

Ο σεισμός του Αιγίου (15 - 6 - 1995), σεισμοτεκτονικές παρατηρήσεις και γεωμορφικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον

Δ. Παπαναστασίου και Κ. Γάκη - Παπαναστασίου***

** Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, 118 10 Αθήνα*

*** Τομέας Γεωγραφίας - Κλιματολογίας
Πανεπιστήμιο Αθηνών, 157 84 Αθήνα*

Περίληψη

Την 15η Ιουνίου 1995, καταστροφικός σεισμός μεγέθους $M_s = 6.1$ έπληξε την περιοχή του Αιγίου, καθώς και τις νότιες ακτές της Φωκίδας (περιοχή Ερατεινής), προκαλώντας 26 ανθρώπινα θύματα, αλλά και σοβαρότατες υλικές ζημιές.

Μετά την εκδήλωση του σεισμού παρατηρήθηκε στο ύπαιθρο επιφανειακή διάρρηξη μήκους περίπου 5 km . μεταξύ του χωριού Ροδοδάφνη στα Δυτικά και του Αιγίου στα Ανατολικά, που παρουσίαζε καθοδική κίνηση του προς Βορά τεμάχους της τάξης των 5 cm. Η κατανομή των μετασεισμών, καθώς και ο σχεδιασθείς μηχανισμός γένεσης του κύριου σεισμού συμφωνούν με τα χαρακτηριστικά της παρατηρηθείσας επιφανειακής διάρρηξης.

Εκτός των σημαντικών υλικών καταστροφών και καταρρεύσεων κτιρίων, ο σεισμός προκάλεσε σημαντικές επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον. Κατά μήκος των ακτών της περιοχής του Αιγίου, μεταξύ των εκβολών του Μεγανείτα και του Βουραϊκού, καθώς και στην περιοχή της Ερατεινής παρατηρήθηκαν δευτερογενή φαινόμενα, όπως εδαφικές ρωγμές, αποκολλήσεις ακτών και ρευστοποιήσεις εδαφών. Στους ορεινούς όγκους νότια του Αιγίου, καθώς και στην περιοχή του Βουραϊκού αναφέρθηκαν μικρής κλίμακας κατολισθήσεις και πτώσεις βράχων.

Abstract

On June 15, 1995, a catastrophic earthquake of magnitude $M_s = 6.1$ struck the area of Aigio. Twenty-six persons were killed and serious damage was caused in the broader area of Aigio city, as well as at the northern coast of western Corinthiakos Gulf.

Οι υπάρχουσες πληροφορίες για τους σεισμούς του παρελθόντος αναφέρουν ότι προκάλεσαν οσοβαρές επιπτώσεις στο φυσικά περιβάλλον. Σχεδόν σε όλους απ'αυτούς παρατηρήθηκαν φαινόμενα ρευστοποίησης εδαφών, εδαφικές ρωγμές, αποκολήσεις ακτών καθώς κατολισθήσεις και πτώσεις βράχων στην ορεινή περιοχή. Επίσης αναφέρθηκε η παρουσία θαλασσιών κυμάτων βαρύτητας (τσουνάμι), τα οποία εμφανίστηκαν μερικά δευτερόλεπτα ή λεπτά μετά το σεισμό και επέτειναν τις καταστροφές στην παραθαλάσσια ζώνη.

Την 7η Φεβρουαρίου 1963, 21:28 τοπική ώρα, θαλάσσιο κύμα, το οποίο δεν προήλθε από σεισμό αλλά από υποθαλάσσια κατολίσθηση, προσέβαλε την περιοχή δυτικά του Αιγίου μέχρι τον Ψαθόπυργο, κυρίως σε έκταση 10 km εκατέρωθεν του ακρωτηρίου Σαλμενίκος, καθώς και τις απέναντι ακτές της Στεράς Ελλάδας, προκαλώντας σημοντικότητα ζημιές (Γολανόπουλος κ.ά., 1964). Στο ακρωτήριο Σαλμενίκος τα αποτελέσματα ήταν ιδιαίτερο σοβαρό και μια παραθαλάσσια λωρίδα μήκους 440 m. και εύρους 10-15 m. βυθίστηκε 5 έως 44 m. κάτω από τη θάλασσο.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα γεωδυναμικά φαινόμενα που δημιουργήθηκαν από το σεισμό της 15ης Ιουνίου 1995, όπως αυτά παρατηρήθηκαν και χαρτογραφήθηκαν στο ύπαιθρο. Όλες οι παρατηρήσεις συνδυάζονται με τις σεισμολογικές πληροφορίες για να ερμηνευθεί η δημιουργία τους και η κατανομή τους, αλλά και να συναχθούν συμπεράσματα σχετικά με τη σεισμική επικινδυνότητα της περιοχής.

