



ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ

Υπουργείο Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος



ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΣΟΥΝΑΜΙ



ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΓΚΑΙΡΗΣ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΓΙΑ ΤΟΝ Β-Α ΑΤΛΑΝΤΙΚΟ, ΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ ΚΑΙ ΤΙΣ ΓΕΙΤΟΝΙΚΕΣ ΘΑΛΑΣΣΕΣ (NEAMTWS)

Στις 25 Νοεμβρίου 2016 το Υπουργικό Συμβούλιο με την απόφαση με αρ. 81.712 ίδρυσε την Κυπριακή Εθνική Επιτροπή Συστήματος Εγκαιρης Προειδοποίησης για Τσουνάμι στην περιοχή του Βόρειου-Ανατολικού Ατλαντικού, τη Μεσογείο και τις Γειτονικές Θάλασσες (Tsunami Early Warning and Mitigation System in the North-Eastern Atlantic, the Mediterranean and Connected Seas – NEAMTWS) με πρόεδρο το Διευθυντή του Τμήματος Γεωλογικής Επισκόπησης και μέλη το Διοικητή της Πολιτικής Άμυνας και το Διευθυντή του Ωκεανογραφικού Κέντρου του Πανεπιστημίου Κύπρου, η οποία λειτουργεί κάτω από την εποπτεία του Υπουργού Γεωργίας, Αγροτικής Ανάπτυξης και Περιβάλλοντος και με ενημέρωση του Υπουργού Εσωτερικών. Κύρια αποστολή της Επιτροπής αυτής είναι η εκπροσώπηση της Κυπριακής Δημοκρατίας στην Ομάδα Συντονισμού NEAMTWS της Διακυβερνητικής Ωκεανογραφικής Επιτροπής (IOC) της UNESCO και ο χειρισμός των θεμάτων που σχετίζονται με τα τσουνάμι. Στο πλαίσιο της λειτουργίας της Διακυβερνητικής Ομάδας NEAMTWS ορίστηκε ως εθνικό σημείο επαφής ο Διευθυντής του Τμήματος Γεωλογικής Επισκόπησης και σημείο ενημέρωσης ειδοποιήσεων για τσουνάμι ο Διοικητής της Πολιτικής Άμυνας.



Λεύκωνος 1, Στρόβολος, Λευκωσία, Κύπρος
+357 22409213 +357 22316873
www.moa.gov.cy/gsd

Τμήμα Γεωλογικής Επισκόπησης
Ταχ. Θυρίδα 24543,
1301 Λευκωσία, Κύπρος
director@gsd.moa.gov.cy

Ετοιμάστηκε από τον Κλάδο Σεισμολογίας
Διευθυντής Τμήματος Γεωλογικής Επισκόπησης: Δρ Κ. Α. Κωνσταντίνου

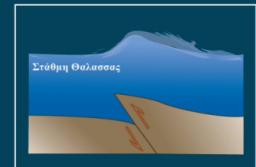
Ο πίνακας χαρακτηριστικής στο οπισθόφυλλο είναι έργο του Ιάπωνα καλλιτέχνη Katsushika Hokusai (1760 - 1849) με τίτλο «Το Μεγάλο Κύμα», από τη σειρά «Thirty Six Views of Fuji». (Το πρωτότυπο βρίσκεται στο μουσείο Hakone στην Ιαπωνία.)

ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΤΣΟΥΝΑΜΙ

Το τσουνάμι είναι ιαπωνική σύνθετη λέξη που σημαίνει «το κύμα του λιμανιού» (τσου = λιμάνι και νάμι = κύμα). Παρόλο που υπάρχουν αναφορές στη λέξη «τσουνάμι» από το 1611, η πρώτη χρήση της στην αγγλική γλώσσα έγινε το 1896 σε ένα άρθρο του περιοδικού National Geographic για ένα γιγάντιο θαλάσσιο κύμα, «τσουνάμι» όπως το περιέγραφαν οι ντόπιοι, το οποίο έπληξε την ανατολική ακτή της Ιαπωνίας στις 15 Ιουνίου 1896. Επίσημα το όνομα χρησιμοποιείται από το 1965 με την ίδρυση του Συστήματος Έγκαιρης Προειδοποίησης Τσουνάμι για τον Ειρηνικό Ωκεανό (PTWS) από τη Διακυβερνητική Ωκεανογραφική Επιτροπή (IOC) της UNESCO.

