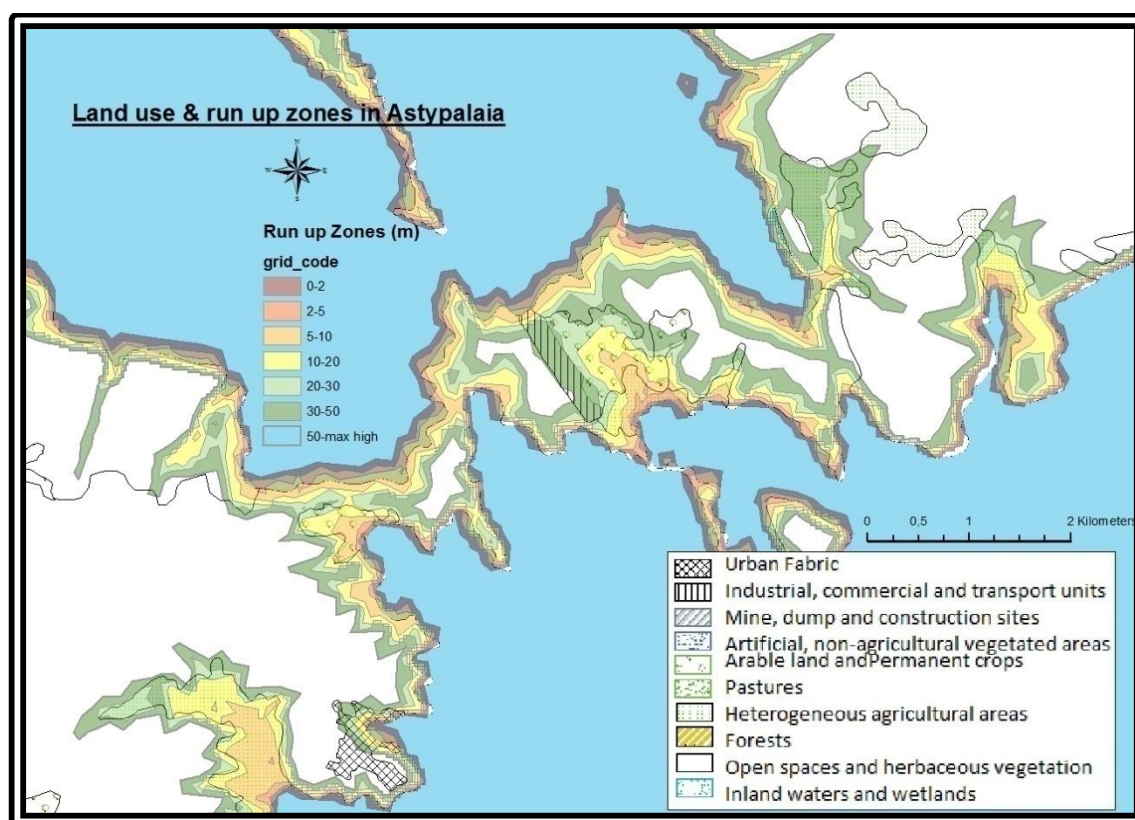
Χαρακτηριστικό στην περιοχή μελέτης είναι ότι χρήσεις που υπάγονται στις κατηγορίες δάση, υγρότοποι και εσωτερικά ύδατα απουσιάζουν εντελώς, ενώ οι κατηγορίες βιομηχανία, εμπόριο, ορυχεία και χωματερές είναι πολύ περιορισμένες.

Η Σαντορίνη, όντας το πιο πυκνοκατοικημένο νησί στις νότιες Κυκλάδες, παρουσιάζει και τον μεγαλύτερο διαχωρισμό χρήσεων γης. Στον χάρτη διακρίνεται καθαρά ο κίνδυνος του παράκτιου αστικού ιστού ανατολικά του νησιού, όπου κατοικίες βρίσκονται εντός των ορίων των ζωνών με run-up 0 έως 2 μέτρα, 2 έως 5 μέτρα και 5 έως 10 μέτρα. Επιπλέον στις ζώνες αυτές, ακόμα και στην ζώνη 0 έως 2 μέτρα, συναντιούνται γεωργικές εκτάσεις, μόνιμες και μη καλλιέργειες, τεχνητές μη γεωργικές περιοχές με βλάστηση, βοσκοτόπια και τέλος, χρήσεις για βιομηχανία και μεταφορικές μονάδες. Πολύ έντονα διακρίνεται η χρήση γης του αεροδρομίου του νησιού η οποία και καταλαμβάνει περιοχή εντός και των 5 επικίνδυνων ζωνών runup που έχουν δοθεί για την Σαντορίνη.



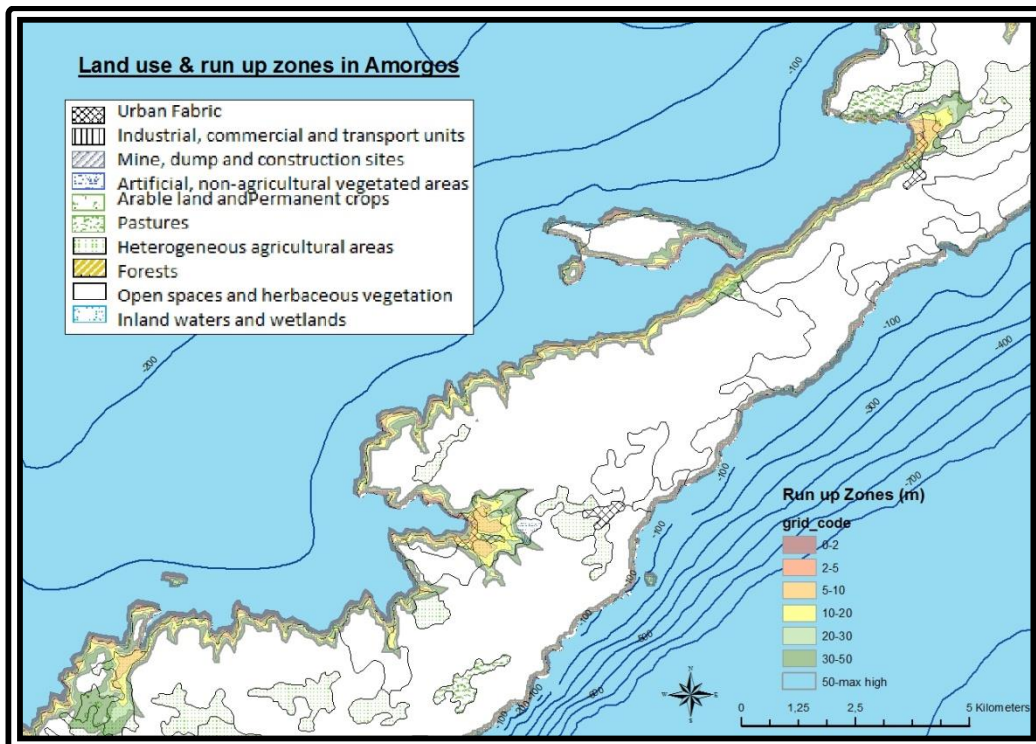
Χάρτης 30. Απεικόνιση των ζωνών επικινδυνότητας κύματος τσουνάμι, μετρούμενη σε runup, επάνω στις χρήσεις γης για το νησί της Σαντορίνης (πηγή δεδομένων χρήσεων γης:)

Στο νησί της Αστυπάλαιας, αν και ο αστικός ιστός εντός των επικίνδυνων ζωνών είναι σαφώς πιο περιορισμένος, δεν παύει να έχει παρουσία στην πιο εφικτή ζώνη runup, αυτή της τιμής 0 έως 2 μέτρα. Σε όλο το κεντρικό τμήμα του νησιού, το οποίο και είναι πιθανό να παρουσιαστούν προβλήματα κατά την εκδήλωση ενός τσουνάμι συμπεριλαμβάνονται χρήσεις γης όπως: γεωργικές εκτάσεις, μόνιμες και μη καλλιέργειες και φυσικά βιομηχανικές χρήσεις και χρήσεις μεταφορών, καθώς το αεροδρόμιο της Αστυπάλαιας, θίγεται με τιμές runup από 5 μέτρα και άνω.



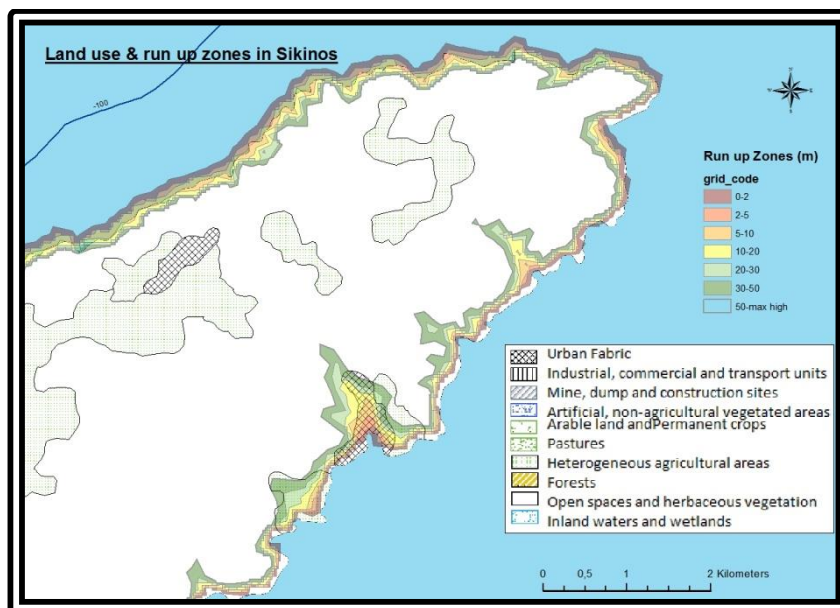
Χάρτης 31.Απεικόνιση των ζωνών επικινδυνότητας κύματος τσουνάμι, μετρούμενη σε runup, επάνω στις χρήσης γης για το νησί της Αστυπάλαιας (πηγή: δεδομένων χρήσεων γης)

Όπως έχει ειπωθεί, και στο παραπάνω κεφάλαιο (κεφάλαιο 3), η επικινδυνότητα για το νησί της Αμοργού, εμφανίζεται στην βόρεια πλευρά. Οι δύο από τους τρεις αστικούς ιστούς της Αμοργού, βρίσκονται στα πιο επικίνδυνα σημεία του νησιού, εντός των ζωνών 0-2 μέτρα runup και εκτείνονται μέχρι και την ζώνη 10 έως 20 μέτρων runup. Στην επικίνδυνη επίσης παράκτια ζώνη τοποθετούνται γεωργικές εκτάσεις αλλά και βοσκοτόπια.



Χάρτης 32. Απεικόνιση των ζωνών επικινδυνότητας κύματος τσουνάμι, μετρούμενη σε runup, επάνω στις χρήσεις γης για το νησί της Αμοργού (πηγή δεδομένων χρήσεων γης:)

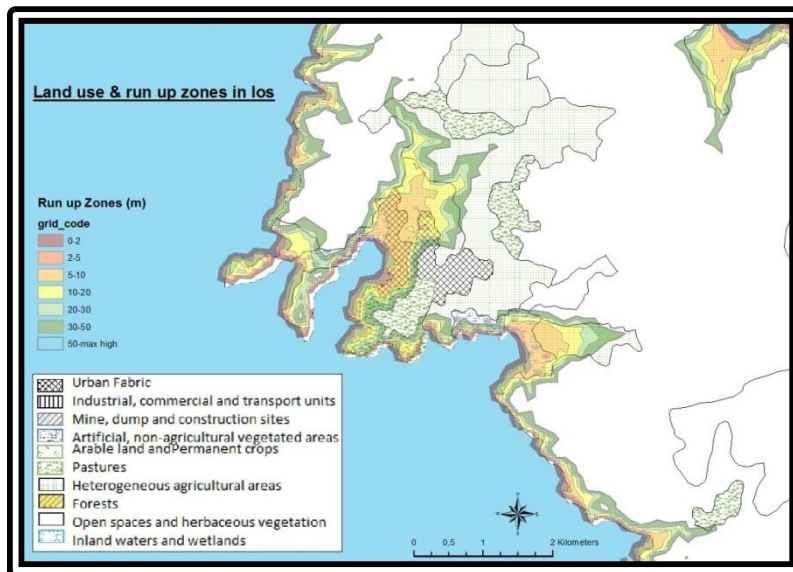
Στο νησί της Ίου, ο κίνδυνος μπορεί να επικεντρώνεται σε ένα και μόνο σημείο, αλλά σύμφωνα με το χάρτη χρήσεων γης του νησιού, αυτό είναι αρκετό για να προκληθεί αρκετά μεγάλη καταστροφή ακόμα και με μικρές τιμές runup.



Χάρτης 33. Χρήσεις γης και ζώνες κινδύνου τσουνάμι για το νησί της Σίκινου.

Ο κύριος αστικός ιστός του νησιού είναι παραθαλάσσιος και ένα μεγάλο μέρος αυτού βρίσκεται εντός της ζώνης runup 2 έως 5. Στις ζώνες κινδύνου 0 έως 2 μέτρα, 2 έως 5 μέτρα και 5 έως 10 μέτρα, τοποθετούνται επίσης, αστικό πράσινο, χώροι άθλησης, βοσκοτόπια και γεωργικές εκτάσεις.

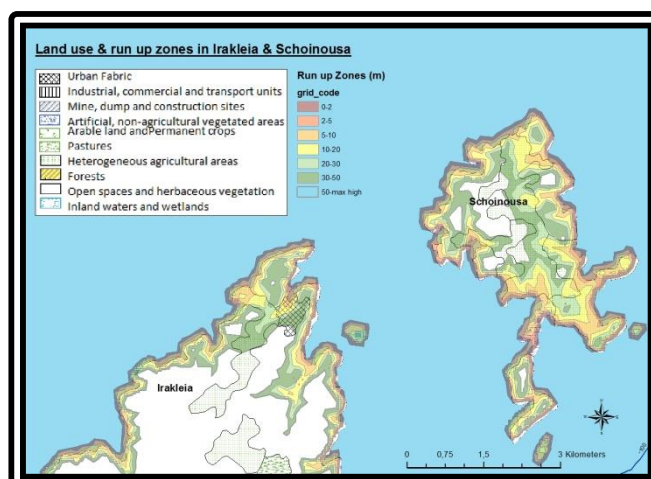
Παρόμοιος είναι και ο επιμέρους διαχωρισμός χρήσεων γης στην Σίκινο, όπου στο σημείο βόρειο-ανατολικά του νησιού επικεντρώνεται η προσοχή και στο οποίο μεγάλο μέρος αυτού αποτελείται από αστικό ιστό και γεωργικές εκτάσεις.



