

ΠΑΛΑΙΟΣΕΙΣΜΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΥ ΚΛΑΔΟΥ ΤΟΥ ΡΗΓΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΕΛΙΚΗΣ (ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΣ)*

Σ. ΠΑΥΛΙΔΗΣ¹, Ι. ΚΟΥΚΟΥΒΕΛΑΣ², Α. ΣΤΑΜΑΤΟΠΟΥΛΟΣ², Δ. ΑΓΡΑΦΙΩΤΗΣ¹, Γ.Α. ΑΛΕΞΑΝΔΡΗΣ¹,
Β. ΖΥΓΟΥΡΗΣ², Σ. ΣΜΠΟΡΑΣ¹

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παλαιοσεισμολογική ανάλυση μας επιτρέπει να κατανοήσουμε την πρόσφατη σεισμική ιστορία του ρήγματος της Ελίκης, με γεωλογικά δεδομένα. Κατά μήκος του ανατολικού “τμήματος” (κλάδου) του ρήγματος πραγματοποιήθηκαν 5 εκσκαφές (παλαιοσεισμολογικές τομές 8x5x2m). Τα τοιχώματά τους χαρτογραφήθηκαν σε κλίμακα 1:20 και αναλύθηκαν με λεπτομέρεια τεκτονοστρωματογραφικά ενώ χρονολογήθηκαν αντιπροσωπευτικά στρώματα με C_{14} . Ο Κερυνίτης ποταμός ο οποίος διασχίζει κάθετα το ρήγμα της Ελίκης από νότια προς βόρεια και εφοδιάζει με υλικό την αλλουβιακή πεδιάδα, η οποία βυθίζεται με ρυθμό 1.4 mm/gr, είχε διευθύνση ροής από δυτικά προς τα ανατολικά, όπως προκύπτει από την μελέτη των ποτάμιων κροκαλοπαγών που βρέθηκαν θαμμένα κάτω από τις κολλουβιακές αποθέσεις στις τομές. Με βάση την στρωματογραφική αλληλουχία και τις τεκτονικές (σεισμικές) μετατοπίσεις διακριτών οριζόντων βγήκαν συμπεράσματα για τρία τουλάχιστον σεισμικά γεγονότα νεότερα του μεγάλου σεισμού του 373π.Χ. και άλματα 0.93m, 1.37m και 0.44m.

ABSTRACT

Paleoseismological analysis based on geological data enable us to understand the recent seismic history of the Eliki fault. Along the eastern “segment (or strand)” scarp 5 trenches have been excavated (8x5x2m), their walls were mapped in scale 1:20 and further analyzed by precise tectono-stratigraphic methodology. The Kerynitis river, which crosses the Eliki fault from S to N and supplies the alluvial plain, has subsided at a rate of 1.4 mm/yr. The river was running from west to east, resulting the fluvial conglomerates in the trenches, which have buried under the colluvial sediments. Based on colluvium stratigraphy, displacement of distinct horizons, deposition of sedimentary layers and C_{14} dating, faulting events have been identified affecting unconsolidated sediments in the trench. The penultimate 373 BC event and the two younger events with a throw of 0.93 m and 1.37 m respectively, the third event, with a throw of 0.44 m, suggest a variable seismic history.

KEY WORDS: Active fault, Heliki, Corinthian Gulf, Paleoseismology.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