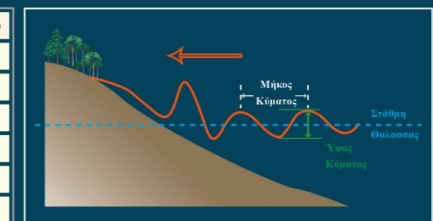
Το τσουνάμι δημιουργείται όταν γίνει απότομη μετατόπιση μεγάλου όγκου νερού σε ένα υδάτινο σχηματισμό, όπως ένας ωκεανός, μια θάλασσα ή μια λίμνη. Οι κύριες αιτίες που προκαλούν τη δημιουργία τσουνάμι είναι οι υποθαλάσσιοι σεισμοί, οι υποθαλάσσιες ηφαιστειακές εκρήξεις, οι υποθαλάσσιες κατολισθήσεις και οι πτώσεις ουράνιων σωμάτων στην επιφάνεια της θάλασσας. Στην περίπτωση του σεισμού, για να προκληθεί ένα τσουνάμι θα πρέπει ο σεισμός να προκαλέσει θραύση (διάρρηξη) του θαλάσσιου πυθμένα και ξαφνική κατακόρυφη μετακίνησή του κατά αρκετά εκατοστά ή και μέτρα.

Στην ανοικτή θάλασσα το τσουνάμι έχει τεράστιο μήκος κύματος (η απόσταση δύο διαδοχικών κορυφών του), της τάξης των 100 - 400 km, πολύ μικρά πλάτη (μικρότερα από 1 m), και πολύ μεγάλη περίοδο, της τάξης της μιας ώρας, με αποτέλεσμα να μη γίνεται αντιληπτό και να μη αποστειλεί κίνδυνο για τα πλοία στην ανοικτή θάλασσα. Η ταχύτητα διάδοσης (u) ενός τσουνάμι σχετίζεται με την επιτάχυνση της βαρύτητας (g) και το βάθος του νερού (h) μέσω της σχέσης $u = \sqrt{g \cdot h}$, η οποία σε ανοικτή θάλασσα μπορεί να φτάσει και τα 1.000 km/h.



Καθώς το τσουνάμι πλησιάζει τη ξηρά, το βάθος της θάλασσας μειώνεται και το μπροστινό μέτωπο του επιβραδύνεται λόγω αντίστασης από τον όλο και πιο αβαθή βυθό. Το πίσω μέρος του συνεχίζει να ταξιδεύει με μεγαλύτερες ταχύτητες, με αποτέλεσμα το κύμα να αποκτή ύψος στην προστάθεια του να διατηρήσει την ορμή του σύμφωνα με την αρχή της αδράνειας. Έτσι, το τελικό ύψος μπορεί να φτάσει αρκετές δεκάδες μέτρα και η ταχύτητα πρόσκρουσης δεκάδες km/h. Το τσουνάμι μπορεί να παρομοιαστεί ως ένα υδάτινο τείχος ύψους πολλών μέτρων πάνω από την στάθμη της θάλασσας και με τεράστιο πάχος, το οποίο όταν φτάσει στις ακτές, συνεχίζει τη κίνησή για αρκετό χρόνο λόγω του τεράστιου μήκους κύματός του.

