

Οι λιθοσφαιρικές πλάκες που συγκροτούν το στερεό φλοιό της Γης. Με την κίνησή τους ενεργοποιούν τα μεγάλα υποθαλάσσια ρήγματα που είναι στις περισσότερες των περιπτώσεων υπεύθυνα για την εκδήλωση παληρροϊκών κυμάτων

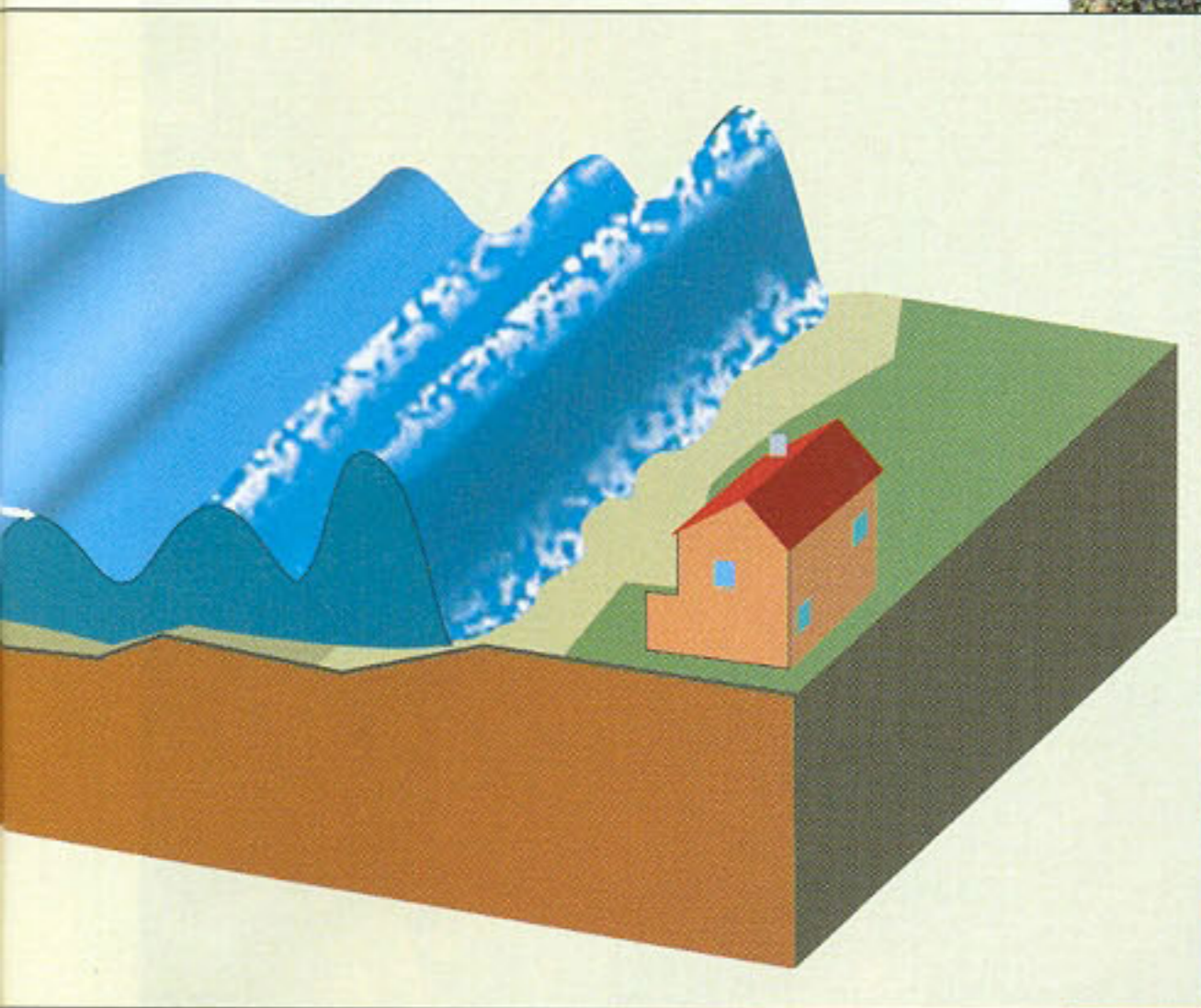
βαρύτητας. Στην περιοχή του Ινδικού ωκεανού η Ευρασιατική πλάκα επωθήθηκε πάνω στην πλάκα του Ινδικού, προκάλεσε το σεισμό των 9,0 R και διατάραξε τις υπερκείμενες υδάτινες μάζες, δημιουργώντας έτσι το καταστροφικό tsunami

Η γιγάντωση των κυμάτων όσο προχωρούν προς την ακτή. Αρχικά έχουν μικρό ύψος και μεγάλο μήκος μεταφέροντας τεράστιες μάζες νερού. Στη συνέχεια το εμπόδιο του