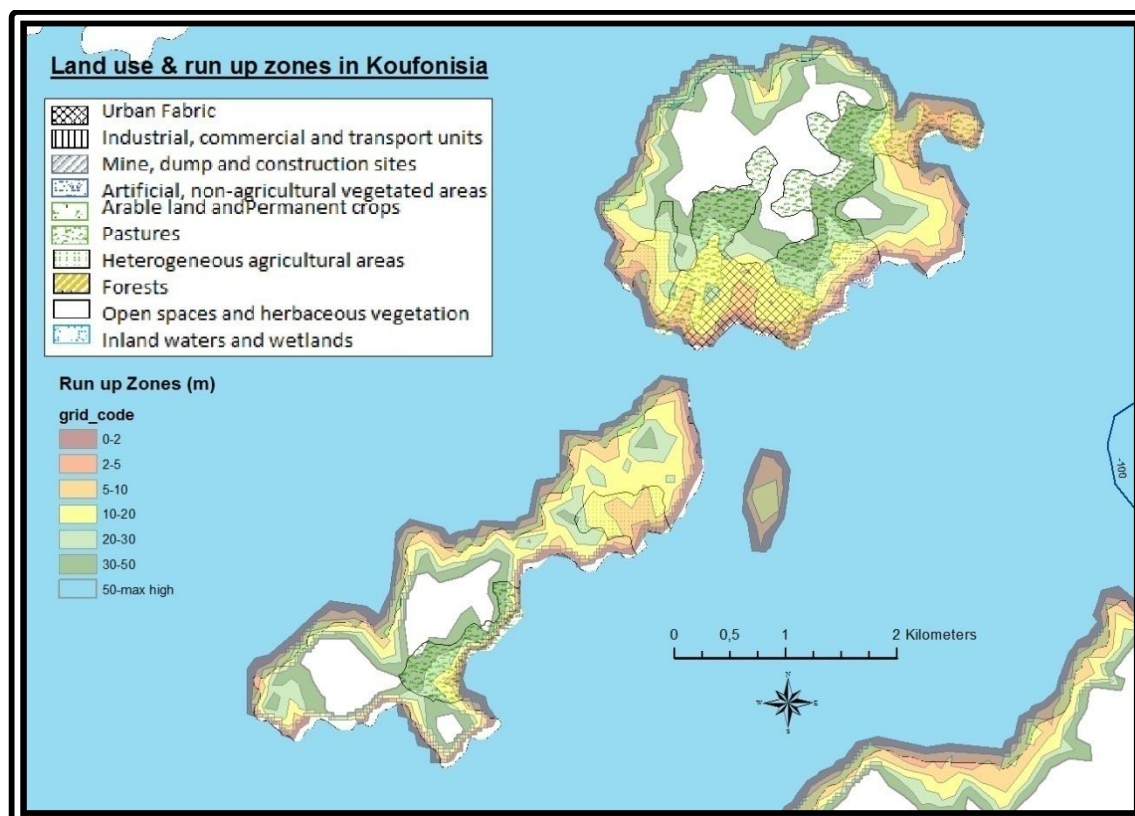
Χάρτης 34. Χρήσεις γης και ζώνες κινδύνου τσουνάμι για το νησί της Ίου.

Η Ηρακλεία και η Σχοινούσα αρκούνται σε λίγες χρήσεις γης. Μια περιοχή αστικού ιστού για την Ηρακλεία και πέραν τούτου βοσκοτόπια και γεωργικές εκτάσεις, ενώ στην Σχοινούσα εκτός από γεωργικές εκτάσεις παρουσιάζει και τεχνητές περιοχές πρασίνου, λογικά λόγω του υψηλού αριθμού τουριστών που δέχεται το καλοκαίρι. Όλες οι χρήσεις αυτές, και στα δύο νησιά, βρίσκονται εντός των επικίνδυνων ζωνών. Ο δε αστικός ιστός της Ηρακλειάς επεκτείνεται σε όλες τις ζώνες κινδύνου.

Χάρτης 35. Χρήσεις γης
και ζώνες κινδύνου
Τσουνάμι, για τα νησιά
Ηρακλεία και
Σχοινούσα



Στα Κουφονήσια ένα μεγάλο μέρος των ζωνών με πιθανότητα σε τιμές runup 0 έως 20 μέτρα καλύπτει χρήση γης αστικού ιστού. Άλλες χρήσης γης που βρίσκονται εντός των ζωνών επικινδυνότητας είναι βοσκοτόπια, γεωργικές εκτάσεις και τεχνικές περιοχές πρασίνου. Εδώ να επαναλάβουμε ότι ιδιαίτερα το Άνω Κουφονήσι, έχει παράκτια ζώνη με μικρή κλίση κάτι που το κάνει ακόμα πιο ευάλωτο στην αναρρίχηση του κύματος ακόμα και σε χρήσης γής που βρίσκονται στο εσωτερικό τμήμα του νησιού.



Χάρτης 36. Απεικόνιση των ζωνών επικινδυνότητας κύματος τσουνάμι, μετρούμενη σε runup, επάνω στις χρήσης γης για τα Κουφονήσια.

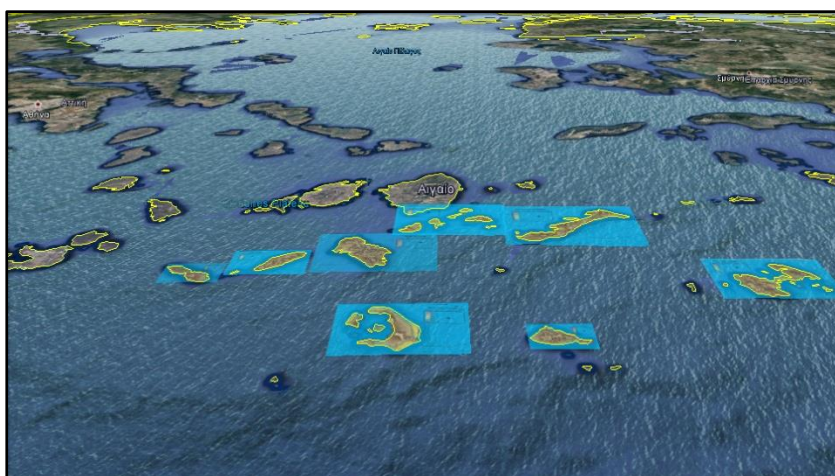
Τέλος, να επισημανθεί ότι σε αυτό το υποκεφάλαιο, δεν παρουσιάστηκαν χάρτες με τα νησιά της Φολέγανδρου, της Ανάφη και της Κέρου, καθώς οι κύριες χρήσης γης (όπου αυτές υπάρχουν) βρίσκονται στο εσωτερικό τμήμα του νησιού με αποτέλεσμα να μην συνδέονται με τις ζώνες επικινδυνότητας τσουνάμι.

4.2.2. Απεικόνιση και ανάλυση των ζωνών κινδύνου σε δορυφορικές εικόνες του σήμερα

Μελετώντας κανείς την εφαρμογή των ζωνών επικινδυνότητας πάνω στις χρήσεις γης, επικεντρώνεται σε ένα πρώτο βαθμό, στα πιο επίφοβα σημεία της παράκτιας ζώνης, όπως για παράδειγμα στις περιοχές αστικού ιστού, στις οποίες και υποδηλώνεται η μόνιμη παρουσία ανθρώπου και των καθημερινών δραστηριοτήτων του.

Όμως για την περιοχή μελέτης υπάρχει ένας μεγάλος παράγοντας που αφορά σημαντικά την παρούσα εργασία και ο οποίος δεν αναφέρεται στην περιγραφή των χρήσεων γης. Αυτός είναι ο τουρισμός. Οι τουριστικές εγκαταστάσεις δίνουν τελείως διαφορετική οντότητα στην παράκτια ζώνη, καθώς συγκεντρώνουν σε αυτή μεγάλο αριθμό ανθρώπων θέτοντας τον σε άμεσο κίνδυνο στην περίπτωση ενός τσουνάμι. Για παράδειγμα στο νησί της Ίου, ο καταμερισμός των χρήσεων γης δίνει μεγάλο αριθμό ανθρώπων (αστικό ιστό) στην περιοχή του λιμανιού ο οποίος εξαπλώνεται βόρεια από αυτή και μόνο εκεί. Εντούτοις στην πραγματικότητα, λίγο πιο δίπλα στην περιοχή του Μυλοπότα, η οικιστική παρουσία είναι έντονη και η τουριστικές δραστηριότητες εκτεταμένες.

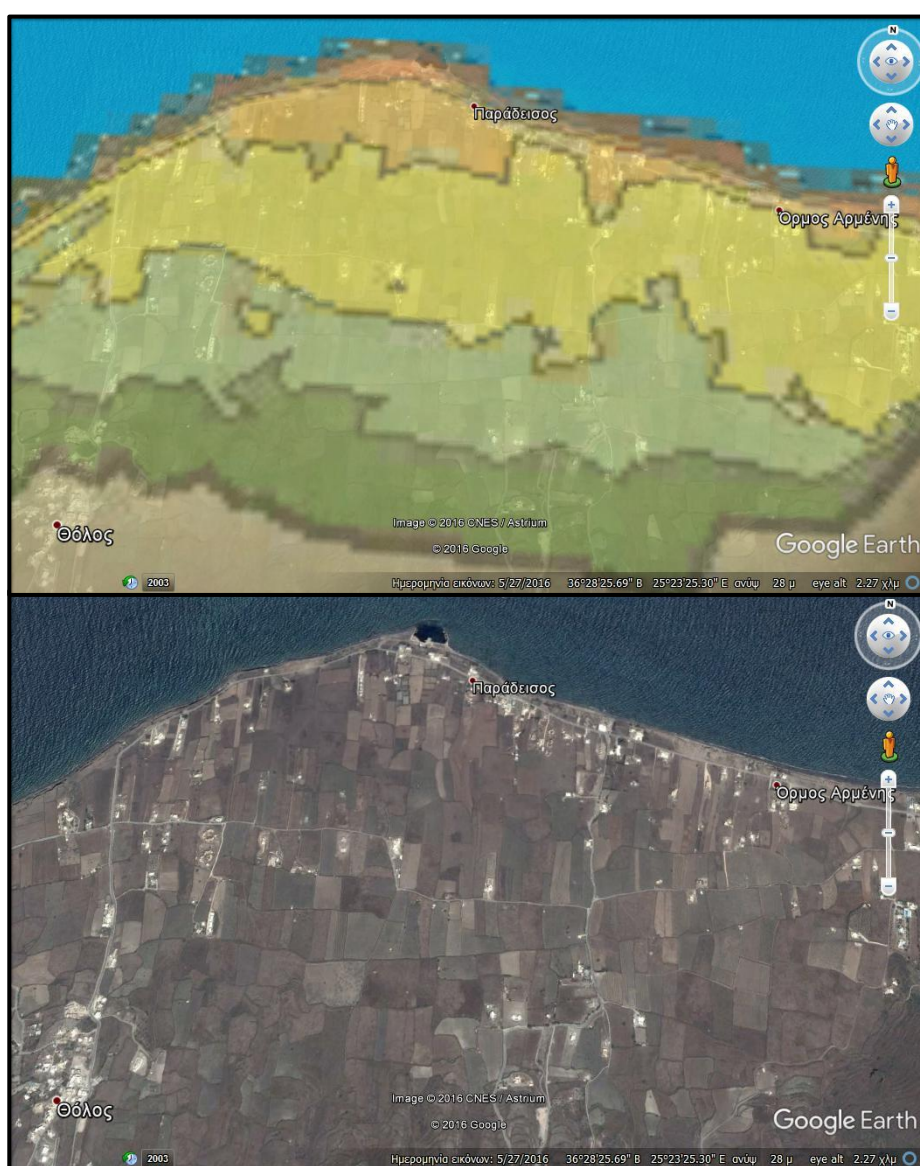
Για να μπορέσουμε να δούμε τι ακριβώς υπάρχει σήμερα στις ζώνες κινδύνου των παράκτιων περιοχών που ξεχώρισαν παραπάνω στο κεφάλαιο 3, οι ζώνες αυτές τοποθετήθηκαν πάνω σε δορυφορική κάτοψη των νησιών, μέσω του προγράμματος Google Earth.



Εικόνα 13. Απεικόνιση των ζωνών κινδύνου σε δορυφορική κάτοψη έγινε μέσω του προγράμματος Google earth

Τόσο κατά την διαδικασία της ζωνοποίησης με τις τιμές runup, όσο και με την δορυφορική περιήγηση στις νότιες Κυκλάδες, ξεχωρίζει το νησί της Σαντορίνης. Η Σαντορίνη είναι το πιο πυκνοκατοικημένο νησί της περιοχής, με την μεγαλύτερη επιφάνεια οικιστικής ζώνης και ταυτόχρονα αποτελεί τουριστικό προορισμό με αυξημένη κίνηση καθ' όλη την διάρκεια του χρόνου.

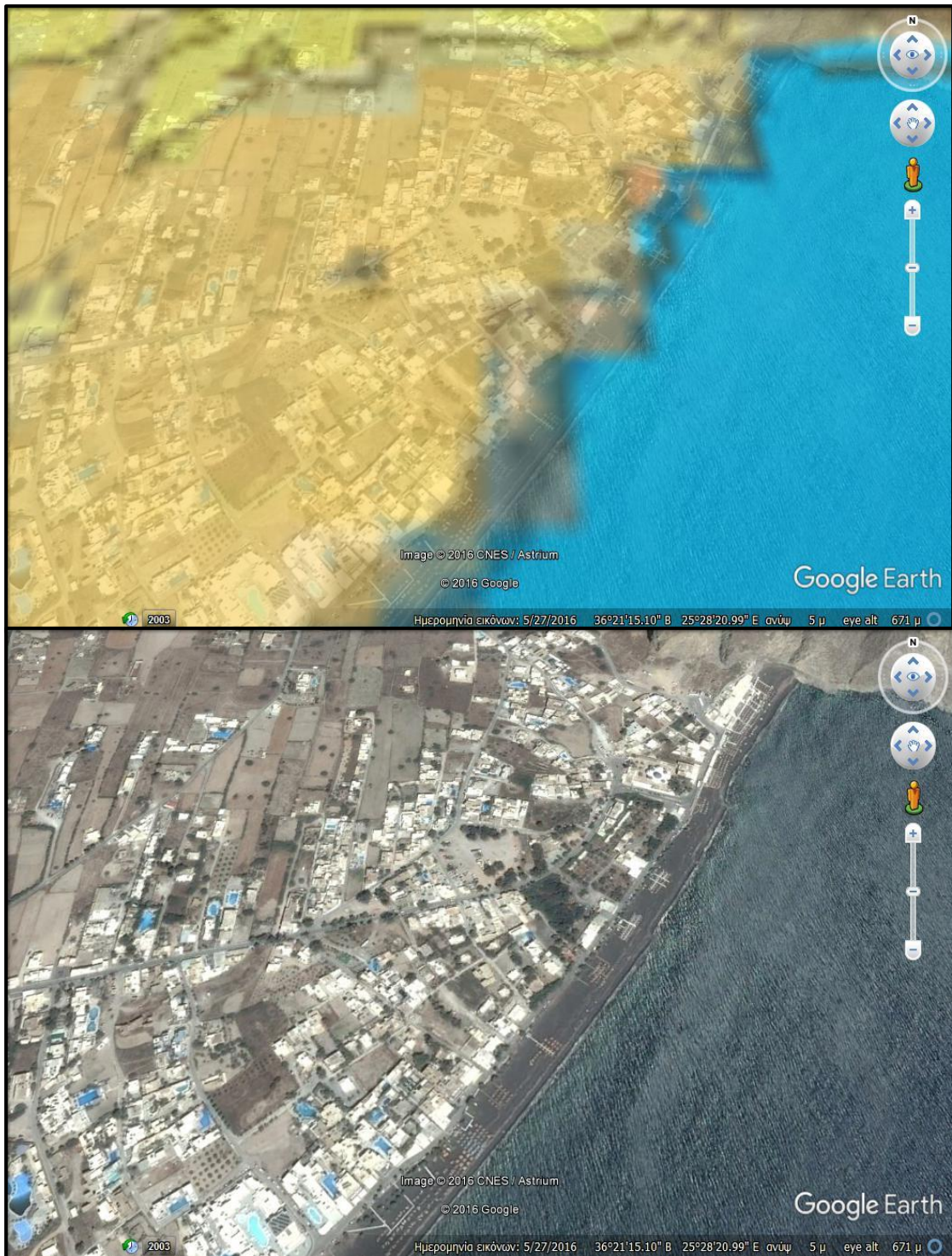
Παρακάτω παρουσιάζονται οι περιοχές της Σαντορίνης, με τις μεγαλύτερες πιθανότητες κινδύνου τσουνάμι. Γίνεται μια περιήγηση στην παράκτια ζώνη, σε όσο το δυνατόν καλύτερη ανάλυση, έτσι ώστε να μπορέσουν να γίνουν αντιληπτές οι επιπτώσεις που θα έχουν τα διάφορου μεγέθους κύματα ενός τσουνάμι.