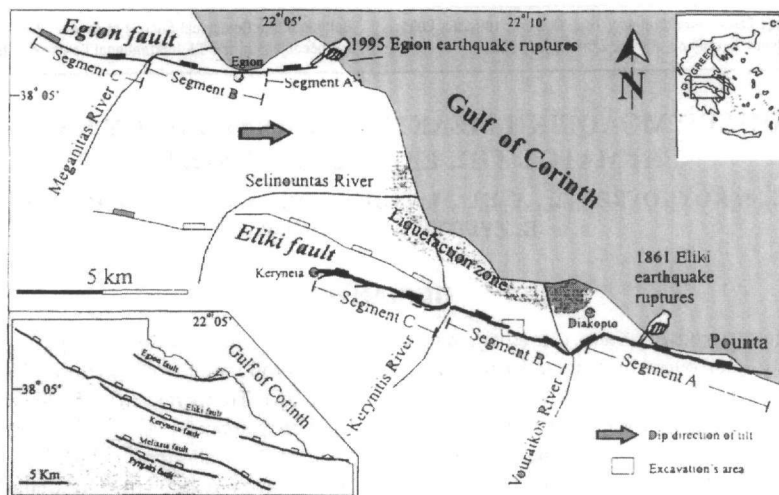
Το ρήγμα της Ελίκης, είναι μια σημαντική νεοτεκτονική δομή (περίπου 40km μήκος) του δυτικού Κορινθιακού (Αιγιάλεια) που συνδέεται με δύο τουλάχιστον βεβαιωμένους σημαντικούς καταστροφικούς σεισμούς, 373 π.Χ. και 1861 (Schmidt 1879, Μαρινάτος 1960, Mouyaris et al. 1992, Soter & Katsonopoulou 1998, Papadopoulos 2000, Koukouvelas 1998) και πιθανώς με το σεισμό του 1402. Το ρήγμα επηρεάζει τους τριαδικο-ιουρασιακούς ασβεστόλιθους και κυρίως τα πλειοκαινικά κροκαλοπαγή (νότιο τμήμα, ανυψωμένο τέμαχος) και διαμορφώνει το σημερινό ανάγλυφο, με την παράκτια ζώνη (βόρειο τμήμα – βυθιζόμενο τέμαχος) των τεταρτογενών – αλλουβιακών ποταμοχειμάρων αποθέσεων (Doutsos & Piper 1990, Collier et al. 1992, Doutsos & Poulimenos 1992, Koukouvelas 1998a, Koukouvelas et al 2001). Με βάση τη γεωμορφολογία και τη γεωμετρία του (stepping) το ρήγμα της Ελίκης μπορεί να διακριθεί σε δύο τουλάχιστον τμήματα (segments), ανατολικό και δυτικό με διαχωριστική γραμμή τον Κερυνίτη ποταμό (σχήματα 1,2,3).

Με τον όρο παλαιοσεισμολογία δηλώνεται η έρευνα με γεωλογικά κριτήρια της φύσης, του χρόνου γένεσης, της θέσης και του μεγέθους στιγμιαίων τεκτονικών συμβάντων, δηλαδή σεισμών, πριν από τη λειτουργία σεισμολογικών οργάνων (Ολόκαινο-Υστεροπλειστόκαινο), ώστε να κατανοήσουμε τη σεισμική ιστορία γνω-

* PALEOSEISMOLOGICAL INVESTIGATION OF THE EASTERN “SEGMENT” OF THE HELIKI FAULT, GULF OF CORINTH, GREECE.

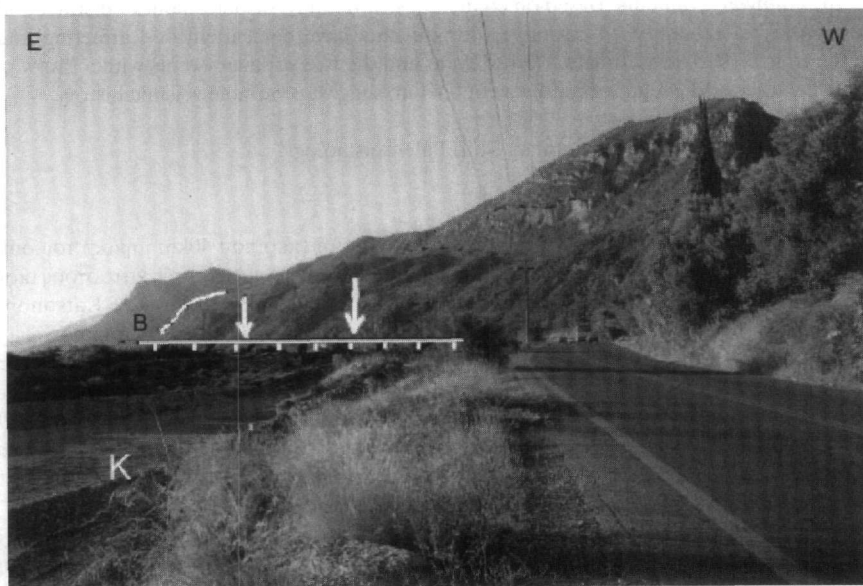
1.Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., 54006 Θεσ/νίκη

2.Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπ/μιο Πατρών.