Ανατομία στο τσουνάμι

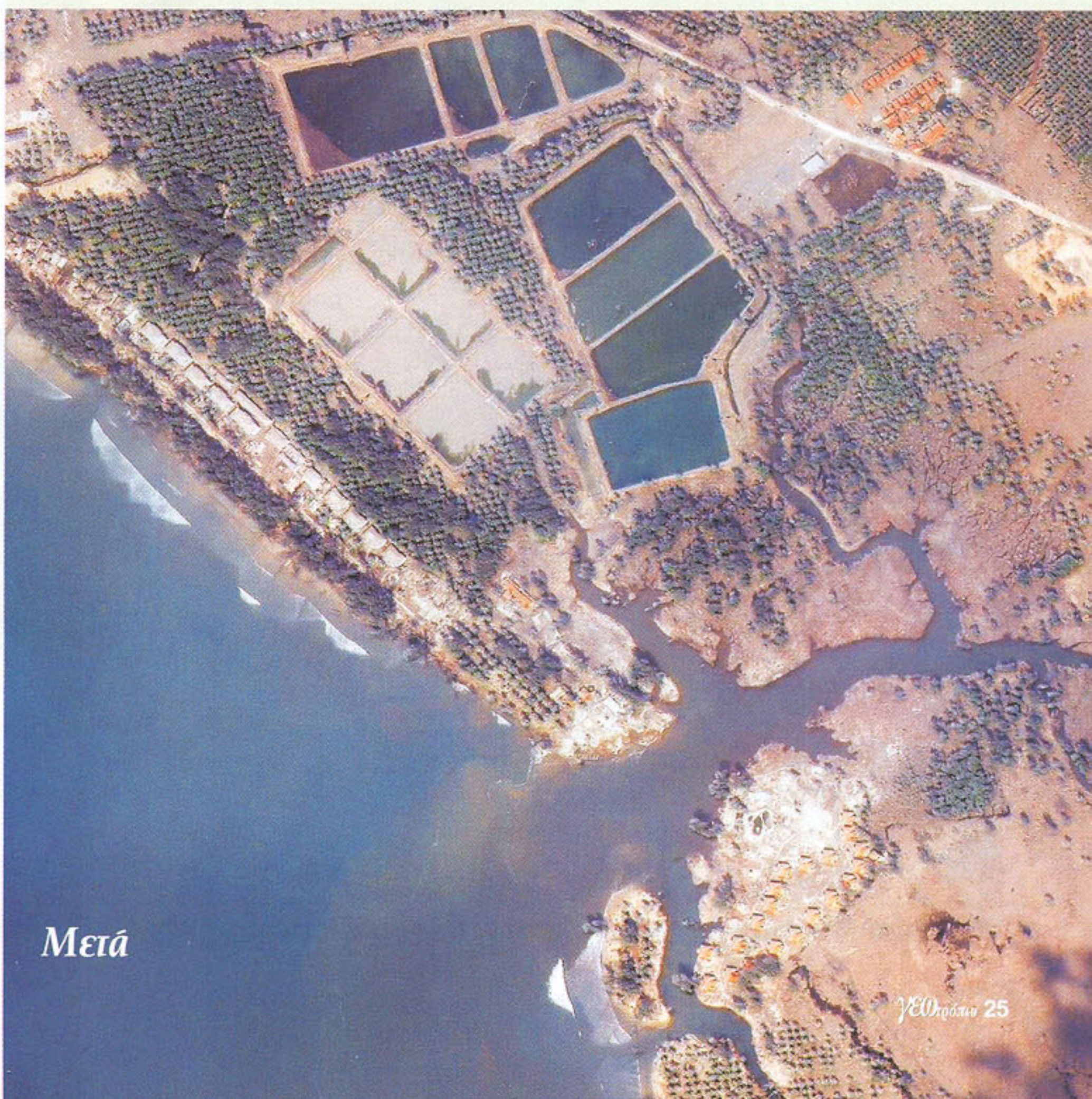


Μια νησίδα κοντά στο Ασεχ, στο βόρειο άκρο της Σουμάτρας, όπως τη φωτογράφησε ο δορυφόρος πριν και μετά την προσβολή από το παληρροϊκό κύμα βαρύτητας. Διακρίνεται η ολοκληρωτική καταστροφή και των κατασκευών και των υποδομών, αηλιά και το τμήμα της χέρσου που εξαφανίστηκε



Πριν

Η περιοχή Khaos Lao στην Ταϊλάνδη. Οι δορυφορικές εικόνες αποτυπώνουν τον παράδεισο πριν το tsunami (πάνω) και την καταστροφή μέσα σε μια ζώνη τουλάχιστον 500 μέτρων από την ακτή (κάτω)



Μετά

πυθμένα και το μικρό βάθος μείωσαν το μήκος και αύξησαν το ύψος, το οποίο φτάνοντας στην ακτή ήταν σε ορισμένες θέσεις πάνω από 18 μέτρα

Αρκούν μόνο λίγες στιγμές για να αντιληφθούμε πόσο ασήμαντοι είμαστε μπροστά στην παντοδυναμία της Φύσης. Ο σεισμός και το φονικό τσουνάμι μάς το επιβεβαίωσαν δυστυχώς! Ακόμη όμως και σ' αυτή την περίπτωση, η έλλειψη έγκαιρης και έγκυρης ενημέρωσης έκανε πιο τραγικά τα αποτελέσματα. Η επίσκεψη σε πληγείσες περιοχές ήταν μια αποστολή στην οποία συμμετείχα ως επιστήμονας. Οι εικόνες όμως που αντίκρισα με σημάδεψαν βαθιά ως άνθρωπο

Κείμενο: **Ευθύμιος Λέκκας**

καθηγητής Δυναμικής Τεκτονικής
Εφαρμοσμένης Γεωλογίας Παν/μίου Αθηνών
Φωτ: Δορυφορικές εικόνες «ΙΚΟΝΟΣ»