Εικόνα. 14 Παράδεισος Σαντορίνης, βορειοανατολικές ακτές του νησιού. Περιοχή εκτός αστικού ιστού, σύμφωνα με τις χρήσεις γης.



Εικόνα 15. Καμάρι Σαντορίνης, ανατολικά του νησιού. Αστικός ιστός και εκτεταμένη τουριστική ανάπτυξη κατά μήκος όλης της ακτής.



Εικόνα 16. Περίσσα Σαντορίνης στην ανατολική πλευρά του νησιού. Η τουριστική ανάπτυξη είναι εμφανή σε όλο το μήκος της παράκτιας ζώνης. Ένα τσουνάμι με runup έως 10 μέτρα μπορεί να επηρεάσει ολόκληρη την περιοχή της εικόνας.



Εικόνα 17. Άγιος Γεώργιος Σαντορίνης στην νοτιοανατολική πλευρά του νησιού. Η τουριστική ζώνη συνεχίζεται σε όλη την ακτογραμμή. Επίσης μεγάλες εκτάσεις με γεωργική χρήση και καλλιέργειες μπορούν να επηρεαστούν με ένα τυμπό έως 10 αλλά και ως 5 μέτρα.

Στην Αστυπάλαια, οι ευάλωτες περιοχές, είναι η ίδιες που είχαν υποστεί ζημιές το 1956.

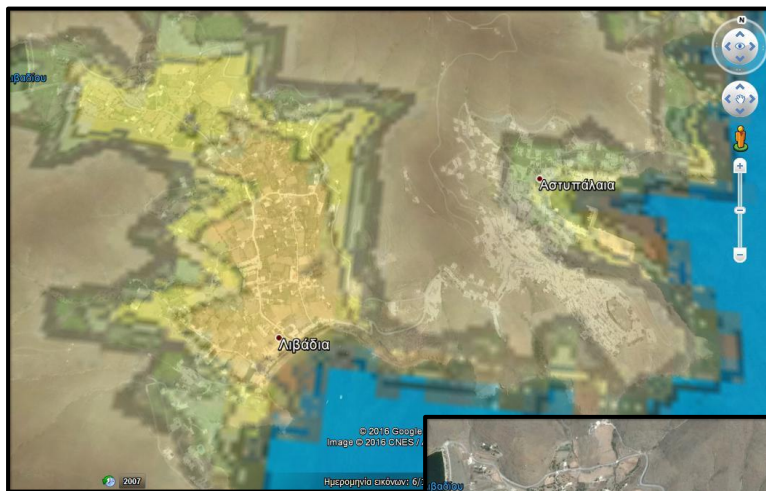


Εικόνα 18. Η περιοχή Ανάληψη, στο κέντρο της νήσου Αστυπάλαιας. Σε αυτή την παράκτια περιοχή το runup από το τσουνάμι του 1956 είχε φτάσει στα 3 μέτρα (Παραλία Ανάληψης) και τα 7,5 μέτρα ανατολικά της Ανάληψης στο σημείο που βρίσκονται οι δύο κόλποι στην νότια και βόρεια ακτογραμμή του νησιού αντίστοιχα. Δεν πρόκειται για οικιστικό ιστό, αλλά για τουριστική ανάπτυξη. Εμφανές είναι και η χρήση γης μεταφορών/βιομηχανίας, με το αεροδρόμιο, το οποίο στην βόρεια πλευρά του μπορεί να επηρεαστεί ακόμα και με τιμές runup της τάξης των 5 έως 10 μέτρων.

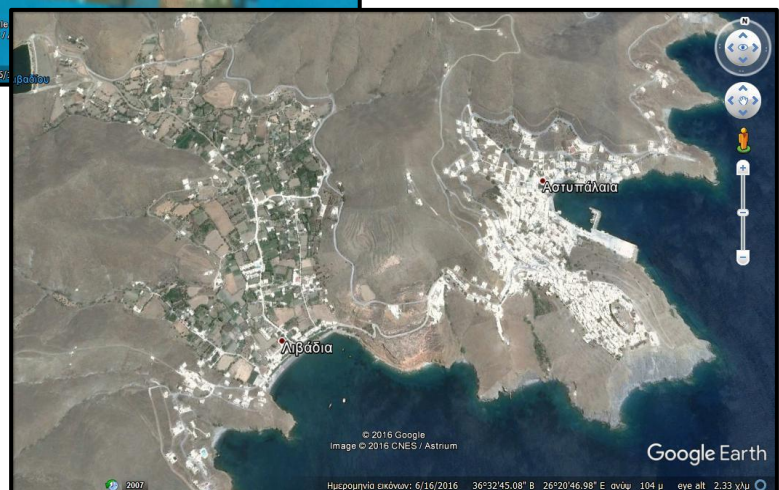
Άξιο αναφοράς είναι δυο σημεία που βρίσκονται λίγο δυτικότερα του αεροδρομίου, και στο οποίο περνά βασικός άξονας του οδικού δικτύου του νησιού. Στο μικρότερο σημείο, το οδικό δίκτυο της Αстуπάλαιας θα κοπή στα δύο με μια τιμή τυπικ 2 έως 5 μέτρα, η οποία θα έχει ως αποτέλεσμα το κύμα να περάσει πάνω από όλη τη χέρση, καλύπτοντας απόσταση 132 μέτρων (inundation). Στο δεύτερο σημείο για να συμβεί αυτό θα χρειαστεί μια τιμή τυπικ 5 έως 10 μέτρα, η οποία θα καλύψει μια απόσταση 499 μέτρων, χωρίζοντας το νησί στη μέση.



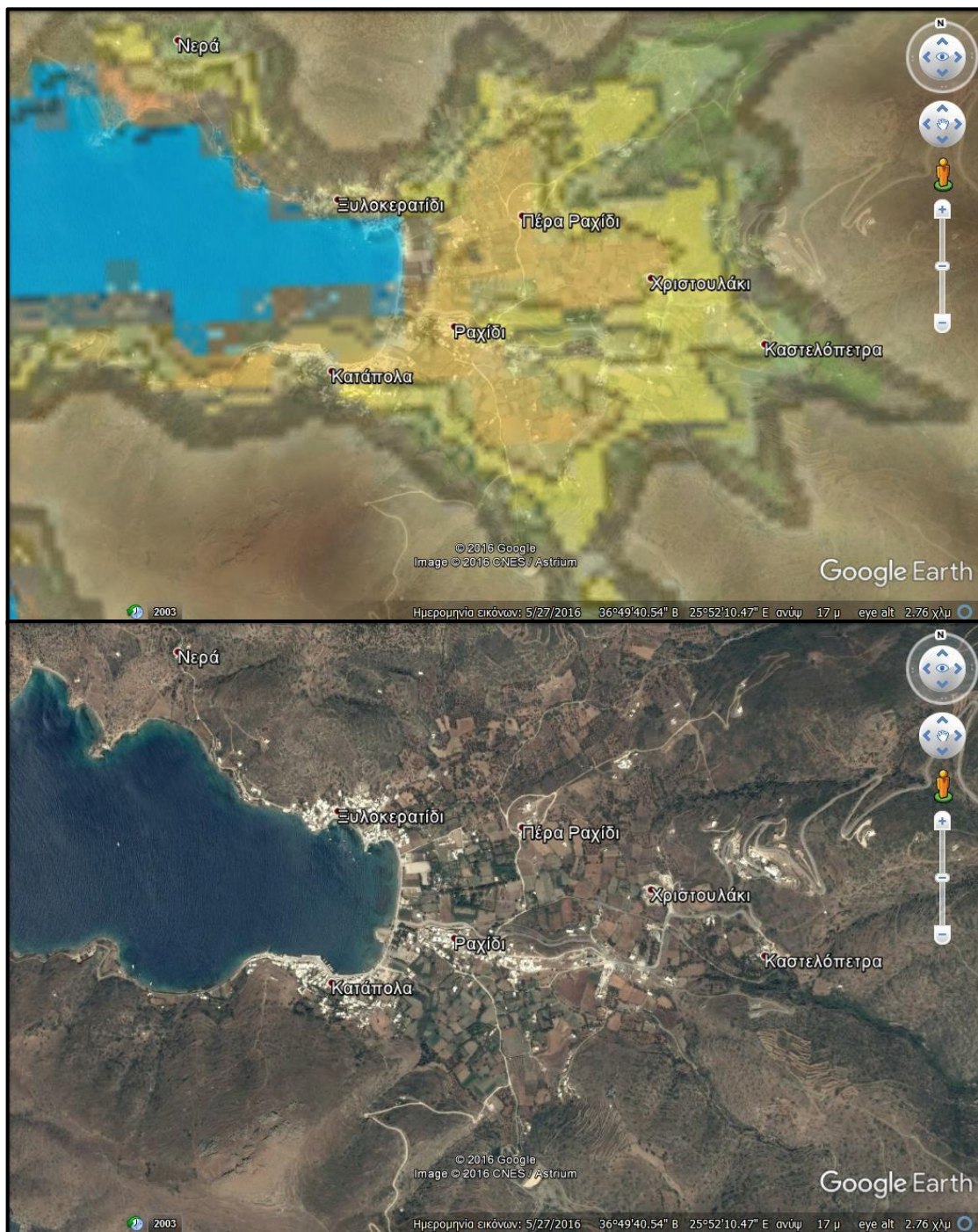
Εικόνα 19. Επικίνδυνα σημεία για το οδικό δίκτυο της Αстуπάλαιας



Εικόνα 20. Η οικιστική ζώνη (χώρα της Αстуπάλαιας) φαίνεται να επηρεάζεται λιγότερο απ ότι η περιοχή Λιβιάδια, στην οποία είναι Εμφανή η τουριστική ανάπτυξη.



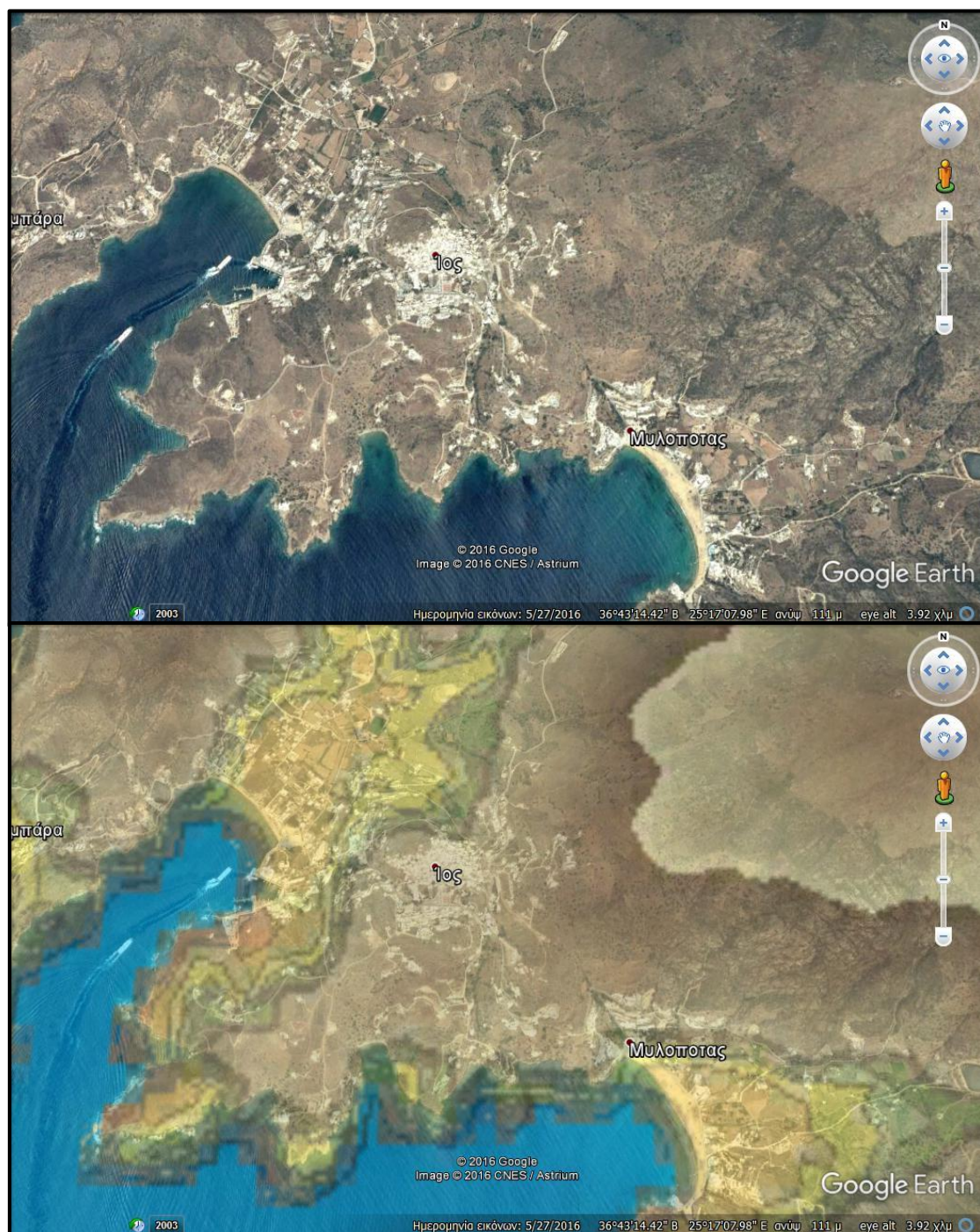
Στην βόρεια ακτή του νησιού της Αμοργού στο σημείο που φαίνεται ότι θα προκύψουν περισσότερες επιπτώσεις είναι στο χωριό Κατάπολα και στην ευρύτερη περιοχή γύρω από αυτό. Στο λιμάνι της περιοχής, επίσης είχαν προκύψει ζημιές το 1956, όπου το runup ήταν 1,5 μέτρα.