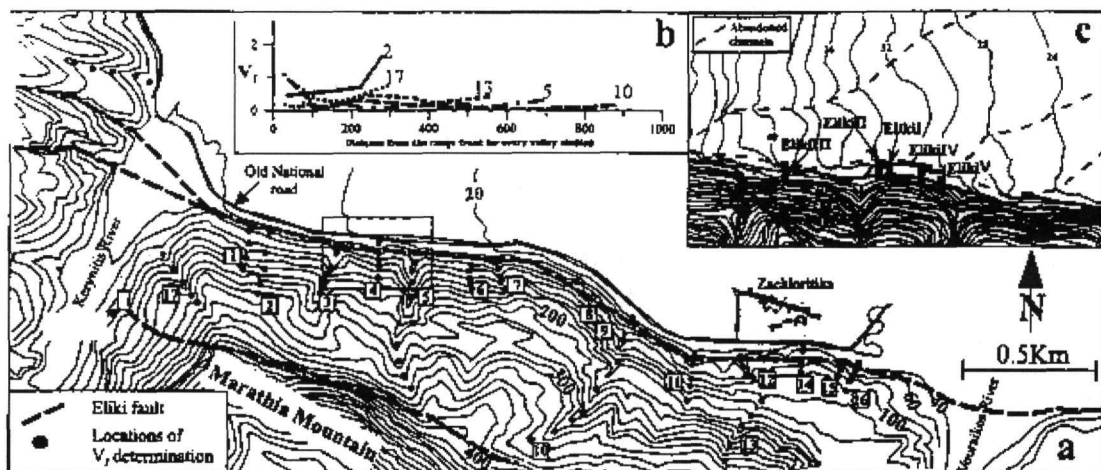
Σχ.1 Τεκτονικό σχέδιο της υπό μελέτη περιοχής, που δείχνει τα κύρια κανονικά ρήγματα, σεισμικές διαρρήξεις και μακροσεισμικά χαρακτηριστικά τα οποία σχετίζονται με τους σεισμούς του 1861 στην Ελίκη (τροποποιημένο μετά τον Schmidt, 1879) και του 1995 στο Αίγιο (δεδομένα από Κουκουβέλα και Λούτσο, 1996). Στο ένθετο εμφανίζονται τα πέντε κανονικά ρήγματα νότια του Αιγίου, στη νοτιοδυτική ακτή του Κορινθιακού κόλπου.

Fig.1 Tectonic sketch of the study area, shoeing major normal faults, earthquake related ruptures and macroseismical features associated to the 1861 Heliki (modified after Schmidt, 1879) and 1995 Egeion earthquakes (data from Koukouvelas and Doutsos, 1996). Inset shows the five named normal faults south of Egeion, on the southwestern shore of the gulf of Corinth.



Σχ.2 Φωτογραφία του Ανατολικού τμήματος του ρήγματος της Ελίκης, μεταξύ των ποταμών Κερυνίτη (Κ) και Βουραϊκού (Β). Με βέλη δείχνονται οι θέσεις των παλαιοσεισμικών εκσκαφών.

Fig.2 Photograph that shows the eastern part of the Heliki fault, between the rivers Kerynites (K) and Vouraikos (B). The arrows show the palaeoseismological trenches.