Γεωλογία - Τεκτονική της Περιοχής

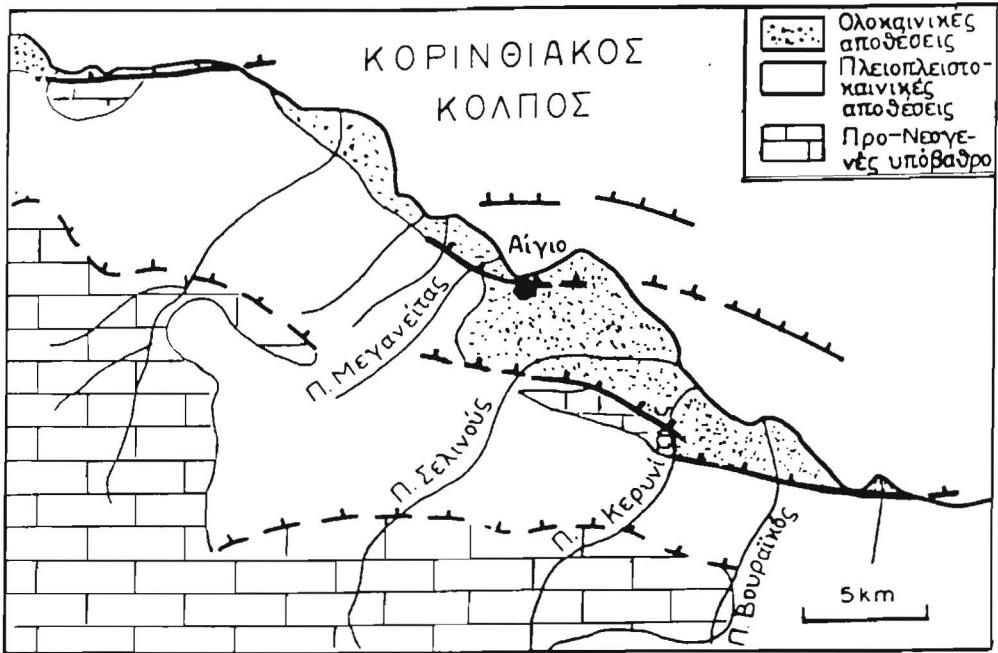
Ο Κορινθιακός κόλπος είναι μία ασύμμετρη τεκτονική τάφρος στην οποία η νότιο ακτή ανυψώνεται, ενώ η βόρεια βυθίζεται. Αυτό επίσης γίνεται φανερό από τη μορφολογία της ακτογραμμής η οποία είναι απότομη και ευθεία στο νότο, ενώ στο βορρά είναι πολυοχιδής με πολλές χερσονήσους.

Η γεωλογία και τεκτονική της περιοχής έχει μελετηθεί από πολλούς ερευνητές. Μεταξύ αυτών και οι Dufaure (1975) και Ραυλίμενος (1993).

Το υψηλό ανάγλυφο του δυτικού άκρου της νότιας ακτής οριοθετείται από μία σειρά κανανικών ρηγμάτων του: Ψαθόπυργου, του Αιγίου και της Ελίκης. Τα χερσαία τμήματά τους έχουν μήκος από 10 έως 25 km, ενώ προς ανατολάς συνεχίζονται μέσα στη θάλασσα (Σχ. 1), όπως πιστοποιήθηκε και από υποθαλάσσιες έρευνες του ΕΚΘΕ. Η μέση διεύθυνσή τους είναι Β90° - 110° Α και κλίνουν προς βορρά με κλίση 50° - 60°. Οι ίδιες μελέτες αποκάλυψαν την ύπαρξη υποθαλάσσιου ρήγματος

με τα ίδια χαρακτηριστικά ευρισκόμενο βορειότερα από αυτό του Αιγίου. Προς το νότο υπάρχουν παλαιότερα και προφανώς λιγότερο ανενεργά ρήγματα (Λάκκας, Μαμουσιών) με τα ίδια χαρακτηριστικά.