Εικόνα 21. Με τιμές runup έως 5 και έως 10 μέτρα, επηρεάζονται, παραλίες, λιμάνι, τουριστική και αστική ζώνη, γεωργικές εκτάσεις και οδικό δίκτυο.

Στην Ίο, η περιοχές που σύμφωνα με τα σενάρια, θα δεχθούν τις περισσότερες επιπτώσεις είναι τόσο το κύριο Λιμάνι του νησιού, όσο και περιοχή του Μυλοποτά, η οποία βρίσκεται σε κοντινή απόσταση, ανατολικότερα.

Το 1956, να υπενθυμίσουμε ότι στο νησί η θάλασσα έφτασε σε ύψος τα 3 μέτρα.



Εικόνα 22. Το νησί της Ίου συγκεντρώνει πολλές δραστηριότητες στην παράκτια ζώνη του. Λιμάνι, τουριστικές μονάδες, βασικό οδικό δίκτυο και μεγάλες παραλίες.



Εικόνα 23. Η ανάπτυξη των τουριστικών δραστηριοτήτων γύρω από το λιμάνι της Ίου είναι εντός των ζωνών 0 έως 2 μέτρα και 2 έως 5 μέτρα κυνυρ. Στον χώρο βρίσκεται εκτός του άλλων ένα οργανωμένο κάμπινγκ, μαγαζιά εστίασης σε απόσταση 2 μέτρων από την ακτογραμμή, καθώς και το βασικό οδικό δίκτυο που οδηγεί στην χώρα της Ίου.



Εικόνα 24. Ο Μυλοπότας είναι από τους πιο δημοφιλής τουριστικούς προορισμούς των Κυκλάδων, συνεπώς τους καλοκαιρινούς μήνες συγκεντρώνει μεγάλο αριθμό τουριστών. Διακρίνονται ξενοδοχειακές μονάδες, καταστήματα εστίασης, αθλητικές εγκαταστάσεις, νυχτερινά μαγαζιά και επιπλέον στο σημείο που βρίσκεται η στρογγυλή πισίνα, ξεκινά η έκταση ενός οργανωμένου κάμπινγκ. Σε περίπτωση Τσουνάμι όλη η βασική τουριστική περιοχή καλύπτεται από τιμές runup0 έως 2 μέτρα. Στις τιμές 2 έως 5 μέτρα θα πλημμυρίσει όλη η περιοχή του Μυλοπότα.

Το Άνω Κουφονήσι, έχει τον μεγαλύτερο αστικό ιστό από τα νησιά, Ηρακλεία, Σχοινούσα και Κουφονήσια. Σε συνδυασμό με τις ήπιες κλίσεις της παράκτιας ζώνης στο σημείο του λιμανιού του, και της ευρύτερης περιοχής της πόλης, παρουσιάζει μεγάλο ποσοστό επικινδυνότητας σε περίπτωση τσουνάμι.



Εικόνα 25. Στην ζώνη με τιμές runup 0 έως 2 συναντούνται βασικές λιμενικές εγκαταστάσεις, οικισμός, τουριστικές μονάδες, γεωργικές εκτάσεις και οδικό δίκτυο.

Συνοψίζοντας την εικόνα με τις επιπτώσεις ενός επερχόμενου τσουνάμι στην περιοχή μελέτης, συμπεραίνεται ότι αυτές μπορούν να χωριστούν σε τέσσερις βασικές κατηγορίες.

4.2.2.1. Επιπτώσεις σε κατοικημένες περιοχές

Οι πόλεις και τα χωριά τα οποία βρίσκονται σε άμεσο κίνδυνο, είναι κυρίως στα νησιά όπου η παράκτια ζώνη τους έχει ήπιες κλίσεις, ικανές να δώσουν ένα μεγάλο inundationακόμα και με ένα μικρό runup.

Για την Σαντορίνη, είναι οι εξής: Στα ανατολικά του νησιού, ο Παράδεισος, ο Όρμος Αρμένης, ο Κολούμπος, η Παναγιά Καλού, ο Έξω Γιαλός Θήρας, ο Έξω Γιαλός Καρτεράδου, ο Μονόλιθος, η Αγία Παρασκευή, τα Περιβόλια, το Καμάρι, η Περίσσα, ο Άγιος Γεώργιος και ο Εξωμύτης. Ενώ στα Δυτικά κίνδυνος μπορεί να παρουσιαστεί κίνδυνος στην κοινότητα της Αγίας Ειρήνης που βρίσκεται στην Θηρασιά.

Για την Αστυπάλαια, είναι οι εξής: το Έξω βαθύ, η Ανάληψη, η χώρα της Αστυπάλαιας και η περιοχή Λιβιάδια.

Για την Αμοργό, είναι οι εξής: τα Κατάπολα, το Ραχίδι και ο Όρμος Αιγιαλής.

Για την Ίο είναι το παράκτιο τμήμα της χώρας της Ίου όπως επίσης το ίδιο ισχύει και για τα Άνω Κουφονήσια.

Για την Φολέγανδρο κίνδυνος υπάρχει στην κατοικημένη περιοχή του Καραβοστάση.

Για την Σίκινο, είναι η Αλοπρόνοια, όπου βρίσκεται και το κεντρικό λιμάνι, του νησιού.

Τέλος, τα Κάτω Κουφονήσια, είναι πολύ αραιοκατοικημένα έτσι ώστε να αναφερθεί για αυτά κίνδυνος σε κατοικημένη περιοχή, η Ανάφη, δεν έχει κατοικημένη περιοχή στην παράκτια ζώνη της όπως επίσης και η Κέρος.

Για τις ακριβείς τοποθεσίες των περιοχών, ανατρέξτε στο παράρτημα.

4.2.2.2. Επιπτώσεις σε τουριστικές περιοχές

Όπως πολλές φορές έχει αναφερθεί στην παρούσα μελέτη, ο τουρισμός στις νότιες Κυκλάδες είναι σε τέτοιο βαθμό αναπτυσσόμενος που σχεδόν σε ολόκληρη την παράκτια ζώνη του νησιωτικού συμπλέγματος υπάρχει κίνδυνος για επιπτώσεις

στην ανθρώπινη ζωή και σε τουριστικές υποδομές, ιδιαίτερα τους καλοκαιρινούς μήνες.

Πολλά μεγάλα και μικρά ξενοδοχεία, τοπικές τουριστικές επιχειρήσεις καθώς 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, αλλά και σε ψυχολογικούς λόγους που επικαλούνται οι τουρίστες, οι οποίοι φοβούνται μια νέα καταστροφή. Επίσης, οι τιμές στις εναπομείναντες τουριστικές επιχειρήσεις αυξάνουν μετά το χτύπημα του Tsunami λόγω της πτώσης της τουριστικής κίνησης, αλλά και της παρουσίας μεγάλου αριθμού εθελοντικών οργανώσεων που εργάζονται για την αποκατάσταση της πληγείσας περιοχής(Channa Bambaradeniya, etall 2005)

Συγκεκριμένα στην περιοχή μελέτης, ο μεγαλύτερος κίνδυνος εμφανίζεται σε όλη την ανατολική παράκτια ζώνη της Σαντορίνης, σε όλο το κεντρικό τμήμα της Αστυπάλαιας, στις παραλίες νότια και βόρεια της Αμοργού.Στις παραλίες της Ίου και ειδικά στην περιοχή του Μυλοπότα όπου η τουριστικές εγκαταστάσεις είναι πολύ ανεπτυγμένες. Σε αυτές τις περιοχές, ανεξέλεγκτα θα έλεγε κανείς, ότι κυριολεκτικά τουριστικές υποδομές, όπως εστιατόρια, club, αθλητικές εγκαταστάσεις, πρόχειρα καταλύματα κτλ έχουν αναγερθεί επάνω στην ακτογραμμή και πολλές φορές εισχωρούν και στο θαλάσσιο κομμάτι της παράκτιας ζώνης. Στις παραλίες γύρω από τα νησιά της Ανάφης, της Φολέγανδου, της Σίκινου, της Ηρακλειάς, και τέλος στις παραλίες στην βόρεια πλευρά στο Κάτω Κουφονήσι και στη νότια πλευρά στο Άνω Κουφονήσι, αν και δεν παρατηρείται σημαντική οικοδομική τουριστική ανάπτυξη, το καλοκαίρι συγκεντρώνει μεγάλο αριθμό λουόμενων, αυξάνοντας έτσι τον κίνδυνο τραυματισμών και απώλειας ζωών.

4.2.2.3. Επιπτώσεις στις βιομηχανικές, εμπορικές και μεταφορικές ζώνες

Το κομμάτι της βιομηχανίας στις νότιες Κυκλάδες απουσιάζει, συνεπώς αυτή η κατηγορία αναφέρετε σε επιπτώσεις που θα ήταν δυνατό να προκύψουν σε εγκαταστάσεις ρεύματος, εγκαταστάσεις δεξαμενών νερού, αφαλάτωσης, σε αεροδρόμια, λιμάνια και οδικό δίκτυο.

Το αεροδρόμιο της Σαντορίνης είναι τόσο κοντά στην ακτογραμμή, έτσι ώστε σε περίπτωση τσουνάμι με τιμή $runup > 5$ μέτρων το νερό θα φτάσει μέχρι τους αεροδιάδρομους.



Εικόνα 26. Περιοχή αεροδρομίου Σαντορίνης. Εντός της ζώνης με τιμές 2 έως 5 μέτρα $runup$, είναι βασικές εγκαταστάσεις του αεροδρομίου.

Στην Σαντορίνη εντός των ζωνών κινδύνου πλημμύρας από τσουνάμι βρίσκεται και η ηλεκτρική μονάδα του νησιού.

Στην περιοχή Μονόλιθος, στην βόρεια πλευρά του αεροδρομίου και λίγα μόλις μέτρα από την θάλασσα, είναι η είσοδος της μονάδας που παρέχει όλο το ηλεκτρικό ρεύμα στο νησί. Αμέσως γίνεται κατανοητό, τι επιπτώσεις μπορεί να έχει μια πλημμύρα εντός του χώρου αυτού, η οποία μπορεί να προκύψει με αρκετά χαμηλές τιμές $runup$ της τάξης των 0-5 μέτρων.



Εικόνα 27. Η ηλεκτρική μονάδα του νησιού είναι σε μικρή απόσταση από την εκτεθειμένη σε τσουνάμι ανατολική πλευρά της Σαντορίνης



Άλλες επιπτώσεις που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία, αφορούν τόσο το αεροδρόμιο της Αστυπάλαιας όσο και το οδικό δίκτυο της, για το οποίο έγινε αναφορά παραπάνω, και όλα τα λιμάνια των νησιών της περιοχής μελέτη πλην αυτού της Σαντορίνης καθώς θεωρείται προστατευμένο λόγω του ότι βρίσκεται στο εσωτερικό της Καλντέρας.

4.2.2.4. Επιπτώσεις σε γεωργικές περιοχές.

Η Σαντορίνη αντιμετωπίζει το μεγαλύτερο πρόβλημα σε αυτή την κατηγορία καθώς οι ήπιες κλήσεις στην παράκτια ζώνη επιτρέπουν στο κύμα να εισχωρήσει αρκετά στη χέρση και να φτάσει σε περιοχές με εκτεταμένες γεωργικές χρήσεις και καλλιέργειες. Ιδιαίτερα στο βόρειο τμήμα του νησιού όπου η παράκτια ζώνη χρησιμοποιείται περισσότερο για γεωργία και κτηνοτροφία παρά για τουριστική χρήση. Κατά την επέλαση του κύματος τα αρδευτικά κανάλια καθώς και οι τάφροι περισυλλογής νερού για πότισμα των καλλιεργειών μπορούν να πλημμυρίσουν με θαλασσινό νερό, το οποίο μεταφέρει μεγάλες ποσότητες άμμου και απορριμμάτων και σε συνδυασμό με την αύξηση της αλατότητας μπορεί οι καλλιέργειες να μολυνθούν ή και να καταστραφούν ολοσχερώς (Wetlands International, Indonesia Programme, 2004). Σε περιπτώσεις εκτάσεων που η παραγωγή δεν θα υποστεί ολοκληρωτική καταστροφή και ενδεχομένως θα μπορούσαν αυτές να καλλιεργηθούν, οι αγρότες δεν θα μπορέσουν να προχωρήσουν στην εκμετάλλευσή τους, διότι η παρουσία αυξημένων ποσοτήτων αποβλήτων και αυξημένων ποσοστών αλατότητας θα επηρεάσει μελλοντικά την ανάπτυξη των καλλιεργειών (Bambaradeniya et al., 2005).

Τα νησιά της Φολέγανδρου, Σίκινου, Αμοργού και Ανάφης λόγω μεγάλων κλήσεων στις ακτογραμμές τους δεν φαίνεται να έχουν πρόβλημα σε αυτού του είδους επιπτώσεις.

4.3 Επιπτώσεις από συνδυασμό φαινομένων

Η αιτία για ένα τσουνάμι στην περιοχή μελέτης, είναι η υποθαλάσσια κατολίσθηση που μπορεί να προκύψει στα σημεία του πυθμένα με απότομες κλήσεις, μετά από ένα μεγάλο σεισμό μεγέθους ≥ 7 βαθμών.

Ένα σεισμός τόσο μεγάλου μεγέθους είναι λογικό να δημιουργήσει ήδη μεγάλες ζημιές σε ιδιωτικές, δημόσιες, τουριστικές και μη, υποδομές.

Αν για παράδειγμα ένα παραθαλάσσιο κτήριο υποστεί μεγάλες ζημιές από τον σεισμό, χωρίς όμως να καταρρεύσει, κάλλιστα με την ένταση και το μέγεθος του κύματος που θα το χτυπήσει στην συνέχεια μπορεί να γκρεμιστεί.

Παρόμοιες περιπτώσεις είχαν προκύψει στο πρόσφατο μεγάλο τσουνάμι του 2011 στην Ιαπωνία, στο οποίο πολλές κατασκευές υπέστησαν ζημιές και στην συνέχεια με το τσουνάμι ισοπεδώθηκαν.

Επιπλέον σε δίκτυα ρεύματος, ή πρατήρια καυσίμων, από την σεισμική δόνηση πιθανόν να προκριθούν πυρκαγιές η οποίες να επιβαρύνουν ακόμα περισσότερα την αντίδραση στο επερχόμενο τσουνάμι.