Ήταν τέτοια η ορμή του κύματος tsunami που το δάσος έγινε ενός άηλου είδους αγκυροβόλιο

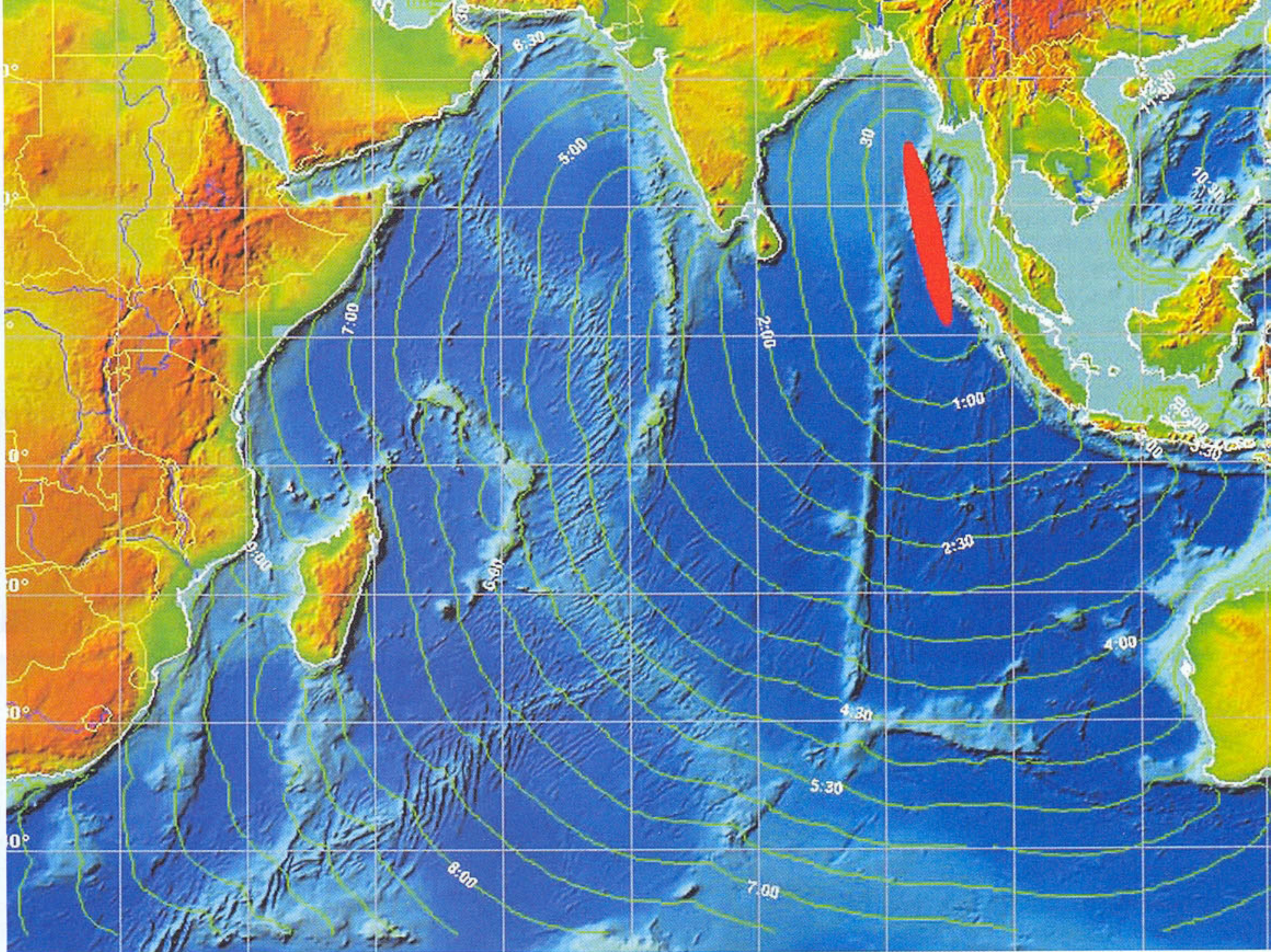


Ένα αυτοκίνητο, το οποίο βοηθούμενο από τα κύματα πάρκαρα σε ένα ασφαλές καταφύγιο

Το αεροπλάνο προσγειώνεται στο νησί Phuket της Ταϊλάνδης αργά το απόγευμα, έπειτα από 12 ώρες πτήση, μεταφέροντας ανθρωπιστική βοήθεια και την επιστημονική αποστολή του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Στο αεροδρόμιο η ατμόσφαιρα ήταν βουβή. Εκατοντάδες άνθρωποι, κυρίως τουρίστες, επέστρεφαν στις χώρες τους ύστερα από μια οδυνηρή εμπειρία, από ένα αλλιώτικο ταξίδι. Οι πιο πολλοί χωρίς προσφιλή τους πρόσωπα, τα οποία τα παρέσυραν για πάντα τα ορμητικά κύματα του Ινδικού ωκεανού.

Λίγα εικοσιτετράωρα νωρίτερα είχε εκδηλωθεί ένα από τα πιο σπάνια φυσικά φαινόμενα, ένα παλιρροϊκό κύμα βαρύτητας (tsunami) το οποίο έπληξε σχεδόν όλο τον Ινδικό ωκεανό έπειτα από



ένα σεισμό 9,0 R με επίκεντρο ανοιχτά της Σουμάτρας.