Σχ.3 (α) Μορφοτεκτονικός χάρτης της περιοχής, που δείχνει τη ρηξιγενή ζώνη της Ελίκης και το σύστημα αποστράγγισης κατά μήκος του πρηνούς του ρήγματος. Τα έντονα νούμερα δείχνουν τις ισοψείες με ισοδιάσταση 100m και τα αριθμημένα πλαίσια απεικονίζουν τα ρέματα που αποστραγγίζουν το πρηνές του ρήγματος. (β) Διάγραμμα που δείχνει δεδομένα V_f στα πέντε μεγαλύτερα ρέματα αποστράγγισης του πρηνούς του ρήγματος. Το νούμερο στο διάγραμμα αντιστοιχεί στα αριθμημένα ρέματα του μορφοτεκτονικού χάρτη. (γ) Λεπτομερής τοπογραφικός χάρτης με ισοδιάσταση τεσσάρων μέτρων που δείχνει την τοποθεσία των τομών (μαύρα ορθογώνια) και τους αποξηραμένους παραποτάμους του Κερυνίτη ως διακεκομμένες γκριζές γραμμές.

Fig. 3 (a) Morphotectonic map of the study area, showing the Heliki fault zone and drainage pattern across the fault scarp. The rectangle shows the area of the detailed topographic map. (b) Diagram showing V_f data in the five longer streams draining the fault scarp. Number in the diagram corresponds to the numbered streams on the morphotectonic map. (c) Detailed topographic map, contouring at 4 meters interval, showing the location of trenches as solid parallelograms and abandoned branches of the Kerynites river as dashed grey lines.

στών ενεργών ρηγμάτων για την καλύτερη εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας μιας περιοχής (Crone & Omdahl 1987, McCalpin 1996, Pavlides 1996, Yeats et al. 1997, Pavlides et al. 1999, Παυλίδης & Χατζηπέτρος 2000). Οι παλαιοσεισμολογικές μελέτες με την εκσκαφή τομών και την τεκτονοστρωματογραφική ανάλυση μπορούν να συμπληρώσουν και να επεκτείνουν σε βάθος χρόνο τα ελλιπή σεισμολογικά στοιχεία, ενώ η λεπτομερής στρωματογραφική ανάλυση των πρόσφατων ιζημάτων που σχετίζονται με το ρήγμα, η αποτύπωσή τους σε κλίμακα συνήθως 1:20 και οι ακριβείς χρονολογήσεις βοηθούν συνήθως στην παλαιοπεριβαλλοντολογική κατανόηση της ευρύτερης περιοχής σε σχέση με τις επαναδραστηριοποιήσεις των ρηγμάτων.

Στην εργασία αυτή δίνονται στρωματογραφικά και τεκτονικά στοιχεία από πέντε (5) παλαιοσεισμολογικές τομές (εκσκαφές διαστάσεων μήκους 8m x βάθους 4m και πλάτους 2m περίπου) που πραγματοποιήθηκαν κατά τα έτη 1998, 1999 και 2000 στο ανατολικό τμήμα του ρήγματος της Ελίκης (Ριζόμυλος-Ζαχλορότικα, σχ. 2) και τα πρώτα συμπεράσματα για την παλαιοπεριβαλλοντική σχέση ρήγματος - Κερυνίτη ποταμού και τις επαναδραστηριοποιήσεις του (παλαιοσεισμοί) σε ιστορικά και προϊστορικά χρόνια.

2. ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΩΝ ΤΟΜΩΝ

Στις πέντε τομές που διανοίχτηκαν κάθετα στο ίχνος του ρήγματος βρέθηκαν τέσσερις διακριτοί στρωματογραφικοί ορίζοντες που είναι οι ακόλουθοι από τον κατώτερο προς τον ανώτερο:

Χερσογενείς ερυθρόχρωμοι ποτάμιας προέλευσης σχηματισμοί. Τα στρώματα αυτά εκτιμάται ότι έχουν μέγιστο πάχος 3 m και εμφανίζονται κυρίως στις τομές I και II. Στο στρώμα περιέχονται κυρίως ασβεστολιθικές κροκάλες και στο ανώτερο τμήμα του εμφανίζονται ασβεστιτικά συγκρίματα υποδηλώνοντας εδαφογένεση.