Παράδειγμα συνδυασμού καταστροφικών φαινομένων αποτελεί και το γεγονός που συνέβη το Μάρτιο του 2011 στην περιοχή Τοχokuστο νησί Honshu, της Ιαπωνίας, όπου τα καταστροφικά αποτελέσματα προήλθαν από συνδυασμό μέγα-σεισμού (MW:9), το οποίο ακολουθήθηκε από τσουνάμι που έπληξε ένα μεγάλο μέρος της ανατολικής παράκτιας περιοχής, το οποίο με τη σειρά του προκάλεσε μια τεχνολογική και κατ επέκταση περιβαλλοντική καταστροφή.

Η εκτίμηση του κινδύνου για τέτοιου είδους καταστροφικούς συνδυασμούς φαινομένων είναι πολύ δύσκολη καθώς τα προβλήματα ρύπων, λόγω των τεχνολογικών καταστροφών επεκτείνονται σε υδρόσφαιρα, ατμόσφαιρα και βιόσφαιρα σε όλα τα εμπλεκόμενα στην περιοχή περιβάλλοντα, όπως για παράδειγμα σε αστικά, σε υγροτόπους έως και στην ανοιχτή θάλασσα (Andreadakis E. et al., 2012).

5. Προτάσεις πρόληψης και ένταξης του πιθανού κινδύνου στην Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης

5.1 Γιατί η αναγκαιότητα για μέτρα πρόληψης

Καμία περιοχή ή χώρα εξαιρείται των φυσικών καταστροφών, και καμία χώρα δεν μπορεί να αποτρέψει την εμφάνισή τους. Αλλά όλοι μπορούν να προετοιμαστούν με την εκμάθηση όσο το δυνατόν περισσότερο πληροφοριών για τους κινδύνους και τις συνέπειες των καταστροφικών γεγονότων, καθώς και να λάβουν μέτρα πρόληψης και να προβούν σε λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων για την καλύτερη διαχείρισή τους.

Η περιοχή μελέτης αδιαμφισβήτητα αποτελεί μια από τις τρεις βασικές περιοχές στον Ελληνικό χώρο, ύποπτες για εκδήλωση τσουνάμι (B Καραμπάς et al., 2008).

Μετά τα αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια κρίνεται αναγκαίο για την ασφάλεια των κατοίκων και των επισκεπτών της παράκτιας ζώνης, να ληφθούν κάποια μέτρα για την πρόληψη και συνεπώς την προστασία τους. Η διαδικασία του σχεδιασμού μέτρων πρόληψης και προστασίας είναι εδραίος αναπτυγμένη και ήδη εφαρμόσιμη σε χώρες που πλήγονται συχνά από τέτοια φαινόμενα. Ιδιαίτερα στην Ιαπωνία τα επίπεδα σχεδιασμού ανταπόκρισης στον κίνδυνο από τσουνάμι και τήρησης προληπτικών μέτρων για αυτά, είναι τόσο υψηλά που αποτελούν μέρος της καθημερινότητας των κατοίκων.

Πρόσφατα, και μετά το μεγάλο τσουνάμι του 2011 στην Ιαπωνία, η παγκόσμια Τράπεζα σε μια εκτεταμένη έρευνα, συγκέντρωσε και παρουσίασε τις στρατηγικές που είχαν ήδη εφαρμοστεί πριν από το πολύ-θανατηφόρο γεγονός, καθώς και ποιες από αυτές είτε χρειάζονταν βελτίωση, είτε λειτούργησαν αποτελεσματικά.

Οι στρατηγικές αυτές, χωρίζονται σε 7 βασικές κατηγορίες: τα διορθωτικά μέτρα, τα οποία αναφέρονται κυρίως σε κατασκευαστικά δομικά μέτρα, τα μη δομικά μέτρα, τα μέτρα έκτακτης ανάγκης και ανταπόκρισης, τα μέτρα σχεδιασμού ανασυγκρότησης, μέτρα πληροφόρησης κινδύνου, μέτρα οικονομικής ανάκτησης

μετά την καταστροφή καθώς και μέτρα μετεγκατάστασης (Ranghieri&Ishiwatari, 2014).

Όλες οι προαναφερθείσες στρατηγικές λήψεων μέτρων στην Ιαπωνία, καλούνται να διασφαλίσουν την ζωή των ανθρώπων στην παράκτια ζώνη και παράλληλα να καλύψουν όσο το δυνατό καλύτερα τα προβλήματα που θα δημιουργηθούν μετά την ενδεχόμενη καταστροφή από ένα τσουνάμι.

Στην περιοχή μελέτης, το μέγεθος ενός τσουνάμι αλλά και η συχνότητα εμφάνισης του αντίστοιχα μπορεί να μην είναι συγκρίσιμη με αυτών της Ιαπωνίας, είναι όμως ικανότατη στο να διαταράξει ανά πάσα στιγμή, την ασφάλεια της παράκτιας ζώνης και κατ επέκταση των κατοίκων της και των δραστηριοτήτων που αυτοί αναπτύσσουν εκεί.

Πολλά από τα εφαρμόσιμα στην Ιαπωνία μέτρα, θα μπορούσαν να συνθέσουν ένα πακέτο μέτρων πρόληψης και προστασίας για τις Νότιες Κυκλάδες. Αν και η μορφολογία και τα κοινωνικά και οικονομικά χαρακτηριστικά αρκετών νησιών στην περιοχή μελέτης δεν συμβαδίζουν με αυτών των παράκτιων ζωνών της Ιαπωνίας - για παράδειγμα το νησί της Ανάφης θα μπορούσε να πει κανείς ότι είναι φυσικά προστατευμένο έχοντας σχεδόν στο 95% της ακτογραμμής του μεγάλες υψομετρικές κλήσεις σχηματίζοντας έτσι ένα φυσικό τσουναμότοιχο – σε αρκετές περιοχές, όπως στη ανατολική πλευρά της Σαντορίνης, πολλά από τα μέτρα αυτά βρίσκουν πεδίο εφαρμογής.

5.2 Προτεινόμενα μέτρα πρόληψης κινδύνου τσουνάμι για την περιοχή μελέτης

Ο σχεδιασμός μέτρων πρόληψης προϋποθέτει την συνεργασία όλων των εμπλεκόμενων που σχετίζονται με την εκτεθειμένη στον κίνδυνο παράκτια περιοχή και απαιτεί συνεργασία και οργάνωση από το κρατικό επίπεδο, μέχρι την τοπική διοίκηση, τους φορείς αλλά και την κοινωνία.

Ο ρόλος της τοπικής κοινωνίας

Η άμεσα ενδιαφερόμενη τοπική κοινωνία παίζει ίσως τον σημαντικότερο ρόλο στην υλοποίηση των μέτρων. Η Ιαπωνία, ως η χώρα με την μεγαλύτερη εμπειρία στην

προετοιμασία για την αντιμετώπιση κινδύνου τσουνάμι, στηρίζεται ιδιαίτερα στη συμμετοχή της κοινωνίας για την ελαχιστοποίηση των θυμάτων (Ranghieri&Ishiwatari, 2014).

Η τοπική κοινωνία των νοτίων Κυκλάδων, όπως και κάθε κάτοικος της Ελλάδας, είναι εξοικειωμένη με το φαινόμενο του σεισμού, όμως καθόλου με αυτό του τσουνάμι. Δεν διαθέτει βασικές γνώσεις για πρώτη αντίδραση, και δεν έχει δοκιμαστεί ποτέ (τουλάχιστον οι νεότερες γενιές) σε κάτι αντίστοιχο. Αυτό καθιστά ακόμα μεγαλύτερη την αναγκαιότητα ετοιμότητας με ένα πλάνο για την άμεση αντίδραση στο φαινόμενο, στηριζόμενο:

- ✓ στη συνεχή εκπαίδευση
- ✓ στη δημιουργία τοπικών χαρτών κινδύνου
- ✓ στη δημιουργία διαδρομών διαφυγής
- ✓ στην εύρεση κατάλληλων σημείων για χρήση τους ως καταφύγια
- ✓ στις ασκήσεις ετοιμότητας

Επιπλέον θα πρέπει, σε συνεργασία με τους κρατικούς και τοπικούς φορείς, να διευθετηθούν οι χρήσεις γης, ιδιαίτερα κοντά στις πιο επικίνδυνες ζώνες και αν αυτό κριθεί αναγκαίο να τεθούν διαδικασίες μετατόπισης αυτών.

Παράδειγμα, το εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας της Σαντορίνης, το οποίο και τροφοδοτεί όλο το νησί με ρεύμα, είναι στη ζώνη 2 έως 5 μέτρων runup, σε σημείο στην ακτογραμμή παράλληλα και πολύ κοντά τοποθετημένο σε ένα από τα πιο επιρρεπή σημεία υποθαλάσσιας κατολίσθησης και κατ' επέκταση τσουναμογένεσης. Σε περίπτωση που αυτό πληγεί, πολύ πιθανό να προκληθούν ζημιές στις εγκαταστάσεις και να υπάρξει απώλεια ρεύματος, κάτι που θα επιβάρυνε πάρα πολύ το ήδη πληγείσα από σεισμό και τσουνάμι, νησί.

Τέλος, σημαντική είναι και η διαδικασία προειδοποίησης που θα εκκινήσει η κοινωνία, ενημερώνοντας σε πρώτο χρόνο την έλευση ενός τσουνάμι.

Τα προτεινόμενα μέτρα πρόληψης για την αντιμετώπιση κινδύνου τσουνάμι, ταξινομούνται παρακάτω σε δύο βασικές κατηγορίες, τα δομικά μέτρα πρόληψης τα οποία αφορούν όλες τις κατασκευές ή τις οδηγίες κατασκευών που μπορούν να ελαχιστοποιήσουν τον κίνδυνο και τα μη δομικά μέτρα τα οποία αφορούν όλα τα υπόλοιπα μέτρα προγραμματισμού, οργάνωσης και προειδοποίησης.

5.2.1. Δομικά μέτρα

Έχοντας πάντα, ως πρότυπο και κατά κάποιο τρόπο οδηγό, την ήδη ανεπτυγμένη Ιαπωνική δόμηση που αποσκοπεί στην προστασία από τσουνάμι, αλλά στηριζόμενη ταυτόχρονα στα Ελληνικά χαρακτηριστικά και δυνατότητες της περιοχής προτείνονται τα εξής δομικά μέτρα:

α) **Παράκτιες κατασκευές** όπως κυματοθραύστες, στα σημεία που υπάρχουν λιμενικές εγκαταστάσεις και μικρές μαρίνες. Στα σημεία όπου υπάρχουν παραλίες λουομένων θα μπορούσαν να κατασκευαστούν μικρότεροι κυματοθραύστες έτσι ώστε να μην επηρεάσουν την καλαισθησία της περιοχής και να αναλώσουν την τουριστική της αξία. Σε μικρές και μέσες τιμές *runup*, ένας κυματοθραύστης θα μπορούσε να μειώσει την ένταση και την δύναμη των κυμάτων τσουνάμι, περιορίζοντας έτσι τις επιπτώσεις στην ακτογραμμή. Παράκτιες κατασκευές τύπου τσουναμότοιχοι, αναχώματα και άλλες δομές όπως πύλες (π.χ. περιοχή Fudai, Ιαπωνία) δύσκολα θα εφαρμοστούν στην περιοχή των Κυκλάδων καθώς θα αλλοιώσουν την τουριστική εικόνα των νησιών.

β) **Δασικές ζώνες πρασίνου** κατά μήκος της ακτογραμμής. Οι λεγόμενες Green Zones, είναι μία κατασκευή από φυσικά υλικά (δέντρα), η οποία είναι ευρέως ανεπτυγμένη ήδη στις περιοχές όπου κινδυνεύουν από κύματα τσουνάμι. Ταυτόχρονα παρέχει προστασία και από άλλες φυσικές καταστροφές όπως αμμοθύελλες και ισχυρούς ανέμους (Ranghieri&Ishiwatari, 2014). Στην ουσία είναι μια σειρά δέντρων με πυκνή διάταξη φύτευσης η οποία συνεπάγει την δημιουργία ενός φυσικού φράγματος από κορμούς που τελικός θα απορροφήσει αρκετή ενέργεια κύματος κατά την άφιξη του κύματος και θα συγκρατήσει παρασυρόμενα υλικά και ανθρώπους κατά την αποχώρηση του κύματος.



Εικόνα 28. GreenZoneστηνπόληHachinohe, Ιαπωνία (πηγή: Forest Agency)

Στην περιοχή μελέτης διαπιστώθηκε ότι το μέτρο αυτό, θα εξυπηρετούσε από πολλές απόψεις καθώς, θα προστατέψει την παράκτια ζώνη από κύματα τσουνάμι με φυσικό τρόπο και σίγουρα περιβαλλοντικό, θα συμβάλει στην ομορφιά του τοπίου των νησιών, θα προσφέρει σκιερό μέρος κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και θα έχει θετικό αντίκτυπο στον τοπικό τουρισμό, που είναι τόσο σημαντικός σε αυτές τις περιοχές.

Ήδη σε αρκετά σημεία, όπως για παράδειγμα στο νησί της Αστυπάλαιας, στην περιοχή Λιβάδι, υπάρχει η «βάση» για την δημιουργία δασικής ζώνης καθώς κατά μήκος των παραλιακών δρόμων στοιχίζονται δέντρα.



Εικόνα 29. Στοιχίση δέντρων κατά μήκος της ακτογραμμής στο Λιβάδι, Αστυπάλαιας

γ) **Παρεμβάσεις στο οδικό δίκτυο** σε σημεία που διατρέχουν άμεσο κίνδυνο. Για παράδειγμα στο νησί της Αστυπάλαιας, σε δύο σημεία στο κέντρο του νησιού η χέρση παρουσιάζει χαμηλό υψόμετρο και πολύ μικρό πλάτος με αποτέλεσμα σε χαμηλές και μέσες τιμές κυμα να αποκόπτει το βασικό οδικό δίκτυο του νησιού στα δύο. Σε τέτοιες περιπτώσεις προτείνεται η ανύψωση του οδικού δικτύου με γέφυρες. Ένα τέτοιο έργο, χρειάζεται ειδικές μελέτες και συνεργασία ενός δικτύου επιστημόνων καθώς εκτός από τον αντισεισμικό και ανθεκτικό στα τσουνάμι μηχανισμό κατασκευής θα πρέπει το έργο να ενταχθεί στο φυσικό τοπίο,

διατηρώντας το φυσικό κάλλος της περιοχής και με τέτοιο τρόπο ώστε να διασφαλίζεται το οικοσύστημα αλλά και η πολιτιστική κληρονομιά.