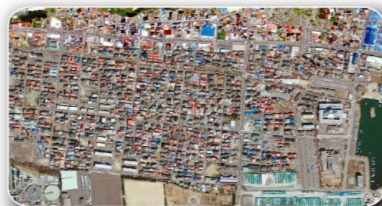
Βάθος νερού (m)	Ταχύτητα (km/h)
500	250
1.000	350
2.000	500
3.000	600
4.000	700
5.000	800



Οι φωτογραφίες τραβήχτηκαν από μπαλκόνι ξενοδοχείου στο Phuket (Ταϊλάνδη) και παρουσιάζουν διαδοχικά την είσοδο του τσουνάμι στη ξηρά στις 26 Δεκεμβρίου 2004. (Πηγή: <http://hotel-travel-phuket.com/galleries/64/>)

ΟΙ ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Τα τσουνάμι έχουν μια εξαιρετικά μεγάλη ενέργεια λόγω του μεγάλου όγκου του νερού που μεταφέρουν. Προφανώς, οι περιοχές με χαμηλό υψόμετρο (< 10 m) διατρέχουν το μεγαλύτερο κίνδυνο. Οι σημαντικότερες συνέπειες ενός καταστροφικού τσουνάμι είναι φυσικά οι απώλειες ανθρώπινων ζωών. Σημειώνεται, ότι από το 1945 και μετά περισσότεροι άνθρωποι έχουν σκοτωθεί από τα τσουνάμι παρά από τους σεισμούς. Υπάρχουν όμως καταστροφικές συνέπειες τόσο στο φυσικό περιβάλλον (δραματική αλλαγή μορφολογίας, αποψίλωση δασικών εκτάσεων, αλλαγή στην ακτογραμμή) όσο και στο δομημένο περιβάλλον (καταστροφή οδικού δικτύου, κρίσιμων υποδομών, όπως λιμάνια, αεροδρόμια, ηλεκτροπαραγωγικοί σταθμοί, μόλυνση του πόσιμου νερού, πυρκαγιές λόγω βραχυκυκλωμάτων, διάλυση κοινωνικών δομών και υπηρεσιών).



Αεροφωτογραφία της πόλης Sendai πριν και μετά από το τσουνάμι της 11ης Μαρτίου 2011 (Ιαπωνία).
(Πηγή: digitalglobe.com/GeoEye/EyeQ)

Ένα από τα πιο γνωστά τσουνάμι είναι το γιγαντιαίο τσουνάμι που εκδηλώθηκε μετά τον καταστροφικό σεισμό της 11ης Μαρτίου 2011 μεγέθους 9,0 βαθμών στη βορειανατολική Ιαπωνία, 130 km ανατολικά της Χονσού. Το τσουνάμι που «χτύπησε» ακτογραμμή μήκους 180 km, έφτασε τα 15 m ύψους και συμπαρέσυρε στίβια, κτήρια και αυτοκίνητα, κατά τόπους έως και 10 km μέσα στο εσωτερικό της στεριάς. Άφησε σχεδόν 23.000 νεκρούς, ενώ επηρέασε ολόκληρο τον Ειρηνικό ωκεανό από την Αλάσκα ως την Χιλή (2 m ύψους στις ακτές της Χιλής). Μια σημαντική συνέπεια του τσουνάμι αυτού ήταν το απόχημα στο πυρηνικό εργοστάσιο της Fukushima με αποτέλεσμα τη διαρροή ραδιενέργειας σε μια περιοχή ακτίνας 3 km.

Ένα από τα πλέον καταστροφικά τσουνάμι της σύγχρονης ιστορίας (και αυτό με το μεγαλύτερο αριθμό ανθρώπινων

θυμάτων) εκδηλώθηκε μετά το σεισμό της 26ης Δεκεμβρίου 2004 στην Ινδονησία με κύματα μέγιστου ύψους 30 m, το οποίο είχε σαν αποτέλεσμα σχεδόν 230.000 νεκρούς, σε 14 χώρες του Ινδικού Ωκεανού και ανυπολόγιστες υλικές ζημιές.

Το μεγαλύτερο τσουνάμι (mega-tsunami) που καταγράφηκε στη σύγχρονη ιστορία εκδηλώθηκε μετά από το σεισμό της 9ης Ιουλίου 1958 στην Αλάσκα. Ο σεισμός αυτός προκάλεσε μια γιγαντιαία κατολίσθηση ενός παγετώνα 90 εκατομμυρίων τόνων, που έπεσε στο στενό κόλπο Lituya, με αποτέλεσμα τη δημιουργία κυμάτων ύψους περίπου 500 m.