Ένα φαινόμενο που οι πιο πολλοί γνωρίζαμε από τις ιστορικές αναφορές και μαρτυρίες. Ένα φαινόμενο που πολύ λίγες φορές παρατηρήσαμε τις τελευταίες δεκαετίες. Ένα φαινόμενο που εγώ και πολλοί συνάδελφοί μου θεωρούσαμε σχεδόν αδύνατο να συμβεί σε τέτοια κλίμακα!

Πρώτος σταθμός, η παραλία Phatong, δέκα χιλιόμετρα δυτικά του Phuket, μια πόλη τουριστική με πολλά ξενοδοχεία. Μια πόλη ισοπεδωμένη, απροσπέλαστη από τα συντρίμια. Σπίτια, ξενοδοχεία μέχρι το δεύτερο όροφο, όλα διαλυμένα. Αυτοκίνητα, εμπορεύματα, καθίσματα, οικιακές συσκευές, δέντρα, τα πάντα ένας φονικός σωρός.

Δέκα χιλιόμετρα νότια, σε μια άλλη παραλιακή πόλη, την Katon,

με πολλά ξενοδοχεία και έντονη ζωή. Εδώ το κύμα είναι σαν να μην έγινε αισθητό· μόνο μερικές βιτρίνες είχε σπάσει και τίποτα άλλο. Ήταν φανερό ότι εδώ το tsunami είχε πολύ μικρότερη ένταση, παρά το γεγονός ότι η ακτή είχε τον ίδιο προσανατολισμό και ήταν σχεδόν συνέχεια και ομοιόμορφη με την προηγούμενη. Συνεχίζοντας την πορεία, η ίδια εικόνα: να εναλλάσσονται περιοχές άλλοτε με μεγάλες καταστροφές και άλλοτε άθικτες. Ήταν φανερό ότι ο πυθμένας έπαιξε ένα σημαντικότατο ρόλο στη διαμόρφωση του ύψους και της ορμής των κυμάτων στην ακτή.

Εκατόν πενήντα χιλιόμετρα βόρεια φτάνουμε σε ένα ψαροχώρι, το Takua Pa. Τα πάντα μια μάζα. Σπίτια, λάσπη, ιζήματα του πυθμένα, ό,τι απέμεινε από καράβια, δέντρα, αυτοκίνητα, ζώα, ανθρώπους. Όλα ένα. Όσοι από τους κατοίκους

Τα κύματα ξεκινώντας από την επικεντρική περιοχή αναπτύχθηκαν σε όλο τον Ινδικό ωκεανό (και όχι μόνο) και έφτασαν μέσα σε 15 λεπτά στις κοντινές χώρες, όπως για παράδειγμα στην Ινδονησία (Σουμάτρα) και στην Ταϊλάνδη, χωρίς να υπάρχει διαθέσιμος χρόνος αντίδρασης. Αντίθετα στη Σρι Λάνκα, την Ινδία και τις Μαλδίβες η άφιξή τους έγινε δύο ώρες μετά. Στις χώρες όμως αυτές δεν υπήρχαν οργανωμένες διοικητικές και επιχειρησιακές δομές για να γίνει έγκαιρη προειδοποίηση και έτσι να σωθούν χιλιάδες άνθρωποι

διασώθηκαν, απέμειναν να κοιτάζουν αποσβολωμένοι χωρίς να πιστεύουν αυτό που είχε συμβεί. Οι περισσότεροι με εμφανή ακόμη τα σημάδια από την πάλη με τα κύματα, αλλά και με τα αντικείμενα που μετέφεραν με ιλιγγιώδη ταχύτητα.

Γιατί τα κύματα ήταν τόσο ψηλά και τόσο ορμητικά εδώ σε αυτό το χώρο;