δήγησε σε σχετικά περιορισμένες ζημιές σε κατασκευές, που προκαλείται από το τρόμο, αλλά εκτεταμένη βλάβη προκλήθηκε από τους δημιουργούνται κύματα τσουνάμι που ακολούθησε. Με βάση τις ανωτέρω αναφερθείσες παρατηρήσεις προκαταρκτική πεδίο, μπορούν να συναχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Οι μηχανικής κτιρίων από οπλισμένο σκυρόδεμα συμπεριφέρθηκαν πολύ καλά στο τσουνάμι, που υποφέρουν μόνο, σε ορισμένες περιπτώσεις, δευτερεύουσες αποτυχίες σε κατασκευασμένα στοιχεία (στήλες) που προκύπτει από το τσουνάμι που εμπλέκονται επιπτώσεις από αντικείμενα. (Lekkas E. et all, 2012).

δ) **Σκάλες διαφυγής σε παραλίες** που βρίσκονται «εγκλωβισμένες» ανάμεσα σε απότομες και ψηλές ακτογραμμές. Μπορεί αρκετά από τα νησιά των νοτίων Κυκλάδων να είναι φυσικά προστατευμένα καθώς έχουν αρκετό υψόμετρο οι ακτογραμμές τους, όμως δεν παύει να υπάρχει κίνδυνος για τις παραλίες τους, οι οποίες το καλοκαίρι «φιλοξενούν» αρκετούς ανθρώπους για τις περισσότερες ώρες της ημέρας. Για παράδειγμα στην νότια πλευρά της Αμοργού, όπου και βάση των στοιχείων που αναπτύχθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, το 1956 δέχθηκε τις μεγαλύτερες τιμές runup, υπάρχουν αρκετές πολυσύχναστες παραλίες με δύσκολη πρόσβαση, οι οποίες σε έκτακτη εκκένωση θα δημιουργήσουν σοβαρό πρόβλημα.

ε) Πολύ σημαντικές είναι οι **κατευθυντήριες γραμμές για τον σχεδιασμό και την κατασκευή, παράκτιων οικοδομημάτων** όπου τόσο αυτοί καθ' αυτοί πρέπει να είναι μεγάλης αντοχής στην πίεση του νερού, όσο και να μελετηθεί η πιθανή προσθήκη δομικώνσυμπληρώσεων σε ήδη υπάρχοντα κτήρια. Για παράδειγμα, σκάλες διαφυγής προς τον τελευταίο όροφο κτηρίων που βρίσκονται στην επικίνδυνη ζώνη, όπως σε σχολεία, δημαρχεία, λιμεναρχεία και εργοστάσια. Αξίζει να επισημανθεί ότι το μέγεθος της καταστροφής εξαρτάται από την ηλικία των κατασκευών, καθώς και την ποιότητα των υλικών κατασκευής τους (Keatingetal, 2004).

Το ιδανικό κτίριο που μπορεί να αντεπεξέλθει στα κύματα τσουνάμι βασίζεται και σε άλλες πολλές διαφορετικές πτυχές. Αυτές περιλαμβάνουν: Τοποθεσία. Εάν είναι δυνατόν, τα κτίρια θα πρέπει να διατηρούνται όσο πιο πίσω από την ακτή όσο το δυνατόν. Κτίρια σε κανάλια ή όρμους θέλουν ιδιαίτερη

προσοχή, δεδομένου ότι αυτά τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά μπορούν να διοχετεύσουν το νερό και να αυξήσουν τη δύναμή του. Τα γεω-χαρακτηριστικά της περιοχής. Ανώμαλο συμπαγές έδαφος μειώνει την ορμή των κυμάτων και επιβραδύνει το φαινόμενο. Ως εκ τούτου, θα πρέπει να επιτρέπεται η βλάστηση να αναπτυχθεί ελεύθερα - η μαγκρόβια βλάστηση είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στην εξουδετέρωση και την δύναμη των κυμάτων τσουνάμι.

Υλικά. Αν και το ξύλο είναι ένα προτιμώμενο υλικό για την κατασκευή αντισεισμικών κτιρίων, είναι ίσως η χειρότερη επιλογή στα κύματα τσουνάμι, δεδομένου ότι είναι εύκολο να ξεριζωθεί και μπορεί να προκαλέσει περαιτέρω ζημιά σε άλλα κτίρια. Ενισχυμένος χάλυβας σε συνδυασμό με σκυρόδεμα είναι μια καλύτερη επιλογή.

Υψόμετρο. Με ψηλότερο όροφο, το οποίο επιτρέπει στο νερό να κινηθεί κάτω από το κτίριο, καθώς και γύρω από αυτό είναι δυνατόν να μειωθεί σημαντικά η επίδραση του τσουνάμι.

Τοποθέτηση. Εάν είναι δυνατόν, το κτίριο θα πρέπει να είναι πλάι στην ακτογραμμή, έτσι ώστε οποιαδήποτε κύμα πλησιάζει θα το επηρεάσει λιγότερο. Ως κανόνα, τα διαγώνια κτίρια είναι ιδανικά. Φυσικά, όλα αυτά τα μέτρα δεν μπορεί να εγγυηθούν ότι κάθε κτίριο θα αντέξει την τεράστια και συντριπτική δύναμη της φύσης. Ωστόσο, ακολουθώντας αυτές τις κατευθυντήριες γραμμές θα διασφαλιστεί η ακεραιότητα των κτηρίων σε ένα μεγάλο εύρος τιμών δυναμικότητας τσουνάμι.

Βλάβες στις δομές μπορεί να παρατηρηθούν σε όλα τα συστήματα μεταφοράς, συμπεριλαμβανομένου των λιμένων, αυτοκινητόδρομων, αεροδρομίων και υπόστεγων. Όμως σε μια νησιωτική περιοχή, όπως η περιοχή μελέτης, οι δομές στα λιμάνια είναι αυτές που πλήττονται περισσότερο κατά την διάρκεια ενός τσουνάμι, με αποτέλεσμα να διαταραχθεί σε μεγάλο βαθμό, τόσο η διαδικασία έρευνας και διάσωσης σε πρώτο χρόνο όσο και η ζωή των κατοίκων στην συνέχεια (Durgesh C. Rai et al., 2006).

5.2.2. Μη δομικά μέτρα

Τα μη δομικά μέτρα πρόληψης του κινδύνου, λειτουργούν αποδοτικότερα όσο καλύτερη οργάνωση υπάρχει μεταξύ των φορέων και των κατοίκων που τα εφαρμόζουν. Στις Κυκλάδες, και κατ'επέκταση στην Ελλάδα υπάρχει δυνατότητα να εφαρμοστούν πολλά τέτοιου είδους μέτρα, τα οποία θα μειώσουν σε μεγάλο βαθμό τις επιπτώσεις. Τα μέτρα αυτά είναι τα εξής:

α) Μέτρα που αφορούν την **προειδοποίηση και πληροφόρηση** του κινδύνου. Προγράμματα ανίχνευσης τσουνάμι, συστήματα προειδοποίησης και συναγερμοί, συστήματα διάδοσης προειδοποίησης, συμμετοχή κοινωνικών μέσων προειδοποίησης και ενημέρωσης (π.χ. κοινωνικά μέσα δικτύωσης).

Η ερευνητική και τεχνολογική πρόοδος που επετεύχθη στα θέματα των Tsunami κατά την τελευταία 15ετία στην Ελλάδα υπήρξε εξαιρετικά σημαντική χάρη στις συνεχείς προσπάθειες του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου και λόγω της συμμετοχής στα προγράμματα GITEC και GITEC - TWO αλλά και στη συνεχή δεκαετή συνεργασία με το Πανεπιστήμιο του Τοχoku, Ιαπωνία, που πρωτοπορεί διεθνώς στα θέματα αυτά. Οι βάσεις μπήκαν όταν δημιουργήθηκε και λειτούργησε το ενόργανο σύστημα GITEC παρακολούθησης των Tsunami, και αναπτύχθηκαν μέθοδοι για τον μικροζωνικό καθορισμό του τρόπου κατανομής του κινδύνου από Tsunami στις ακτογραμμές το οποίο και ήδη εφαρμόζεται με επιτυχία στο νησί της Ρόδου. Εκτός από την Ρόδο παλιρροιογράφοι έχουν τοποθετηθεί στην Κρήτη αλλά και στην περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας, συγκεκριμένα στην Σαντορίνη.



Εικόνα 30. Παλιρροιογράφοι στο νησί της Ρόδου, της Κρήτης και της Σαντορίνης αντίστοιχα, που συμμετέχουν στο πρόγραμμα GITEC παρακολούθησης των Tsunami. (πηγή: Googlesearch)

Η επέκταση του δικτύου παλιρροιογράφων στην περιοχή των νοτίων Κυκλάδων κρίνεται απαραίτητη καθώς αποτελεί περιοχή υψηλού κινδύνου.

β) Μέτρα για την **χαρτογράφηση της επικινδυνότητας**. Ερευνητικές μελέτες για τον όσο πιο ακριβή υπολογισμών των επικίνδυνων να πληγούν από τσουνάμι παράκτιων περιοχών. Παράδειγμα αποτελεί η παρούσα εργασία, η οποία αποτελεί μια πρώτη προσπάθεια χαρτογράφησης της επικινδυνότητας τσουνάμι για την περιοχή των νοτίων Κυκλάδων.

γ) Μέτρα για τον **προγραμματισμό εκκένωσης**. Χαρτογράφηση περιοχών, δημιουργία χαρτών εκκένωσης, και συνεχούς ενημέρωσης αυτών καθώς μιλάμε για νησιωτικές περιοχές με συνεχόμενη αυξανόμενη δόμηση λόγω αύξησης τουρισμού. Χάραξη διαδρομών εκκένωσης και αποτύπωσης τους σε εμφανή κεντρικά σημεία πολυσύχναστων περιοχών. Δημιουργία καταφυγίων και συντήρησή τους.

δ) **Εκπαιδευτικά μέτρα**. Εκμάθηση αναγνώρισης των χαρακτηριστικών ενός τσουνάμι, ιδιαίτερα στις τοπικές κοινωνίες των νησιών. Ανάδειξη και αξιολόγηση του πραγματικού κινδύνου, παρουσιάζοντας τον με σαφήνεια, χωρίς να δοθεί η αίσθηση τρομοκρατίας.

Προτείνεται η τακτική εκπαίδευση σε σχολεία, χώρους εργασίας όπως ξενοδοχεία, σε δημόσια κτήρια και τοπικές αρχές άμεσου ενδιαφέροντος όπως η αστυνομία, η πυροσβεστική και το λιμενικό. Παράλληλα, προτείνονται ασκήσεις ετοιμότητας και δοκιμές του μηχανισμού συντονισμού.

ε) Η **τοποθέτηση σήμανσης** είναι ίσως από τα πιο σημαντικά μέτρα πρόληψης καθώς ενημερώνει και κρατά σε εγρήγορση τόσο την τοπική κοινωνία όσο και τους επισκέπτες στην περιοχή. Η τοποθέτηση σήμανσης, εισάγει στον αναγνώστη το συναίσθημα της προσοχής και ταυτόχρονα την γνώση πως αυτός θα πρέπει να αντιδράσει άμεσα. Η σήμανση πρέπει να τοποθετηθεί στις κατοικημένες περιοχές αλλά και στις τουριστικές περιοχές, όπως σε παραλίες λουόμενων.

Δυστυχώς ούτε στις Κυκλάδες, αλλά ούτε σε κάποιο άλλο μέρος στην χώρα μας δεν έχει τοποθετηθεί ανάλογη σήμανση προειδοποίησης κινδύνου τσουνάμι.

Συνήθως στην σήμανση προειδοποίησης κινδύνου τσουνάμι, καλό είναι να συμπεριλαμβάνεται και ένας απλοποιημένος χάρτης πιθανής διαδρομής που θα πρέπει να ακολουθηθεί κατά της διαφυγή.



Εικόνα 31. Σήμανση κινδύνου τσουνάμι σε διάφορες χώρες (πηγή: Googlesearch)



Εικόνα 32. Απλοποιημένη χάρτες διαφυγής σε περίπτωση κινδύνου (πηγή:

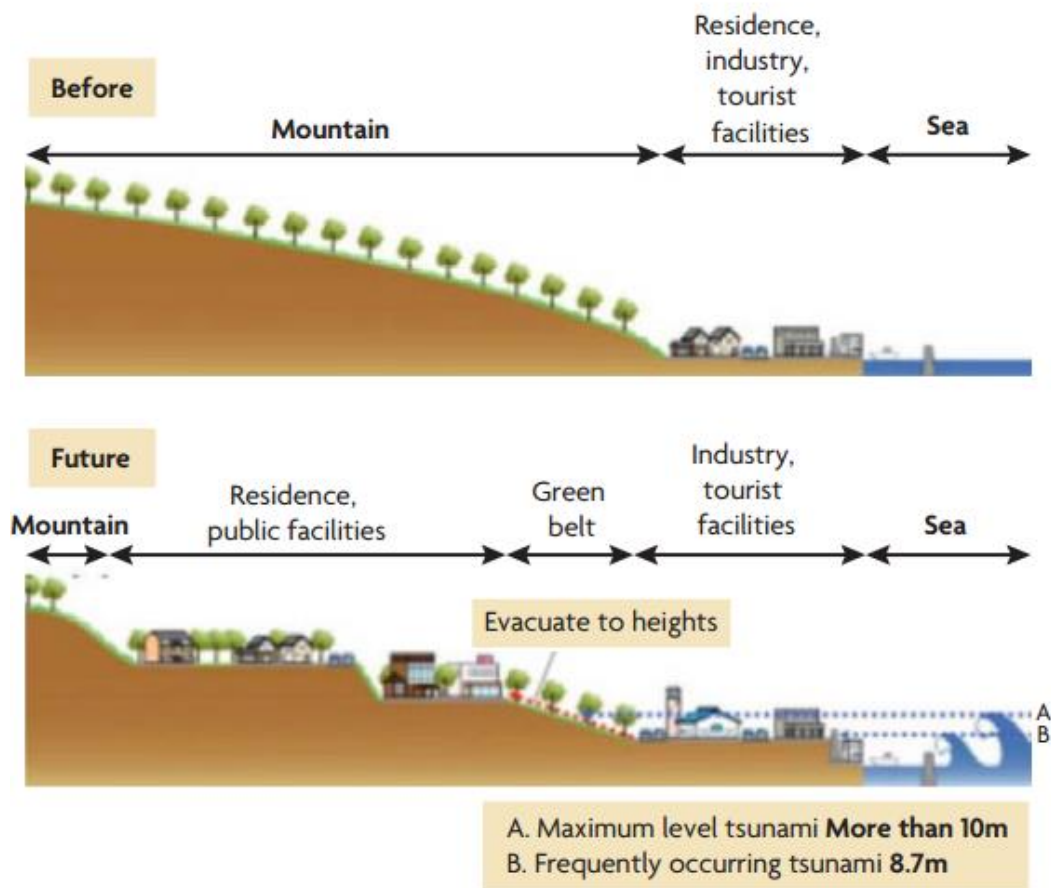
www.alamy.com&Googlesearch)

στ) Ένα επίσης σημαντικό μέτρο είναι η **οργάνωση τοπικών κοινωνικών ομάδων**. Όπως αναφέρθηκε στο υποκεφάλαιο 4.3 η πιθανότητα ενός συνδυασμού κινδύνων

μετά το φαινόμενο του τσουνάμι είναι μεγάλη. Έτσι η κοινωνία θα μπορεί να λάβει μέτρα αντιμετώπισης του κινδύνου, οργανώνοντας κοινωνικές ομάδες διάσωσης και γενικής αντιμετώπισης σεισμού, τσουνάμι, πυρκαγιάς, πλημμύρας κτλ

ζ) Σχεδιασμός δράσεων και οργάνωση πλάνου, από τις τοπικές αρχές. Τα σχέδια δράσης θα πρέπει να είναι σε εγρήγορση και να έχουν τη δυνατότητα αναθεώρησης τους βάση των τοπικών και παγκόσμιων εξελίξεων (Ranghieri & Ishiwatari, 2014). Προτείνονται σχέδια αντιμετώπισης καταστάσεων έκτακτης ανάγκης (αποκατάστασης παροχής ρεύματος και νερού, αποκατάστασης οδικού δικτύου, λιμανιών και αεροδρομίων). Κυρίως τα αεροδρόμια της Σαντορίνης και της Αστυπάλαιας είναι σε αρκετά επικίνδυνες ζώνες. Επίσης σε επίπεδο τοπικής και κρατικής αυτοδιοίκησης πρέπει να υπάρχει πλάνο παροχής βοήθειας στις πληγείσες περιοχές.