Νότια των κανονικών ρηγμάτων, στα ανυψωμένα τμήματα, παρατηρούνται ασβεστολιθικές ράχεις (Σχ. 1). Ανάμεσά τους ευρίσκονται Πλειο-Πλειστοκαινικά ιζήματα, όπως συνεκτικοποιημένες μάργες, φαμίτες και κροκαλοπαγή, καθώς και αποθέσεις αλλουβιακών ριπιδίων.

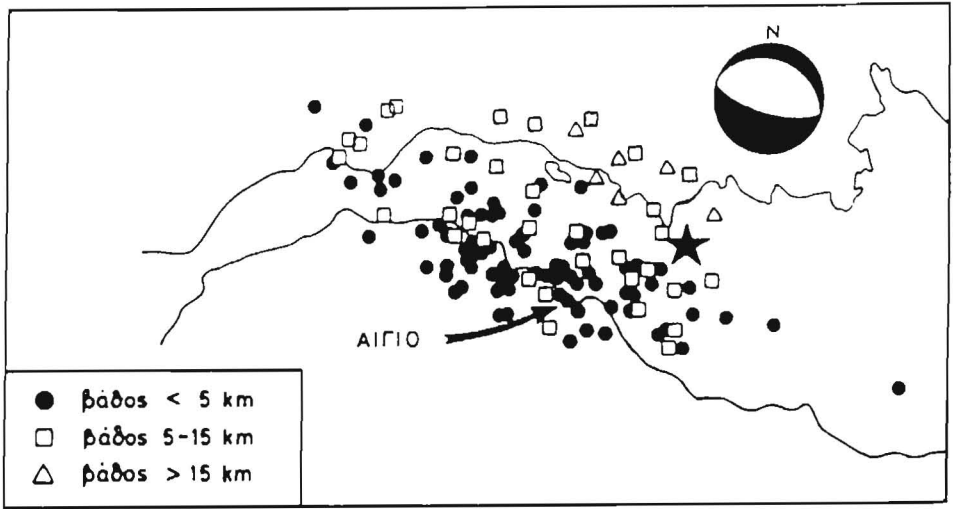


Σχ. 1. Απλοποιημένος Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής του Αιγίου στον οποίο επίσης εικονίζονται και τα κυριότερα ρήγματα.

Ο σεισμός της 15ης Ιουνίου και η Μετασεισμική Ακολουθία

Ο κύριος σεισμός μεγέθους $M_s = 6,1$ συνέβη την 02:15 τοπική ώρα (00:15 GMT) χωρίς προσεισμική δραστηριότητα. Ο μεγαλύτερος μετασεισμός μεγέθους 5,7 συνέβη 15 λεπτά μετά. Το επίκεντρο του κύριου σεισμού τοποθετείται στο θαλάσσιο χώρο (Σχ. 2) του Κορινθιακού κόλπου πολύ κοντά στις ακτές της Φωκίδας, σε απόσταση 17 km βορειοανατολικά της πόλης του Αιγίου, ενώ το βάθος του είναι της τάξης των 15 km περίπου (Papanastassiou et al., 1995). Στην περιοχή Ερατεινής παρατηρήθηκε μικρού ύψους θαλάσσιο κύμα βαρύτητας.

Η χωρική κατανομή των επικέντρων των μετασεισμών, οι οποίοι καταγράφηκαν από τοπικό δίκτυο του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου παρουσιάζεται να εκτείνεται σε διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ βόρεια των ακτών της Πελοποννήσου με βάθη τα οποία αυξάνονται από την Πελοπόννησο προς τη Στερεά Ελλάδα (Σχ. 2). Το σύνολο σχεδόν των μετασεισμών ευρίσκεται σε βάθη μικρότερα των 20 km.



Σχ. 2. Χωρική κατανομή των επικέντρων των μετασεισμών της 15ης Ιουνίου

Από τη σχέση του επικέντρου του κύριου σεισμού και της κατανομής των μετασεισμών γίνεται φανερό ότι η μετασεισμική δραστηριότητα επεκτάθη κυρίως προς τα Δυτικά και Νοτιοδυτικά του κύριου σεισμού.