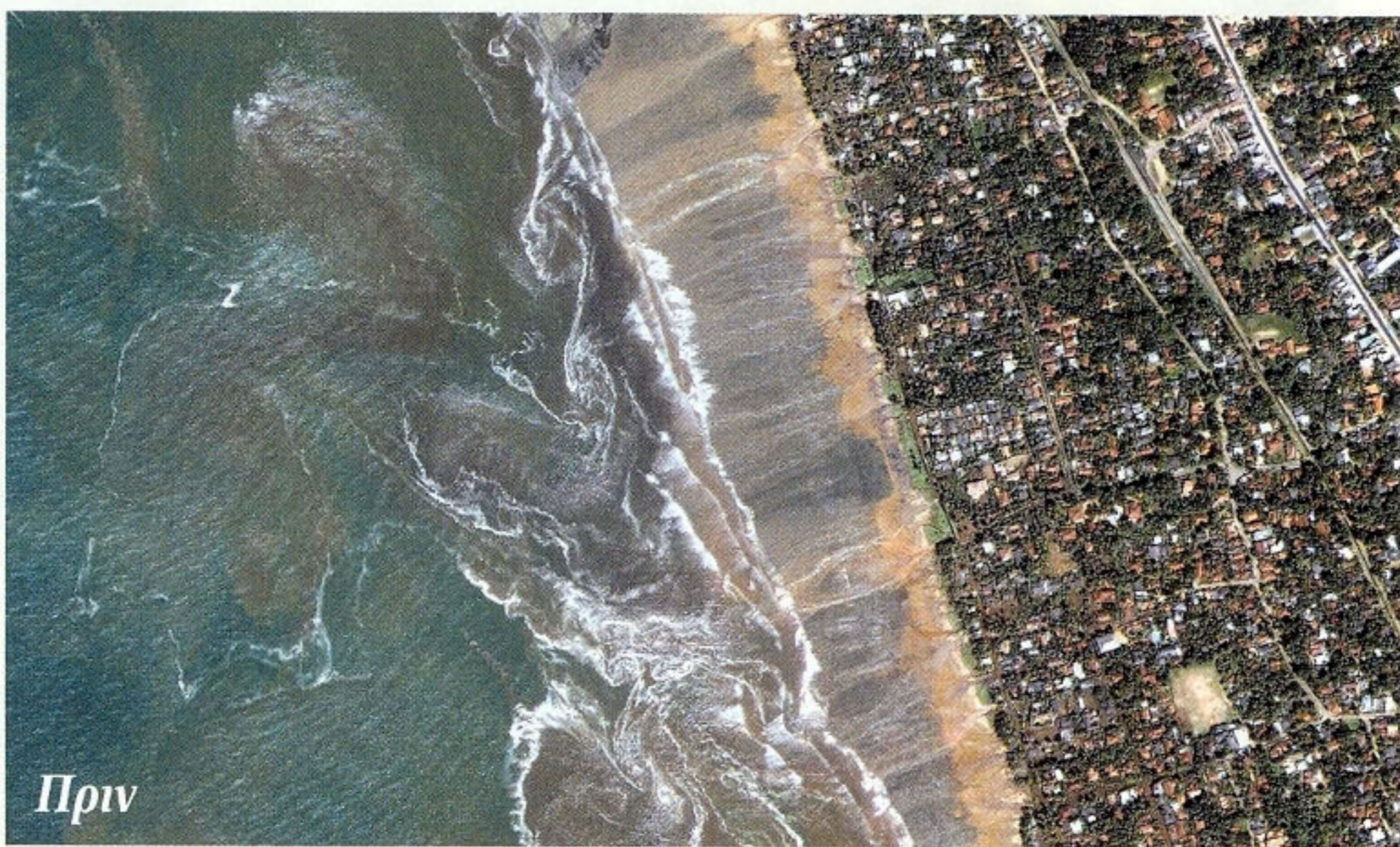
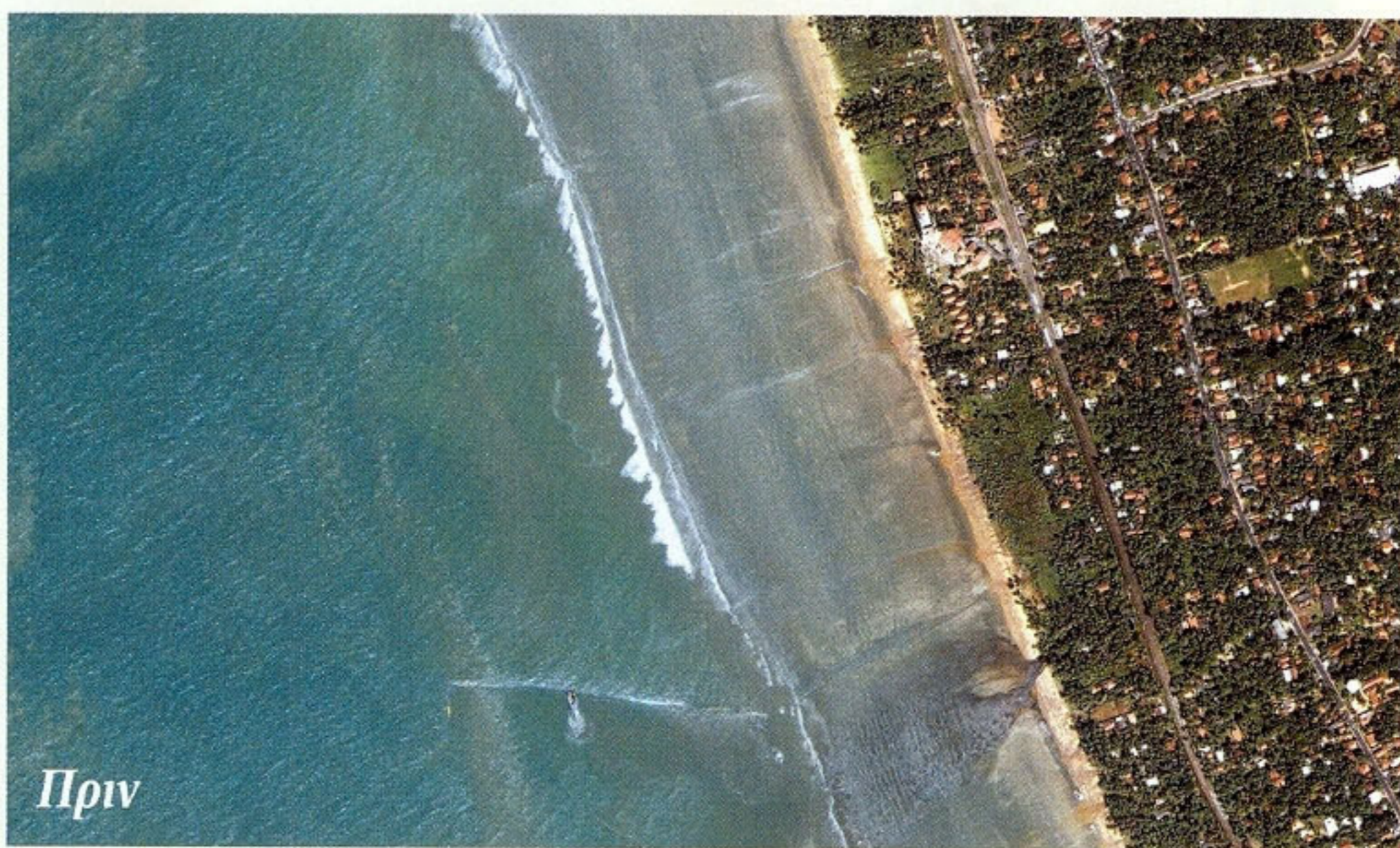
Το Takua Pa ήταν στο βάθος ενός σχετικά ανοιχτού και αβαθού ►