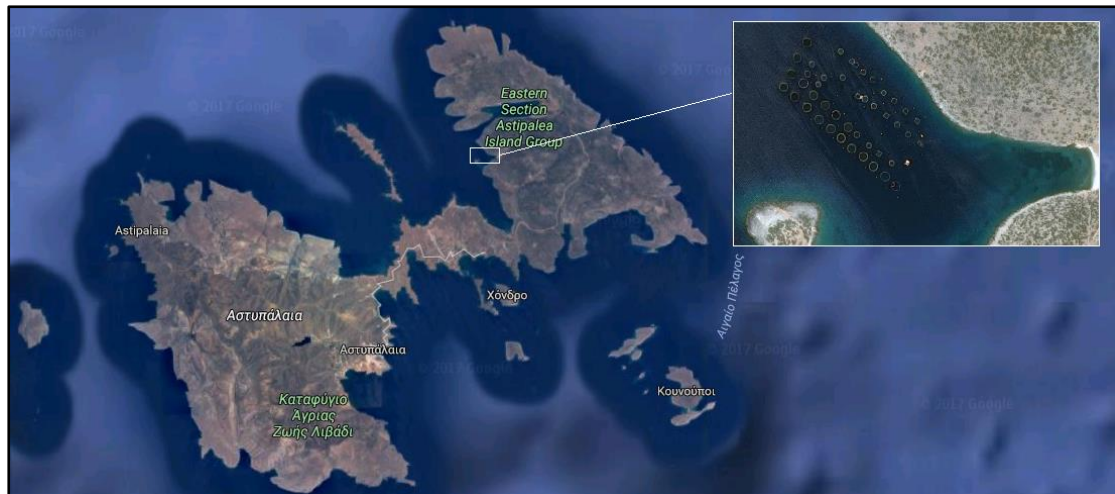
η) Μέτρα μετεγκατάστασης όπου αυτό κρίνεται αναγκαίο και είναι δυνατό. Επίσης προτείνεται, στις νέες κατασκευές να ακολουθηθεί, οικιστικό πλάνο που να παρέχει στο εκάστοτε κτήριο ή άλλη κατασκευή, την στοιχειώδη ασφάλεια, τοποθετώντας το εκτός των ορίων τουλάχιστον των πρώτων 2 πιο επικίνδυνων ζωνών runup που έχουν εύρος τιμών από 0 έως 5 μέτρα. Πρακτικά χρησιμοποιείται ο σχεδιασμός των χρήσεων γης ως εργαλείο για την επίτευξη συναίνεσης σχετικά με τη στρατηγική προστασίας.



Εικόνα 33. Επαναπροσδιορισμός των χρήσεων γης μετά την καταστροφή από το τσουνάμι του 2011, στην πόλη Minamisanriku στην Ιαπωνία.

ζ) Τέλος ένα πολύ σημαντικό μέτρο το οποίο έχει να κάνει κυρίως με την **οικονομική ασφάλιση** και προστασία σε οτιδήποτε κινδυνεύει να πληγεί από τσουνάμι, είτε σαν συμπληρωματικό μέτρο είτε γιατί είναι αδύνατο ή δύσκολο να προστατευτεί με οποιοδήποτε άλλο μέτρο. Τέτοιο παράδειγμα αποτελεί μια μονάδα ιχθυοκαλλιέργειας.

Τόσο στην Αμερική όσο και στην Ιαπωνία, μεγάλες ασφαλιστικές εταιρίες παρέχουν ασφαλιστικά συμβόλαια που καλύπτουν τομείς όπως η ανθρώπινη ζωή, η υγεία, οικίες, πλεούμενα, αυτοκίνητα και οποιαδήποτε άλλη μορφή ιδιοκτησίας, τα οποία αποζημιώνουν χρηματικά τις ζημιές μετά τις επιπτώσεις που θα προκύψουν από μια πλημμύρα από τσουνάμι.



Εικόνα 34. Μονάδα ιχθυοκαλλιέργειας στην παράκτια ζώνη βορειοδυτικά της Αστυπάλαιας
(πηγή: Google Maps)

Για το λόγο ότι στην περίπτωση του τσουνάμι, η πρόβλεψη του ανώτερου ορίου ή επιπέδου ζημιών που θα προκληθεί είναι πολύ δύσκολο να υπολογιστεί, η ασφαλιστική παγκόσμια βιομηχανία, πολύ δύσκολα συμπεριλαμβάνει στον κατάλογο της, ασφαλίσει χωρίς συγκεκριμένα όρια. Για αυτό το λόγο στην Ιαπωνία, εκτός από τα όρια τα οποία είναι στην ευχέρεια και ευθύνη του ασφαλιστικού ιδιωτικού κλάδου ζημιών, έχει δημιουργηθεί κυβερνητική παροχή εγγύησης πάνω από τα όρια που θέτουν οι ιδιωτικές εταιρείες, με τη συμβολή της κυβέρνησης, και στα οποία συμβόλαια αυτής οι ασφαλισμένοι μοιράζονται την απώλεια σε αναλογική βάση (Walker, 2005).



Εικόνα 35. Λογότυπο ιδιωτικής ασφαλιστικής εταιρείας (πηγή:
<http://www.earlylearninsurance.com>)

Στην Ελλάδα, οι ιδιωτικές ασφαλιστικές εταιρείες, προωθούν κυρίως την ασφάλεια ιδιοκτησίας από το φαινόμενο του σεισμού. Παρ όλα αυτά αρκετές ασφαλιστικές εταιρίες, στο πακέτο συμβολαίου περί προστασίας και ασφάλισης από φυσικά ή

καιρικά φαινόμενα, συμπεριλαμβάνουν και ζημιές που μπορούν να προκληθούν από παλιρροιακό κύμα (τσουνάμι), με εφαρμόσιμο όριο στην αποζημίωση.

5.3 Ένταξη της πρόβλεψης και του κινδύνου ενός τσουνάμι, στην Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης

Το θέμα την ασφάλειας των ανθρώπων, των κατασκευών και κατ'επέκταση των δραστηριοτήτων τους, εμπίπτει στην διατήρηση της συνέχειας και της ανάπτυξης μιας βιώσιμης οικονομίας, σεβόμενη πάντα τις δυνατότητες του περιβάλλοντος. Συνεπώς η ολοκληρωμένη διαχείριση παράκτιας ζώνης σε μια περιοχή που εγκυμονεί τον κίνδυνο να πληγεί από τσουνάμι, σαφώς πρέπει να περιλαμβάνει μέτρα πρόληψης και προστασίας .

Οι επιπτώσεις ενός τέτοιου φυσικού κινδύνου όπως είναι το τσουνάμι , μπορεί να εμφανίζονται με σπάνια συχνότητα στην περιοχή μελέτης, αλλά είναι τόσο καταστροφικές για τον άνθρωπο και την ζωή του στην παράκτια ζώνη, σε βαθμό που επηρεάζεται η συνολική βιωσιμότητα της περιοχής για αρκετό μάλιστα χρονικό διάστημα.

Βασικό χαρακτηριστικό των νοτίων Κυκλάδων, και αυτή τη στιγμή σημαντικότερη οικονομική δραστηριότητα, είναι η συνεχώς αναπτυσσόμενη τουριστική δραστηριότητα, η οποία λαμβάνεται πολύ σοβαρά υπόψη σε οποιαδήποτε διαχείριση σχεδιάζεται στην παράκτια ζώνη. Σκεπτόμενοι λοιπόν μία καταστροφή στη περιοχή, μπορεί κανείς εύκολα να προβλέψει, πόσο μεγάλο θα είναι το πλήγμα τόσο στην ανθρώπινη ζωή σε άμεσο χρόνο όσο και στην οικονομική και περιβαλλοντική βιωσιμότητα της παράκτιας ζώνης για μεγάλο χρονικό διάστημα. Μετά τα μεγάλα καταστροφικά τσουνάμι το 2004 και το 2011 σε Ινδονησία και Ιαπωνία, αντίστοιχα, παρατηρήθηκε αισθητή μείωση του τουρισμού και στις δύο περιοχές, κάτι που ήταν απόλυτα λογικό να συμβεί, καθώς καταστράφηκαν ολοσχερώς υποδομές και στην ουσία η περιοχή μετατράπηκε σε απέραντο νεκροταφείο. Αν και οι αρχές και φορείς έδρασαν και αποκατέστησαν σε σχετικά γρήγορο χρόνο την περιοχή, ακόμα και ο ψυχολογικός παράγοντας είτε λόγω των διάφορων επιδημιών που εξαπλώθηκαν στο θέμα υγείας, είτε λόγω του φόβου να

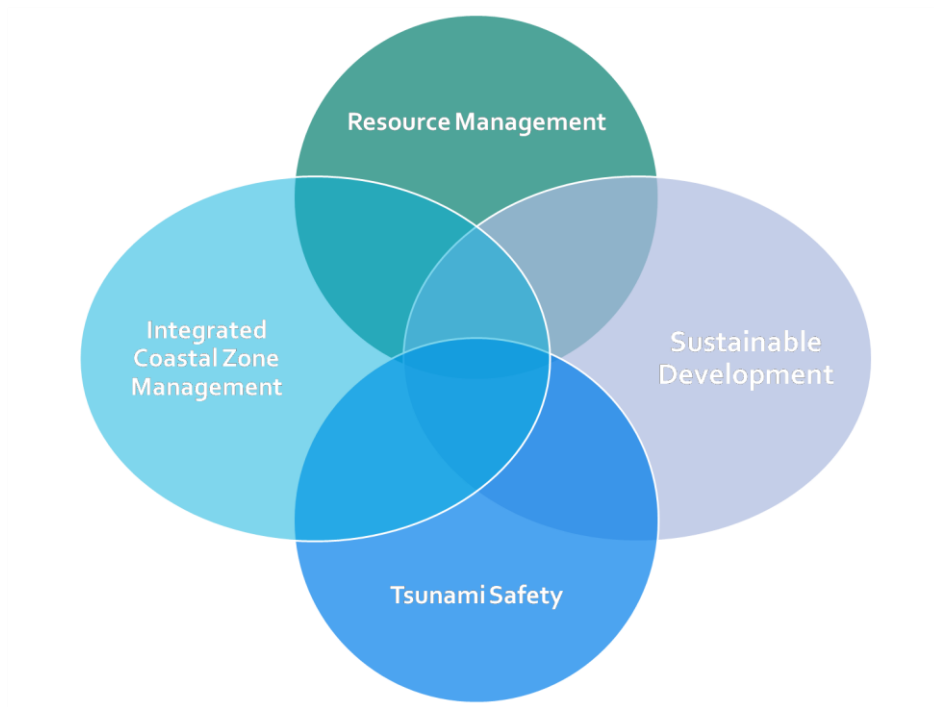
επαναληφθεί κάτι αντίστοιχο, έπληξαν ανεπανόρθωτα τις ήδη ταλαιπωρημένες από το τσουνάμι περιοχές.

Διαχωρίζοντας σε ομάδες τους στόχους στους οποίους αναφέρεται η Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης, γίνεται ακόμα πιο κατανοητή η σύνδεση της ασφάλειας μιας περιοχής με την εκάστοτε σωστή διαχείριση της.

Η προστασία από φυσικές καταστροφές και η αποκατάσταση του φυσικού περιβάλλοντος που αποτελούν δύο από τους στόχους της ΟΔΠΖ, είναι στη προκειμένη περίπτωση και ο αυτού καθ αυτού στόχος της δημιουργίας μέτρων για την πρόληψη για την αντιμετώπιση ενός τσουνάμι. Η εκπλήρωση αυτών των στόχων θα δώσει πολύ μεγαλύτερη σημασία και στην επίτευξη των στόχων της ΟΔΠΖ οι οποίοι αφορούν την βιώσιμη ανάπτυξη και διαχείριση πόρων (προστασία της βιοποικιλότητας, των ενδιαιτημάτων, έλεγχος και μέτρο στην χρήση των πόρων και έλεγχος στην ρύπανση) η οποίοι απαιτούν ένα ομαλό πλαίσιο λειτουργίας στο οποίο να απουσιάζει η επικινδυνότητα. Η επίτευξη αυτών των στόχων, θα φέρουν με την σειρά τους μια ποιότητα στο παράκτιο περιβάλλον, το οποίο θα είναι έτοιμο να δεχθεί την ανάπτυξη των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων και να καθορίσει χρήσεις γης και προδιαγραφές αυτών.

Συνεπώς για να μπορέσει να υπάρξει σωστή διαχείριση πόρων και περιβάλλοντος σε μια περιοχή, πρέπει να υπάρχει και η ανάλογη ασφάλεια της περιοχής, όσο τουλάχιστον αυτή είναι δυνατή. Για να μπορέσει το αίσθημα ασφάλειας να διατηρηθεί πρέπει να υπάρξει πρόβλεψη κινδύνου και λήψη μέτρων για αυτό τον κίνδυνο. Τέλος, για να μιλήσουμε για εφαρμογή ολοκληρωμένης διαχείρισης στην παράκτια ζώνη, πρέπει αυτή να εμπεριέχει και τα προβλεπόμενα μέτρα για την ασφάλεια της περιοχής στον εκάστοτε φυσικό κίνδυνο, για τον οποίο υπάρχει πιθανότητα εμφάνισης του.

Μόλις περιγράφηκε μια κυκλική διαδικασία, στην οποία τα στοιχεία που συμμετέχουν αλληλοεξαρτώνται, και η ύπαρξη του ενός σχετίζεται με την ύπαρξη του άλλου. Συνεπώς η πρόληψη μέτρων για τον κίνδυνο ενός τσουνάμι στις νότιες Κυκλάδες, κρίνεται αναγκαία για τον σχεδιασμό μια Ολοκληρωμένης Διαχείρισης μιας παράκτιας ζώνης στην περιοχή.