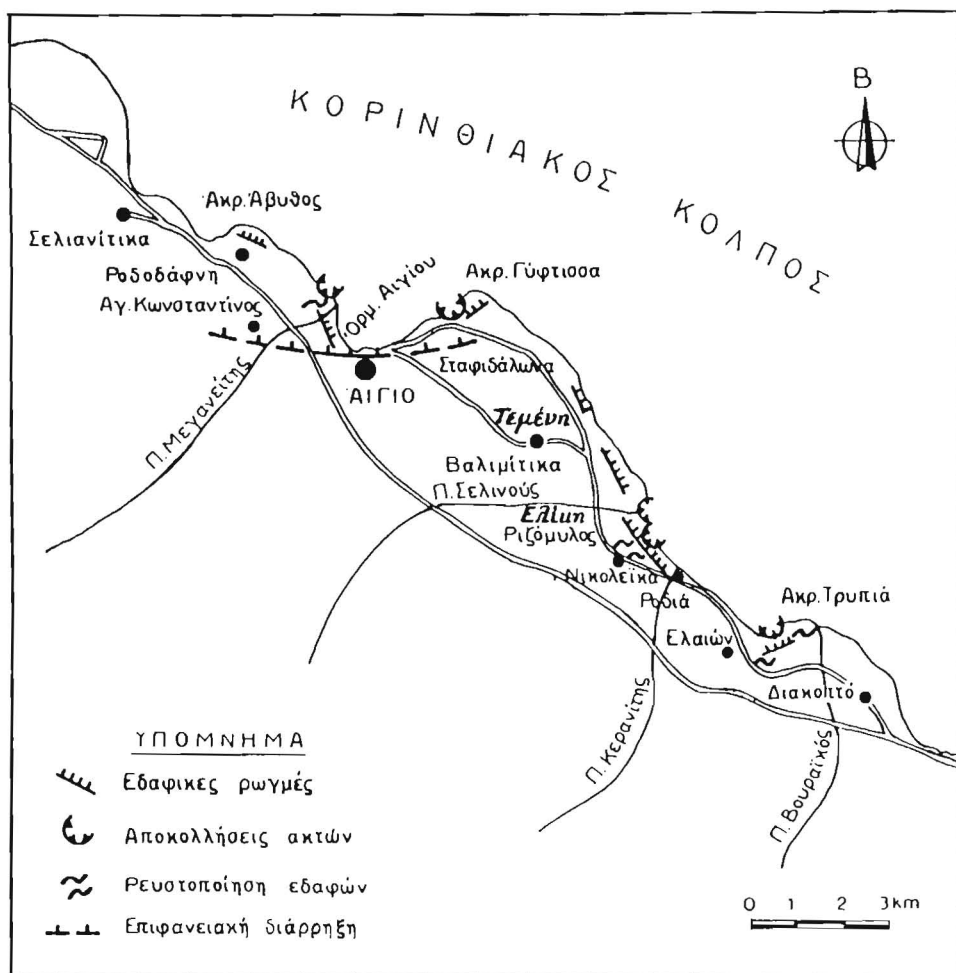
Ο εστιακός μηχανισμός που σχεδιάστηκε για τον κύριο σεισμό (Σχ. 2) αντιστοιχεί σε κανονική διάρρηξη. Τα επίπεδα των ρηγμάτων έχουν διευθύνσεις $N104^{\circ}A$ και $N110^{\circ}A$ με κλίσεις $56^{\circ}N\Delta$ και $35^{\circ}B\Lambda$, αντίστοιχα. Το δεύτερο ρηξιγενές επίπεδο ευρίσκεται σε πολύ καλή συμφωνία με τα χαρακτηριστικά του ρήγματος του Αιγίου.

Σεισμοτεκτονικές Παρατηρήσεις και Γεωμορφικές επιπτώσεις

1. Επιφανειακή Διάρρηξη

Αμέσως μετά τον κύριο σεισμό, η επικεντρική περιοχή εξετάστηκε λεπτομερώς για την εύρεση και χαρτογράφηση εδαφικών διαρρήξεων που προκλήθηκαν από την επιφανειακή εκδήλωση της δραστηριοποίησης

κάποιου από τα ρήγματα της περιοχής. Κατά μήκος των ρηγμάτων της Ελίκης και του Ψαθόπυργου δεν παρατηρήθηκε καμία επιφανειακή δραστηριοποίηση, όμως κατά μήκος του κανονικού ρήγματος του Αιγίου χαρτογραφήθηκε εδαφική διάρρηξη με μέση διεύθυνση $N 100^\circ A$ (Σχ. 3). Η διάρρηξη αυτή αποτελείται από ανοιχτή εδαφική ρωγμή, το βόρειο τμήμα της παρουσίαζε καθοδική κατακόρυφη κίνηση 5 περίπου εκατοστών (Φωτ. 1). Το συνολικό μέρος της διάρρηξης ήταν περίπου 5 km. και παρατηρήθηκε ανάμεσα στο χωριό Άγιος Κωνσταντίνος στα δυτικά και της περιοχής Σταφιδάλωνα, που ευρίσκεται στο ανατολικό τμήμα του Αιγίου, στα Ανατολικά.