► κόλπου. Όταν οι υδάτινες μάζες εισήλθαν με μεγάλη ταχύτητα, που προσέγγισε τα 250 χιλιόμετρα την ώρα, μέσα στον αβαθή κόλπο συνάντησαν αδιέξοδο και απέκτησαν ύψος που έφτασε στην ακτή περίπου τα 20 μέτρα. Η σφοδρότητα της προσβολής ήταν αδιανόητη. Ολόκληρα σκάφη, μεγάλα ψαροκάικα, εκτινάχθηκαν μερικές εκατοντάδες μέτρα μέσα στην ξηρά.

Στο Takua Ra συναντιόμαστε για πρώτη φορά και με την οργανωμένη επιστημονική αποστολή του ΟΗΕ. Η επαφή μαζί τους μάς βοήθησε σημαντικά για να αποκτήσουμε μια ολοκληρωμένη εικόνα του φαινομένου και της καταστροφής. Ο εξοπλισμός που διέθεταν και κυρίως η δυνατότητα επικοινωνίας μέσω διαδικτύου μάς έκανε κοινωνούς όλης της εντατικά παραγόμενης επιστημονικής γνώσης σε όλο τον κόσμο και μας επέτρεψε να έχουμε άμεση αντίληψη της τεράστιας περιοχής που επλήγη από την καταστροφή. Υπήρξε ο οδηγός μας, πια, για το πού θα πάμε και πού θα κατευθύνουμε τις έρευνές μας. Βορειότερα, στη Μιανμάρ και στο Μπανγκλαντές, στην προς Βορρά προέκταση του σεισμικού ρήγματος, οι ζημιές φαίνονταν σημαντικά λιγότερες. Αντίθετα, προς τη Σουμάτρα, στα ανατολικά του επικέντρου και στη Σρι Λάνκα και την Ινδία προς τα δυτικά, οι καταστροφές είναι τεράστιες.

Αυτό μας κάνει να συνειδητοποιήσουμε για πρώτη φορά ότι τα κύματα tsunami έχουν μια διαφορετική συμπεριφορά από τα κύματα του σεισμού! Τα πρώτα αναπτύσσονται κυρίως σε κάθετη διεύθυνση προς το σεισμικό ρήγμα και οι καταστροφές γίνονται προς την εγκάρσια διεύθυνση. Αντίθετα τα δεύτερα αναπτύσσονται κατά μήκος του σεισμικού κύματος και οι ζημιές γίνονται μόνο προς την ίδια διεύθυνση.

Η διαπίστωση αυτή έρχεται ταυτόχρονα με τη σκέψη ότι τα κύματα tsunami στη Φύση τα μελετήσαμε δύο ή τρεις φορές μόνο τον περασμένο αιώνα και μάλιστα με ελλιπή δεδομένα. Και οι δυνατότητες της





Μετά



Μετά



Μετά

Οι δορυφόροι αποτύπωσαν με κάθε λεπτομέρεια τη διαδικασία προσβολής μιας ακτής της Σρι Λάνκα από τα κύματα. Αρχικά ηρεμία, η πρώτη απόσυρση των νερών, που στη συνέχεια γενικεύεται και φτάνει την απόσταση των 350 μέτρων από την ακτογραμμή. Λίγο αργότερα τα ορμητικά νερά προωθούνται και προσβάλλουν βίαια την παράκτια περιοχή, καταστρέφοντας ό,τι υπάρχει σε αυτή. Τέλος, τεράστιες δίνες απόσυρσης προετοιμάζουν τη δεύτερη άφιξη

δορυφορικής τεχνολογίας και των άλλων καινοτομιών που διευκολύνουν αφάνταστα την έρευνα μπόρεσαν να εφαρμοστούν για πρώτη φορά μόλις τώρα!

Κατευθυνόμαστε προς τη Σουμάτρα, ένα νησί τρεις φορές όσο η Ελλάδα, που σύμφωνα με τις πληροφορίες και τις φωτογραφίες των δορυφόρων έπαθε ολοκληρωτικές καταστροφές. Φθάνουμε στο Ασεχ μια μέρα μετά, έπειτα από ένα απερίγραπτο ταξίδι. Εδώ η εικόνα είναι διαφορετική. Τα tsunami εισέβαλαν στη στεριά μέχρι και τριάμισι χιλιόμετρα, καταστρέφοντας τα πάντα. Οι ζημιές δεν οφείλονται μόνο σε αυτά. Είναι εμφανές ότι ο σεισμός είχε το μερίδιό του στην καταστροφή. Στα ελάχιστα κτήρια που ήταν σχετικά σύγχρονα και δεν κατέρρευσαν τελείως, διακρίνονταν βλάβες στο φέροντα οργανισμό από το σεισμό. Και στη συνέχεια, βέβαια, μέσα το πολύ σε 10 λεπτά, ήρθαν τα κύματα, τα οποία ολοκλήρωσαν το καταστροφικό έργο.