Εικόνα 36. Σωστή διαχείριση πόρων, βιώσιμη ανάπτυξη, ασφάλεια στο φαινόμενο τσουνάμι και ολοκληρωμένη διαχείριση παράκτιας ζώνης, συνθέτουν έναν αλληλοεξαρτώμενο κύκλο δράσεων

6. Συζήτηση και Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας τα αποτελέσματα τα οποία αναπτύχθηκαν στα παραπάνω κεφάλαια της παρούσας μελέτης καταλήγουμε στα εξής συμπεράσματα:

- ✓ Ο κίνδυνος εκδήλωσης τσουνάμι στην περιοχή των νοτίων Κυκλάδων είναι δεδομένος, και μπορεί ακόμα και με μικρής έντασης παλιρροιακά κύματα να δημιουργήσει εκτεταμένα προβλήματα και ζημιές στην παράκτια ζώνη των νησιών της περιοχής.
- ✓ Η συνεχώς αυξανόμενη επέκταση των τουριστικών δραστηριοτήτων στην περιοχή μελέτης (σύγκριση με το 1956, όπου και είχαμε το πιο πρόσφατο γεγονός τσουνάμι στην περιοχή μελέτης), απαιτεί ταυτόχρονα και την εφαρμογή σχεδίων Ολοκληρωμένης Διαχείρισης της Παράκτιας Ζώνης, έτσι ώστε να μην θιγούν το περιβάλλον και οι φυσικοί πόροι αλλά ταυτόχρονα να εξυπηρετηθούν οι ανθρώπινες δραστηριότητες.
- ✓ Η Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης, για να υφίσταται όντως ως «ολοκληρωμένη», απαιτείται να περιλαμβάνει μέτρα ασφάλειας από τους πιθανούς φυσικούς κινδύνους που μπορεί να παρουσιαστούν σε αυτή. Στην περίπτωση των νοτίων Κυκλάδων απαιτείται να λαμβάνονται όσο το δυνατό περισσότερα μέτρα πρόληψης και προστασίας για το φαινόμενο τσουνάμι.
- ✓ Αρκετά από τα ανά τον κόσμο ήδη εφαρμόσιμα μέτρα πρόληψης στο κίνδυνο τσουνάμι, μπορούν να προσαρμοστούν στην περιοχή των νοτίων Κυκλάδων με επιτυχία, εξυπηρετώντας τουλάχιστον την στοιχειώδη ενημέρωση και προστασία των κατοίκων, επισκεπτών και γενικά ανθρωπογενών δραστηριοτήτων στη περιοχή.

Παρά τα ιστορικά φαινόμενα, και μάλιστα με τελευταίο το σχετικά πρόσφατο τσουνάμι του 1956, εξακολουθεί να κυριαρχεί η επιστημονικά αβάσιμη και κοινωνικά επικίνδυνη αντίληψη, ότι στην Ελλάδα δεν έχουμε τσουνάμι και συνεπώς δεν χρειαζόμαστε έρευνα και λήψη μέτρων προστασίας στο πεδίο αυτό.

Ακόμα και η χρηματοδότηση του μοναδικού στη χώρα προγράμματος GITEC-TWO που αφορά την πρόληψη και προειδοποίηση φαινομένου τσουνάμι, θεωρήθηκε θεσμικά επιβεβλημένη στους φορείς που ανατέθηκε (Μπουρδόπουλος

Κωνσταντίνος, 2006). Πριν μόλις μερικά χρόνια, η Γενική Γραμματεία Έρευνας και Τεχνολογίας (ΓΓΕΤ), απέρριψε τις προτάσεις που της υποβλήθηκαν, περιλαμβανομένης και της πρότασης για τη δημιουργία δικτύου επιστημόνων που ασχολούνται με τα τσουνάμι και που αποσκοπούσε στο να διατηρηθεί η βάση δεδομένων η οποία είχε ήδη δημιουργηθεί στην Ελλάδα με τη διεξαγωγή των ευρωπαϊκών προγραμμάτων (Paradopoulos, 2005).

Από το 2010 έως και σήμερα το Εθνικό Κέντρο Προειδοποίησης Τσουνάμι, ένα από τα τέσσερα επιχειρησιακά κέντρα της UNESCO στην Ευρώπη, λειτουργεί καθημερινά σε 24ωρη βάση χάρη στις προσπάθειες των σεισμολόγων του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου Αθηνών, αντιμετωπίζει όμως σοβαρά κενά, ελλιπές προσωπικό, κανέναν μόνιμο τεχνικό υπάλληλο και περιορισμένους πόρους. Η προοπτική του Εθνικού Κέντρου Προειδοποίησης Τσουνάμι, είναι η ολοκλήρωση του δικτύου για την παρακολούθηση, δημιουργία και διάδοση των κυμάτων τσουνάμι καθώς και η εγκατάσταση οργάνων OBS που θα δώσουν τη δυνατότητα ανάπτυξης στον τομέα της Θαλάσσιας Γεωφυσικής και Σεισμολογίας. Όμως η υπολειτουργία του τμήματος, που περιγράφηκε παραπάνω δεν δίνει πολλές ελπίδες για την επιστημονική ανάπτυξη του τομέα αυτό, στη χώρα.

Παρ όλα αυτά η προσπάθεια για την λήψη μέτρων στον κίνδυνο τσουνάμι, μέσο στρατηγικών Ολοκληρωμένης Διαχείρισης Παράκτιας Ζώνης, είναι κάτι που μπορεί και πρέπει να λειτουργήσει ανεξάρτητα, συντονισμένα και σε συνεργασία με όλους τους εμπλεκόμενους τοπικούς και μη φορείς, κατοίκους και επιστήμονες.

Στην ιδιαίτερη ομορφιά και γαλήνη της θάλασσας, των νοτίων Κυκλάδων, κρύβεται καλά, ένας μεγάλος φυσικός κίνδυνος για τον οποίο, θα πρέπει να έχουμε προετοιμαστεί.

Βιβλιογραφία

- Β Καραμπάς, Θ., Καθηγητής, Α., Επιστημών της Θάλασσας, Τ., ΙΝ Κρεστενίτης, Π., Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ, Τ., & ΕΛΚΕΘΕ Θ Χασιώτης, Ε. (2008). ΠΡΟΛΗΨΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΚΙΝΔΥΝΩΝ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ (CORI-INTERREG III Β/ ARCHIMED): ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΑΠΟ ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΚΑΙ ΠΛΗΜΜΥΡΕΣ. *CORI Project*.
- Διαμαντή, Π., Μακρής, Χ., Κρεστενίτης, Γ., Ανδρουλιδάκης, Γ., Diamanti, P., Makris, C., ... Androulidakis, Y. (2015). Investigation of the effect of storm surges in Greek coastal zone: analysis of tide-gauge records and numerical simulations data.
- Κατσιμίχα, Δ. (2012). *Ο σεισμός και το τσουνάμι της Αμοργού, 9 Ιουλίου 1956*. Χανιά.
- Λυκούδη, Δρ Ε. (2005a). Γεωλογική εξέλιξη της Ελλάδας, Το Ελληνικό τόξο.
- Λυκούδη, Δρ Ε. (2005b). Κατολισθήσεις – Ταξινόμηση κατολισθήσεων.
- Μπουρδόπουλος Κωνσταντίνος. (2006). Η Επίδραση Tsunami στον πολεοδομικό ιστό της πόλης του Ξυλοκάστρου με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S). *Σχολή Θετικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Πατρών*.
- Andreadakis E., Kostaki I., Kapourani, E. L. (2011). TOHOKU 11-3-11: A MEGA-NATECH. *National and Kapodistrian University of Athens, School Of Science, Faculty of Geology and Geoenvironment, Department of Dynamic, Tectonic and Applied Geology*.
- Antonopoulos, J.A. (1980b). Data from investigation of seismic sea wave events in the Eastern Mediterranean from 1900 to 1980 A.D., *Annali di Geofisica* 33 (6), 231-248.
- Ambraseys, N.N. (1960). The seismic sea wave of July 9th 1956, in the Greek Archipelago, *Journal of Geophysical Research* Vol.65, No.4, 1257-1265.
- A . G . GALANOPOULOS. (1960). Tsunamis Observed on the Coasts of Greece from Antiquity to Present Time.
- Brearely, M. N. (1970). The behaviour of tsunamis, 159, 196–208.
- Carrier, G. F. (1995), On-shelf tsunami generation and coastal propagation, in *Tsunami: Progress in Prediction, Disaster Prevention and Warning*, edited by Y. Tsuchiya and N. Shuto, pp. 1-20, Kluwer, Dordrecht, The Netherlands.
- Channa Bambaradeniya, Sandeep Sengupta, Sandun Perera, Jerker Tamelander, Marten Meynell, Mattias Rust, Shamen Vidanage, S. P. (2005). Rapid Environmental and Socio-economic assessment of Tsunami-Damage in Terrestrial and Marine Coastal

Ecosystems of Ampara and Batticaloa Districts of Eastern Sri Lanka. *IUCN – The World Conservation Union* .

Charles W. Mandeville, Steven Carey, Haraldur Sigurdsson, and J. K. (1994). Paleomagnetic evidence for high-temperature emplacement of the 1883 subaqueous pyroclastic flows from Krakatau Volcano, Indonesia. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 99(NO. B5), PAGES 9487-9504.

Clark, J. . (1992). Integrated management of coastal zones.
Durgesh C. Rai, M.EERI, C. V. R. Murty, M.EERI, Sudhir K. Jain, M. E., Hemant B. Kaushik, Goutam Mondal, Suresh R. Dash, A. T., & M.EERI, Mark Yashinsky, M.EERI, and Martin Eskijian, M. E. (2006). The Effect of the December 2004 Great Sumatra Earthquake and Indian Ocean Tsunami on Transportation Systems in India's Andaman and Nicobar Islands. *Earthquake Spectra*.

FAO. (1996). GESAMP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection, *The Contributions of Science to Coastal Zone Management*, Reports and Studies, GESAMP. No. 61, Rome 1996

Geist, E. L. (2012). Near-Field Tsunami Edge Waves and Complex Earthquake Rupture.

Kagalou. (2000). Παράκτιες Υγροτοπικές Περιοχές και Διαχείριση Παράκτιας Ζώνης.
Kenchington, R., & Crawford, D. (1993). On the Meaning of Integration in Coastal Zone Management. *Ocean & Coastal Management*, 21, 109–127.

Lekkas E. , Andreadakis, E., Kostaki, I., & Kapourani, E. (2013). A proposal for a new integrated Tsunami intensity scale (ITIS-2012). *Bulletin of the Seismological Society of America*, 103(2 B), 1493–1502.

Lekkas E., Andreadakis, V. Alexoudi, E. K. and I. K. (2012). The Mw=9.0 Tohoku Japan Earthquake (March 11, 2011) Tsunami Impact on Structures and Infrastructure. 15 *WCEE*.

Lekkas E. , E. L., Andreadakis, E., Kostaki, I., & Kapourani, E. (2011). Critical Factors for Run-up and Impact of the Tohoku Earthquake Tsunami. *International Journal of Geosciences*, 2, 310–317.

Lambeck, K. (1995). Late Pleistocene and Holocene sea-level change in Greece and south-western Turkey: a separation of eustatic, isostatic and tectonic contributions. *Geophys. J. Int*, 122, 1022–1044.

Levin, B. W. (2005). TSUNAMIS: CAUSES, CONSEQUENCES, PREDICTION AND RESPONSE. *NATURAL DISASTERS* –.

Martina Ulvrova, R. Paris, P. Nomikou, K. Kelfoun, S. Leibbrandt, D.R. Tappin, & F.W. McCoy. (2016). Source of the tsunami generated by the 1650 AD eruption of Kolumbo

submarine volcano (Aegean Sea, Greece). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*.

Nomikou P., T.H. Druitt, C. Hübscher, T.A. Mather, M. Paulatto, L.M. Kalnins, K. Kelfoun, D. P., K. Bejelou, D. Lampridou, & D.M. Pyle, S. Carey, A.B. Watts, B. W. & M. M. P. (2016). Post-eruptive flooding of Santorini caldera and implications for tsunami generation. *Nature Communications*.

Nomikou P., S. Carey, K. L. C. B., D. Papanikolaou, K. Bejelou, K. C., & D. Sakellariou & I. Perros. (2012). Tsunami hazard risk of a future volcanic eruption of Kolumbo submarine volcano, NE of Santorini Caldera, Greece. *Journal of the International Society for the Prevention and Mitigation of Natural Hazards*.

Papadopoulos, G. A. (2007). Quantification of Tsunamis: The New 12-Point Tsunami Intensity Scale. *International Center for Theoretical Physics*.

Papadopoulos, G. A., & Fokaefs, A. (2005). STRONG TSUNAMIS IN THE MEDITERRANEAN SEA: A RE-EVALUATION. *ISSET Journal of Earthquake Technology*, 42(4), 159–170.

Papadopoulos, G. A., & Imamura, F. (n.d.). A proposal for a new tsunami intensity scale, 5, 5–1.

Pararas-Carayannis, G., Theilen-Willige, B., & Wenzel, H. (2011). Local site conditions influencing earthquake intensities and secondary collateral impacts in the sea of Marmara region - Application of Standardized Remote Sensing and GIS-Methods in Detecting Potentially Vulnerable Areas to Earthquakes, Tsunamis and Othe. *The International Journal of the Tsunami Society*, 30, 63–77.

Ranghieri, F., & Ishiwatari, M. (2014). Learning from Megadisasters, Lessons from the great East Japan Earthquake. *International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank*.

Rochette, J. (2010). « Coastal zone definition » and « geographic coverage of the ICZM Protocol » issues. *Institute for Sustainable Development and International Relations (IDDRI)*, 1(Coastal Zone), 1–18.

Ryan McElroy. (2015). NOAA Ocean Science Blog | NATIONAL CENTERS FOR COASTAL OCEAN SCIENCE (NCCOS).

Tappin, D. R., Watts, P., & Grilli, S. T. (2008). The Papua New Guinea tsunami of 17 July 1998: anatomy of a catastrophic event. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci*, 8, 243–266.

UNEP-MAP. (2001). *Good Practice Guidelines for Integrated Coastal Area*.

Walker, G. R. (2005). Some Reflections on the Insurance Aspects of Tsunami Damage. *Proceedings of the Australian Earthquake Engineering Society*.

Ward, S. N., & Day, S. (2003). Ritter Island Volcano—lateral collapse and the tsunami of 1888. *Geophysical Journal International* *gji2016 Geophys. J. Int*, 154, 891–902.

Yalciner, A. C., Synolakis, C. E., Alpar, B., Borrero, J. C., Altinok, Y., Imamura, F., Kanoglu, U. (2001). Field surveys and modeling of the 1999 Izmit tsunami, 4-6.