Σχ. 3. Χάρτης στον οποίο παρουσιάζονται οι σεισμοτεκτονικές παρατηρήσεις και οι γεωμορφικές επιπτώσεις του σεισμού της 15ης Ιουνίου 1995.

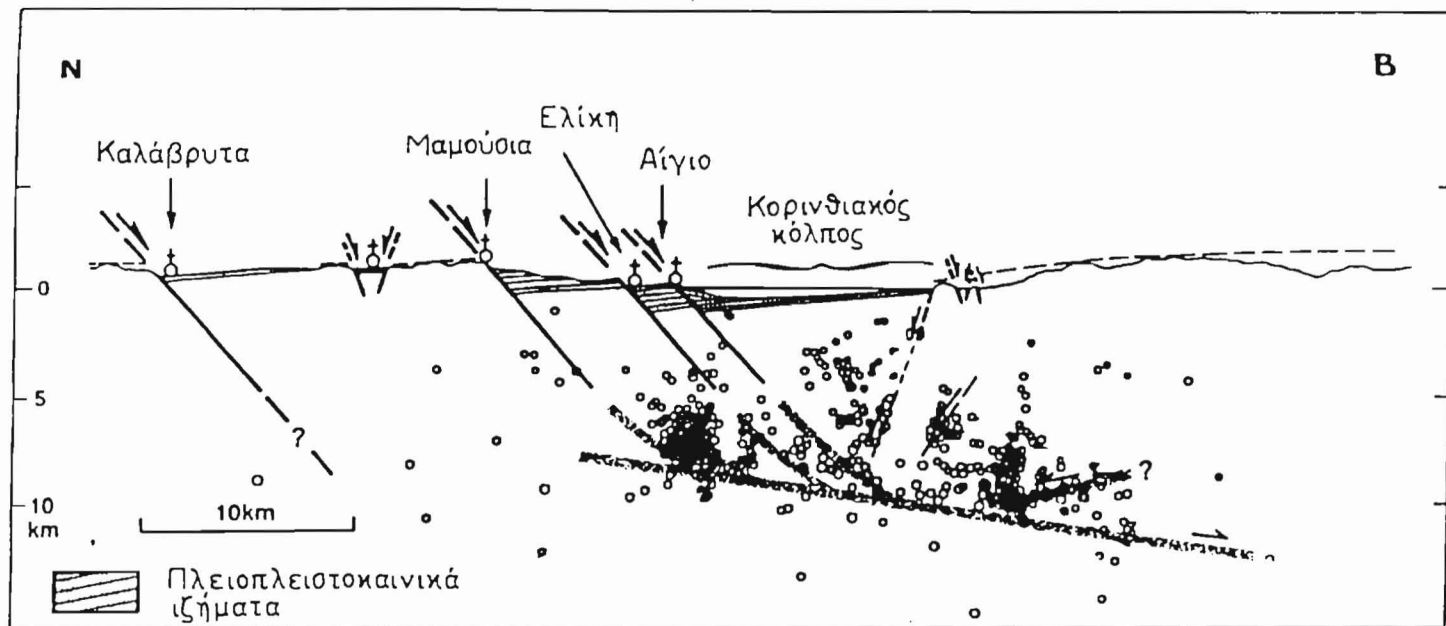


Φωτ. 1. Εδαφική ρωγμή, κατακόρυφης κίνησης 5 cm που παρατηρήθηκε σε διάφορες θέσεις κατά μήκος του ρήματος του Αιγίου.

Κατασκευές οι οποίες ευρέθηκαν πάνω στην εδαφική διάρρηξη υπέστησαν σοβαρότατες ζημιές, όπως η κατάρρευση του Διοικητηρίου της ΕΒΟ και οι σοβαρότατες ζημιές στο εργοστάσιο «Κουνινιώτης» (περιοχή Αγίου Κωνσταντίνου), η κατάρρευση μονόροφης οικίας στην περιοχή Μυρτιάς (Δυτικά του Αιγίου), το Υπολιμεναρχείο του Αιγίου, και κατοικίες στην περιοχή των Σταφιδάλων του Αιγίου.