Σρι Λάνκα. Ένα νησί στη δυτική πλευρά του Ινδικού ωκεανού. Εδώ τα κύματα tsunami άργησαν να φτάσουν. Ο σεισμός δεν έγινε καν αντιληπτός. Και αυτό ήταν το χειρότερο, γιατί οι κάτοικοι αντίκρισαν ξαφνικά στο πέλαγος κάποια κύματα να έρχονται. Αρχικά δεν τους έδωσαν σημασία. Όταν αυτά όμως έφτασαν στην ακτή, θέριεψαν. Από μερικά μέτρα ύψος ξεπέρασαν τα 15 και σάρωσαν την ακτή σε ένα μήκος πεντακοσίων και πλέον χιλιομέτρων. Εδώ τα tsunami εί- ►

► χαν όλο το χρόνο στη διάθεσή τους. Κατευθυνόμενα προς τη Δύση, πέρασαν σχεδόν όλο τών Ινδικό ωκεανό, διήνυσαν μια απόσταση 1.000 χιλιομέτρων και έφτασαν έπειτα από δύο ώρες στις ακτές, όπου και με δεδομένο το μικρό βάθος του πυθμένα αναπτύχθηκαν σε ύψος και κατέστρεψαν τα πάντα. Σε μια χώρα με υποδομές ελάχιστες, που αντιμετωπίζει τεράστια οικονομικά και κοινωνικά προβλήματα και που οι προτεραιότητες είναι οι ανάγκες επιβίωσης.

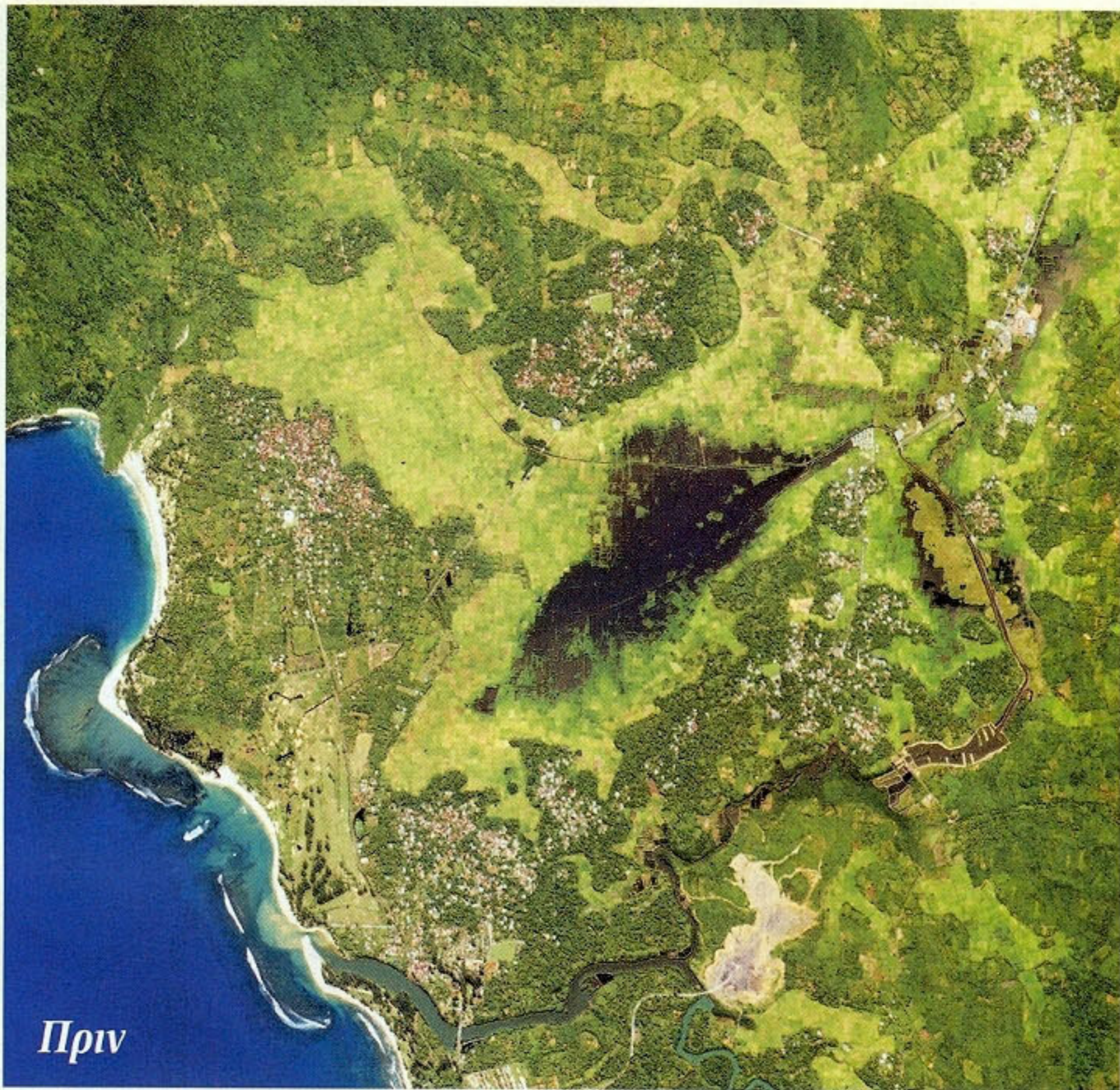
Λίγο πιο δυτικά η Ινδία αριθμεί ίσως τις μεγαλύτερες επιπτώσεις όχι σε θύματα, αλλά κυρίως στις υποδομές. Όλη η δυτική Ινδία κατά μήκος της ακτής των 1.500 χιλιομέτρων κατακλύστηκε από τα tsunami. Κυρίως επλήγησαν οι παράκτιες υποδομές, τα λιμάνια και οι εγκαταστάσεις, ενώ το οδικό και σιδηροδρομικό δίκτυο που αναπτυσσόταν παράλληλα με την ακτογραμμή αχρηστεύθηκε.