Ποτάμιας αποθέσεις. Περιλαμβάνουν κροκαλοπαγή με μέγεθος μεγάλου άξονα κροκάλων από 7 έως 25 εκατοστά, που εμφανίζονται σε όλες τις τομές. Το μέγιστο πάχος του σχηματισμού είναι 2,5 m και απαντάται στην τομή IV. Κροκαλομετρία στις τομές IV, V και μακροσκοπικές παρατηρήσεις στις υπόλοιπες τομές και γεωτρήσεις έδειξαν ότι η απόθεση του κροκαλοπαγούς αυτού πιθανόν να έχει προέλθει από έναν ποταμό με ροή από δυτικά προς τα ανατολικά, γεγονός που υποδηλώνει ότι τα κροκαλοπαγή έχουν προέλθει από τις ροές του Κερυνίτη ποταμού.

Κολουβιακές αποθέσεις. Περιλαμβάνουν κόκκινου ή καφέ χρώματος πολύμεικτες αποθέσεις που εσωτερικά διαφοροποιούνται ανάλογα με το βαθμό εδαφογένεσης. Το μέγιστο πάχος των στρωμάτων, αν και ποικίλει, είναι περίπου 2 m και εμφανίζεται στην τομή I. Στις κολουβιακές αποθέσεις διαδεδομένη είναι η παρεμβολή παλαιοεδαφικών οριζόντων που αντιστοιχούν σε περιόδους τεκτονικής ησυχίας.

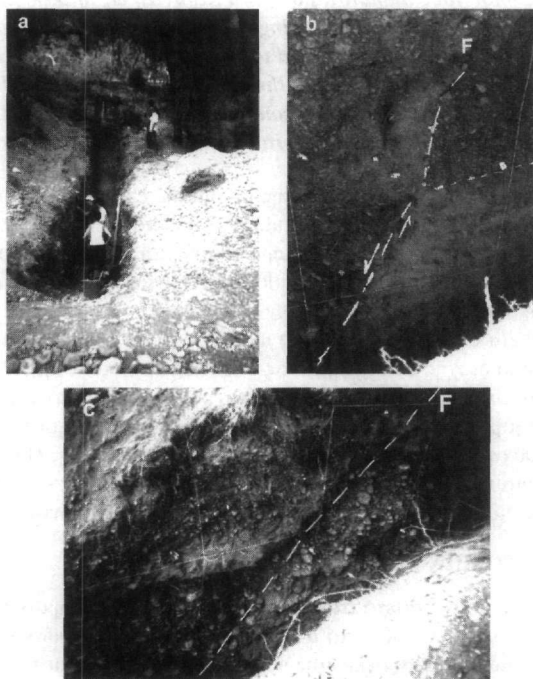
Αποθέσεις λοσποροών. Περιλαμβάνουν κροκαλοπαγή κίτρινου χρώματος σε φακούς μέγιστου πάχους 1 m. Οι αποθέσεις αυτές έχουν πλευρική σχέση με τις κολουβιακές αποθέσεις.

3. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΩΝ ΤΟΜΩΝ

Από τις τομές που διανοίχθηκαν μεγαλύτερο ενδιαφέρον από άποψη παλαιοσεισμολογίας παρουσιάζουν οι τομές I, IV, V και για το λόγο αυτό περιγράφονται λεπτομερέστερα.