Οι σοβαρότερες υλικές ζημιές στην περιοχή του Αιγίου και στα περίχωρα, παρουσιάζουν αυξημένη συγκέντρωση κατά μήκος της ακτογραμμής του Αιγίου, διεύθυνση η οποία αντιστοιχεί με την παρατηρηθείσα εδαφική διάρρηξη και η οποία συμπίπτει με αυτή του ρήματος του Αιγίου.

Λεπτομερής σεισμοτεκτονική μελέτη του δυτικού Κορινθιακού κόλπου (Rigo, 1994), έδειξε ότι τα ενεργά ρήματα του Αιγίου, της Ελίκης και το νοτιότερα ευρισκόμενο των Μαμουσιών δεν συνεχίζονται ανεξάρτητα μεταξύ τους στο βάθος, αλλά στα 10 km. περίπου συνδέονται με μία ενεργή ζώνη η οποία βυθίζεται με μικρή κλίση προς το Βορά (Σχ. 4). Η ζώνη αυτή οριοθετεί την επιφανειακή σεισμικότητα της περιοχής έτσι ώστε η πλειονότητα των σεισμών να παρατηρείται στο χώρο που ευρίσκεται πάνω απ' αυτήν, ενώ τα μεγαλύτερα εστιακά βάθη παρατη-



Σχ. 4. Γεωδυναμικό μοντέλο που παρουσιάζει την σχέση σεισμικότητας και ενεργών ρηγμάτων στην περιοχή Αιγίου.

ρούνται προς την πλευρά της Στερεάς Ελλάδας. Η υποθαλάσσια ρηξιγενής ζώνη βόρεια από το Αίγιο, που εντοπίστηκε μετά από τον σεισμό από το ΕΚΘΕ, εντάσσεται και αυτή στο γεωδυναμικό αυτό μοντέλο.

Την εικόνα αυτή παρουσιάζει και η κατακόρυφη κατανομή των μετασεισμών. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, ο κύριος σεισμός της 15ης Ιουνίου 1995 συνέβη στην ενεργή αυτή ζώνη κάτω από τα παράλια της Φωκίδας σε βάθος 12-15 km. Η σεισμική ενέργεια που ελευθερώθηκε, ακολούθησε στη διαδρομή της προς την επιφάνεια τα ρήγματα της βόρειας Πελοποννήσου, κυρίως το ρήγμα του Αιγίου κατά μήκος του οποίου παρατηρήθηκε η επιφανειακή διάρρηξη, και συγκεντρώνονται οι κυριότερες υλικές ζημιές, πιθανόν δε και το ευρισκόμενο βορειότερα από αυτό υποθαλάσσιο ρήγμα. Τη δραστηριοποίηση των δύο αυτών ρηγμάτων, επιβεβαιώνει και ο μεγάλος αριθμός μετασεισμών με μικρό βάθος (Σχ. 2) που παρατηρείται βόρεια απ'αυτά. Μικρό μέρος της σεισμικής ενέργειας πρέπει να ακολούθησε το ρήγμα της Ελίκης, υπόθεση η οποία επιβεβαιώνεται από την ύπαρξη μετασεισμών με μικρό βάθος νότια από το ρήγμα του Αιγίου, χωρίς όμως να είναι αρκετή ώστε να εμφανίσει στο ρήγμα της Ελίκης επιφανειακή διάρρηξη. Όμως στη ζώνη βόρεια απ'αυτό παρατηρήθηκαν φαινόμενα ρευστοποίησης, εδαφικών ρωγμών και αποκολλήσεις ακτών.

II. Ρευστοποιήσεις Εδαφών

Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται σε έδαφος που συνίσταται από λεπτόκοκκο υλικό με υψηλή αναλογία όμμου και νερού και εξ αιτίας ισχυρής σεισμικής ταλάντωσης, χάνει τη συνοχή του και συμπεριφέρεται στιγμιαία σαν ρευστό. Το ρευστοποιημένο έδαφος είτε εκτινάσσεται και δημιουργούνται χαρακτηριστικές μορφές μικρών κώνων λάσπης, είτε καθιζάνει και δημιουργούνται τοπικά βυθίσματα.