Αεροφωτογραφία εικόνα της πόλης Banda Aceh πριν και μετά από το τσουνάμι της 26ης Δεκεμβρίου 2004 (Ινδονησία).
(Πηγή: digitalglobe.com/GeoEye/EyeQ)



ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΑΠΟ ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ

Οι περιοχές γένεσης τσουνάμι που είναι πιθανόν να επηρεάσουν την ευρύτερη περιοχή της Κύπρου είναι το Κυπριακό Τόξο, το ανατολικό τμήμα του Ελληνικού Τόξου, η περιοχή της Νεκράς Θάλασσας και τα ηφαίστεια του Νοτίου Αιγαίου.

Υπάρχουν ιστορικές μαρτυρίες ότι οι κυπριακές ακτές έχουν πληγεί στο παρελθόν από τσουνάμι. Χαρακτηριστική είναι η περιγραφή των Ogerius Panis και Marchisius Scriba (1294) για το τσουνάμι που έπληξε την Κύπρο το Μάιο του 1222: «...στην Κύπρο η θάλασσα ανυψώθηκε από τη δόνηση και όρμησε στη στεριά. Τεράστιες μάζες θαλάσσιου νερού μεγάλες σαν βουνά κατέκλυσαν τη στεριά, κατεδαφίζοντας κτήρια και γεμίζοντας χωριά με φρύα. Η Πάφος υπέφερε πιο παλιά, το λιμάνι της ασοξήραθηκε και η πόλη κατακλιότεθηκε από την θάλασσα...»

Εκτός όμως, από τις ιστορικές μαρτυρίες υπάρχουν και πειστικές γεωλογικές ενδείξεις για τσουνάμι, που έπληξαν την Κύπρο. Τα τσουνάμι όταν πλήττουν τις

ακτές μεταφέρουν μαζί τους υλικά από το θαλάσσιο πυθμένα, όπως χαλίκια, ογκόλιθους και θαλάσσιους οργανισμούς (ψάρια, όστρακα, φύκια), τα οποία αποθέτουν στις περιοχές που κατακλύζουν.

Κατά μήκος της νοτιοδυτικής ακτής της Κύπρου, που ξεκινά βόρεια της Πάφου και εκτείνεται σε μια απόσταση 40 περίπου km μέχρι το νότιο τμήμα της χερσονήσου του Ακάμα, υπάρχουν χαώδεις αποθέσεις ογκολίθων με άμμιους και χαλίκια, που αποτελούν παραφωνία στο όλο γεωλογικό περιβάλλον της ακτογραμμής. Οι ογκόλιθοι αυτοί έχουν βάρος αρκετών τόνων, γωνιώδεις ακμές και σχετικά φρέσκες επιφάνειες αποκόλλησης, στοιχεία που οδηγούν στο συμπέρασμα, ότι έχουν αποθεθεί στη θέση που βρίσκονται από ισχυρές ωστικές δυνάμεις, όπως είναι τα τσουνάμι. Παρόμοιες αποθέσεις υπάρχουν σε όλες σχεδόν τις ακτές της Κύπρου, όπως στον Κορμακίτη, την Καρπασία, το Κάβο Γκρέκο και την Πύλα.