Το οδοιπορικό ολοκληρώνεται στις Μαλδίβες, τα παραμυθένια εκατοντάδες νησιά που βρίσκονται νότια των Ινδιών. Νησιά τα οποία δεν είναι τίποτα άλλο από αποικίες κοραλλιών που φθάνουν λίγο πιο πάνω από το επίπεδο της θάλασσας.

Σε αυτό ακριβώς το λόγο οφείλεται και η ταχύτατη τουριστική τους ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια. Ξενοδοχειακά συγκροτήματα σχεδόν στο επίπεδο της θάλασσας ή μέσα σε αυτήν προσέφεραν σχετικά φτηνές και παραδεισένιες εξωτικές διακοπές.

Σε αυτό όμως ακριβώς το λόγο οφείλεται και η μεγάλη τρωτότητά τους απέναντι στους φυσικούς κινδύνους. Ιδιαίτερα για τα κύματα tsunami τα εκατοντάδες νησιά ήταν εύκολη λεία. Το μικρό υψόμετρο των νησιών, συνήθως μόλις 2-5 μέτρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, δεν ήταν ικανό να αναχαιτίσει τα κύματα. Πολλά από αυτά εξαφανίστηκαν από το χάρτη μαζί με ό,τι άλλο υπήρχε πάνω τους. Ξενοδοχεία, σπίτια, άνθρωποι.

Όσο κι αν φαίνεται ασήμαντο α-





Μόνο από τις φωτογραφίες του δορυφόρου πριν και μετά την εκδήλωση των tsunami στην πόλη Aceh της Ινδονησίας μπορεί κανείς να συνειδητοποιήσει ποιες είναι οι επιπτώσεις όχι μόνο στις πόλεις και στους ανθρώπους, αλλά και στο περιβάλλον

πό κάποιους, το θέμα της έλλειψης ενημέρωσης έπαιξε καθοριστικό ρόλο στην αύξηση του αριθμού των θυμάτων.

Δέκα μέρες μετά, στο ταξίδι της επιστροφής, από το αεροπλάνο κοιτώ χαμηλά την οροσειρά των Ιμαλαΐων στα σύνορα της Ινδίας, του Θιβέτ και της Κίνας. Μια ορεινή αλυσίδα που φτάνει μέχρι τη χώρα μας, αφού πρώτα περνά το Αφγανιστάν, το Ιράν, το Ιράκ, την Τουρκία και συνεχίζει στη Γιουγκοσλαβία, την Αυστρία, την Ελβετία και την Ισπανία. Μια τεράστια οροσειρά που υποδηλώνει τη θέση του παλιού ωκεανού της Τηθύος, μέσα στον οποίο αποτέθηκαν πετρώματα που στη συνέχεια με συνεχείς κινήσεις, ρηγματώσεις και πτυχώσεις συγκρότησαν την οροσειρά. Ρηγματώσεις και πτυχώσεις που προκάλεσαν σεισμούς, τεράστιους σεισμούς, tsunami, ηφαιστειακές εκρήξεις, κατολισθήσεις.

Φαινόμενα τα οποία εκδηλώνονται τα τελευταία τριακόσια εκατομμύρια χρόνια τουλάχιστον. Φαινόμενα απολύτως φυσικά που εκδηλώνονται σε όλη τη ζωή του πλανήτη μας εδώ και 4,5 δισεκατομμύρια χρόνια. Φαινόμενα τα οποία εμείς οι άνθρωποι τα ονομάζουμε καταστροφικά στην καλύτερη περίπτωση, ενώ πολλοί ακόμη και τώρα τα λένε θεομηνίες! Αλλά αυτά τα ίδια φαινόμενα διαμόρφωσαν ένα φιλόξενο πλανήτη, έναν πλανήτη μοναδικό ανάμεσα σε δισεκατομμύρια αστέρια, που μας φιλοξενεί.

Εμείς ως επιστήμονες έχουμε ένα μεγάλο χρέος, να μπορέσουμε να καταδείξουμε τις σωστές περιοχές ανάπτυξης, τις όσο γίνεται πιο ασφαλείς περιοχές. Και αυτό να γίνει συνείδηση του κόσμου των κρατών. ■



ΝΕΩτρόπιο

ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΟ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟ ΤΗΣ "Ε"

Σανγκάν

Επιστροφή στο μέλλον

- Παταγονία
- Ιερισσός
- BBC Wildlife
- Διάστημα