Φαινόμενα ρευστοποίησης παρατηρήθηκαν σε πολλά σημεία κατά μήκος της παραλιακής ζώνης από το ακρωτήριο Αβυθος στα δυτικά μέχρι το ακρωτήριο Τρυπιά στα ανατολικά, όπως στις εκβολές του Μεγανείτα, στο Ναυταθλητικό Ομίλο Αιγίου, στο χώρο του βιολογικού καθαρισμού των λυμάτων του Αιγίου, στις εκβολές του Κερυνίτη και στις εκβολές του Βουραϊκού (ακρωτήριο Τρυπιά) (Σχ. 3).

III. Εδαφικές Ρωγμές

Παρατηρήθηκαν να ακολουθούν σχεδόν συστηματικά διεύθυνση παράλληλη της ακτής και κυρίως οφείλονται στην καθίζηση των χαλαρών ιζημάτων.

Χαρτογραφήθηκαν σε πολλά σημεία της παραλιακής ζώνης (Σχ. 3) όπως στο ακρωτήριο Αβυθος, στο Ναυταθλητικό Ομιλο Αιγίου, στο χώρο του βιολογικού καθαρισμού των λυμάτων, στο λιμάνι του Αιγίου, στον υδροβιότοπο της Αλυκής, στις παραθαλάσσιες περιοχές Τεμένης, Βαλιμίτικων, Ριζόμυλου, Νικολαϊκών, Ροδιάς και Ελαιώνα, καθώς και στις εκβολές του Κερυνίτη και στο ακρωτήριο Τρυπιάς.

IV. Αποκολλήσεις Ακτών

Συχνά στις παράκτιες περιοχές, ο συνδυασμός υποθαλάσσιου ανάγλυφου με μεγάλη κλίση και παραθαλάσσιας ζώνης αποτελούμενης από χαλαρά υλικά έχει σαν αποτέλεσμα αρκετές δεκάδες τετραγωνικών μέτρων παραλίας να ολισθήσουν στη θάλασσα και η ξηρά να μεταβληθεί μόνιμα σε πυθμένα θάλασσας.



Φωτ. 2. Καταβύθιση της ακτής στην παραλία των Νικολαϊκών.

Τέτοια φαινόμενα παρατηρήθηκαν (Σχ. 3) στις εκβολές του Μεγανείτα, όπου αποσπάστηκε τμήμα ακτής 170 μέτρων και πλάτους 10 μέτρων. Στην παραλία των Νικολαϊκών, όπου καταβυθίστηκε ακτή μήκους

200 περίπου μέτρων και πλάτους 15 μέτρων (Φωτ. 2). Μεταξύ της νέας ακτής και της θάλασσας, παρατηρήθηκε υψομετρική διαφορά 1,5 περίπου μέτρων. Τέλος, στο ακρωτήριο Τρυπιάς αποσπάστηκε έκταση μήκους 170 μέτρων και πλάτους 50-70 μέτρων. Το φαινόμενο ενισχύθηκε στη θέση αυτή από τον πολύ χαλαρό χαρακτήρα των αποθέσεων που αντιστοιχούν στις εκβολές του Βουραϊκού.

V. Κατολισθήσεις - Πτώσεις Βράχων

Στους ορεινούς όγκους νότια του Αγίου Κωνσταντίνου και στην κοιλάδα του Βουραϊκού, λίγο πριν την έξοδό του στην πεδινή ζώνη, αναφέρθηκαν μικρής έκτασης κατολισθήσεις και πτώσεις βράχων.

Συμπεράσματα

Ο Κορινθιακός κόλπος, όπως είναι γνωστό, είναι μία περιοχή με υψηλή σεισμικότητα. Το χαρακτηριστικό στην περιοχή αυτή από την εκδήλωση ισχυρών σεισμών δεν είναι μόνο οι επιπτώσεις που παρατηρούνται στις κατασκευές, αλλά και στο φυσικό περιβάλλον. Αυτές οφείλονται στην επιφανειακή εμφάνιση του σεισμογόνου ρήγματος με τη μορφή της επιφανειακής διάρρηξης, τη δημιουργία θαλάσσιων κυμάτων, καθώς και δευτερογενών γεωδυναμικών φαινομένων, όπως εδαφικές ρωγμές, ρευστοποίηση εδαφών, αποσπάσεις ακτών και κατολισθήσεις και πτώσεις βράχων. Η εμφάνιση όλων αυτών των φαινομένων ευνοείται τόσο από την ιδιαίτερη μορφολογία του, δηλαδή αυτή της κλειστής λεκάνης, όσο και από τη χαλαρή δομή των Τεταρτογενών σχηματισμών και την απότομη μορφολογία των νοτίων ακτών του.