ΚΙΝΔΥΝΟΣ ΑΠΟ ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΣΤΗ ΜΕΣΟΓΕΙΟ

Ο κίνδυνος γένεσης τσουνάμι στη Μεσόγειο είναι χαμηλός σε σχέση με την περιοχή του Ειρηνικού ωκεανού, αλλά υπαρκτός. Βέβαια, η τάξη μεγέθους των τσουνάμι της Μεσογείου δεν είναι η ίδια με αυτήν του Ειρηνικού και Ινδικού Ωκεανού, λόγω των διαφορών στη μορφολογία του πυθμένα της Μεσογείου αλλά και στην τάξη μεγέθους των σεισμών. Στη Μεσόγειο, όμως, λόγω μικρών αποστάσεων οι χρόνοι άφιξης των τσουνάμι στις ακτές είναι πολύ μικρότεροι, παρά το γεγονός ότι ταξιδεύουν με μικρότερες ταχύτητες, λόγω του μικρότερου βάθους του πυθμένα. Το μεγαλύτερο ύψος κύματος που καταγράφηκε ήταν στην Αμοργό (15 m), μετά από την εκδήλωση του ισχυρού σεισμού της 9ης Ιουλίου 1956 μεγέθους 7,5 βαθμών στην ίδια περιοχή. Το πιο πρόσφατο τσουνάμι που εκδηλώθηκε στην περιοχή της Μεσογείου είναι το τσουνάμι ύψους 1,5 m στην Κω, μετά από το σεισμό της 20ης Ιουλίου 2017, μεγέθους 6,6 βαθμών, στην ίδια περιοχή.



Ζημιές από το τσουνάμι της 9ης Ιουλίου 1956 στην Κάλυμνο και στην Αμοργό (Αιγαίο Πέλαγος) (Πηγή: Αρχείο Γεωδυναμικού Ινστιτούτου ΕΕΑ)

ΚΑΤΑΓΕΓΡΑΜΜΕΝΑ ΤΣΟΥΝΑΜΙ ΣΤΗΝ ΚΥΠΡΟ			
Ημερ.	Περιοχή γένεσης	Περιοχή που επηρεάστηκε	Περιγραφή
1202	Υποθαλάσσια κατολίσθηση που προκλήθηκε πιθανότατα από ισχυρό σεισμό στη Νεκρά Θάλασσα (M = 7,5).	Λεκάνη της Λεβαντίνης και ανατολικές ακτές της Κύπρου.	Το τσουνάμι ήταν τόσο ισχυρό που πλοία παρασύρθηκαν αρκετά χιλιόμετρα στη στεριά στις ακτές της Λεβαντίνης και της Κύπρου. Οι ανατολικές ακτές της Κύπρου πλημμύρισαν.
1222	Ισχυρός τοπικός σεισμός νοτιοδυτικά της Πάφου (Κυπριακό Τόξο) (7,0 < M < 7,5).	Νότιες ακτές της Κύπρου.	Ένας από τους πιο καταστροφικούς ιστορικούς σεισμούς που έπληξαν την Κύπρο. Σύμφωνα με τις ιστορικές καταγραφές, ο σεισμός κατέστρεψε το κάστρο της Πάφου, ενώ το νερό από το λιμάνι υποχώρησε. Το τσουνάμι που ακολούθησε προκάλεσε τεράστιες ζημιές στην Πάφο και τη Λεμεσό.
1303	Καταστροφικός σεισμός στο ανατολικό τμήμα του Ελληνικού τόξου μεταξύ Κρήτης και Ρόδου (M = 8,0).	Από την Κρήτη μέχρι τις ακτές του Ισραήλ και της Αιγύπτου.	Ένας από τους πιο ισχυρούς σεισμούς της Ανατολικής Μεσογείου με τις περισσότερες ιστορικές αναφορές. Είχε επικέντρο την Κρήτη, προέκρινε τσουνάμι που προκάλεσε καταστροφές στην Ρόδο και την Κρήτη και έφτασε μέχρι τις ακτές Τουρκίας, Αιγύπτου, Ισραήλ και Κύπρου.
1953	Καταστροφικός διπλός σεισμός νοτιοδυτικά της Πάφου (Κυπριακό Τόξο) (M = 6,0, 6,1).	Νοτιο-δυτικές ακτές της Κύπρου.	Παρατηρήθηκε μικρό τσουνάμι (<1 m) στις ακτές της Πάφου το οποίο δε προκάλεσε ιδιαίτερες ζημιές.



Ενδείξεις για τσουνάμι στις κυπριακές παράκτιες περιοχές (αποθέσεις θαλάσσιων υλικών και μετακινήσεις τεράστιων ογκόλιθων - Πηγή: ΓΓΕ)