Το σεισμοτεκτονικό μοντέλο το οποίο παρουσιάστηκε για το δυτικό άκρο του Κορινθιακού κόλπου, δηλαδή η ενοποίηση των επιφανειακών ρηγμάτων σε ενεργή σεισμογενή ζώνη η οποία βρίσκεται στο βάθος, έχει σαν αποτέλεσμα να πολλαπλασιάζονται οι καταστροφικές συνέπειες των μεγάλων σεισμών, καθώς με ένα τέτοιο σύστημα ενεργών ρηγμάτων, η απελευθερούμενη σεισμική ενέργεια δραστηριοποιεί περισσότερα του ενός ρήγματα και επομένως επηρεάζει πολύ μεγαλύτερη περιοχή.

Αν και ο σεισμός της 15ης Ιουνίου 1995 δεν ήταν ιδιαιτέρως σφοδρός, το μέγεθος και η έκταση των επιπτώσεων που παρατηρήθηκαν στο φυσικό περιβάλλον, μας δίνουν μία εικόνα για το μέγεθος των φαινομένων που πρέπει να σημειώθηκαν από τους πολύ σφοδρούς σεισμούς που

αναφέρεται ότι σημειώθηκαν στους ιστορικούς χρόνους, δηλαδή αυτοί του 373 π.Χ. και 1861, ενώ μας επιτρέπει να εκτιμήσουμε και το βαθμό των καταστροφών που είναι δυνατό να παρατηρηθούν από την εκδήλωση ενός μελλοντικού σφοδρού σεισμού.

Για τους λόγους αυτούς επιβάλλεται η λεπτομερής μορφολογική μελέτη των οκτών όλου του Κορινθιοκού κόλπου και με τη χρησιμοποίηση διάφορων σεναρίων φυσικών καταστροφών, όπως σεισμοί, θαλάσσια κύματα, κατολισθήσεις, κ.λπ., να εκτιμηθούν οι πιθανές επιπτώσεις τους, ώστε να εκπονηθούν σχέδια για την αντιμετώπισή τους.

Βιβλιογραφία

- Γαλανόπουλος, Α., Δελήμπασης, Ν., και Κομνηνάκης, Π. (1964). Θαλάσσιον κύμα εκ κατολισθήσεως άνευ σεισμικής διεγέρσεως. *Ann. Geol. Pays Helléniques*, 16, 93-110.
- Galanopoulos, A. (1960). A catalogue of shocks with $I_0 \geq VI$ or $M \geq 5$ for the years 1801-1958. Seismological Laboratory, University of Athens.
- Galanopoulos, A. (1961). A catalogue of shocks with $I_0 \geq VII$ for the years prior to 1800. Seismological Laboratory, University of Athens.
- Dufaure, J.J., 1975. Le relief du Péloponnèse. Thèse d'état, Paris.
- Marinatos, S. (1960). A submerged town of classical Greece. *Archaeology*, 113, 186-193.
- Mouyaris, N., Papastamatiou, D. and Vila-Finzi, C. (1992). The Helice fault. *Terra Nova*, 4, 124-129.
- Παπαζάχος, Β.Κ. και Παπαζάχου, Κ.Β. (1989). Οι σεισμοί στην Ελλάδα. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Papanastassiou, D., Baskoutas J., Makaris D., Panoroulou G. and G. Stavrakakis. (1995). Preliminary results of the catastrophic earthquake of the June 15, 1995 at Aigio (N. Peloponnesus) (1996). Πρακτικά του "Symposium on the Seismicity on the Carpatho-Balkan Region", Σεπτέμβριος 17-20, 1995, Αθήνα, ειδική έκδοση της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας Νο 6, 128-131.
- Poulimenos, G. (1993). Tectonics and sedimentation in the western Corinth graben. *N. Jb. Geol. Palaeont. Mh.* 10, 607-630.
- Rigo, A. (1994). Étude sismotectonique et géodesique du Golfe de Corinthe (Grèce). Thèse de Doctorat de l' Université Paris VII.
- Schmidt, J. (1879). Studien uber erdbeben, Leipzig, 68-93.