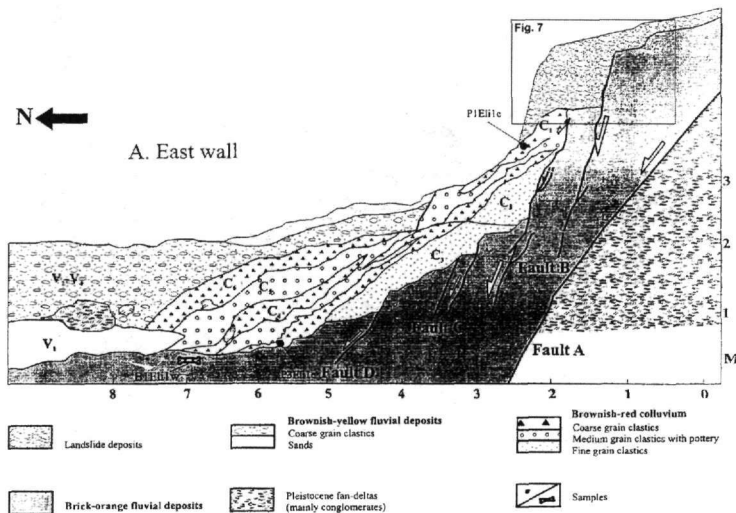
Τομή I. (σχ. 4) Ένα ρήγμα, που αναπτύσσεται σε απόσταση 1m από το περιθωριακό κύριο ρήγμα της Ελίκης, επηρεάζει το σύνολο σχεδόν των στρωμάτων μέχρι και το παλαιοέδαφος ηλικίας 750 περίπου ετών (C14) με μέγιστο άλμα στους ανώτερους οριζόντες 0.93m. Ανεπηρέαστος παραμένει μόνο ο πολύ πρόσφατος εδαφικός μανδύας (κολουβιακές αποθέσεις και σύγχρονο έδαφος) πάχους 0.30-0.80m, ο οποίος συμμετέχει επιφανειακά στη διαμόρφωση του τεκτονικού προανούς. Ένα δεύτερο παράλληλο ρήγμα με άλμα 1.37m διακόπτει ενδιάμεσους στρωματογραφικούς οριζόντες και είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία δύο μικρών κολουβιακών σφηνών, στο κατερχόμενο τέμαχος. Πιθανώς να συνδέεται με συν-σεισμική μετατόπιση πριν το μεγάλο σεισμό του 1861. Το τρίτο ρήγμα που επηρεάζει βαθύτερα στρώματα, ηλικίας μετά-ελληνιστικής έως πρώιμης Ρωμαϊκής εποχής, με βάση τον προσδιορισμό θραυσμάτων κεραμικών και με κατακόρυφη μετατόπιση 0.44m, συνδέεται με θαμμένο παλαιοπρανές και κολλουβιακή σφήνα.

Τομή IV. (σχ.6) Τρία ρήγματα (1,2,3) εμφανίζονται στην τομή αυτή που μετατοπίζουν τις ποτάμιες και τις κολουβιακές αποθέσεις. Όλα τα ρήγματα κλίνουν προς τα βόρεια και η μέση κλίση τους είναι μεγαλύτερη των



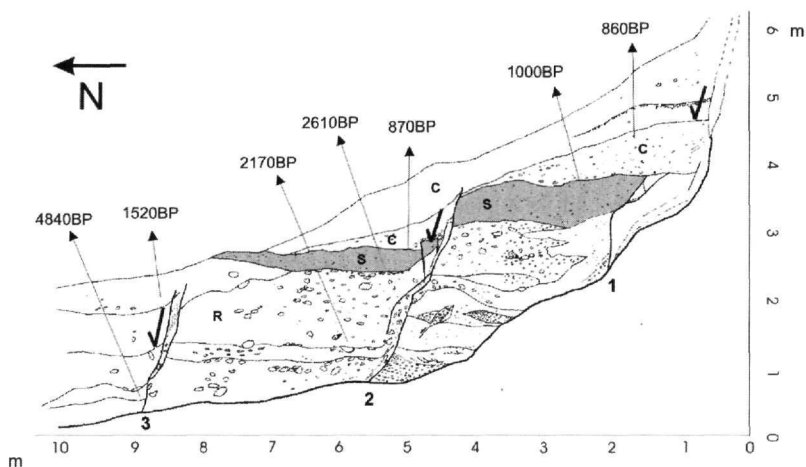
Σχ.4 Φωτογραφία (a): Η εκσκαφή (τομή) IV (Ιούλιος 2000) σε γενική άποψη. (b): Λεπτομέρεια του ρήγματος με άλμα που επηρεάζει τις άμμους και τα κροκαλοπαγή (ποτάμιες αποθέσεις) και στο πάνω αριστερό άκρο διακρίνεται μία «κολλουβιακή σφήνα». (c) : Λεπτομέρεια από την τομή V όπου φαίνεται η μετατόπιση των παλαιοκροκαλοπαγών του Κερυνίτη. Κάναβος 1x1 m. (F=Ρήγμα)

Fig.4 Photo (a): The trench IV (July 2000) in general view. (b) : detail of the fault displacement that affects sands and conglomerates (stream deposits) on the top left corner a colluvial wedge can be seen. (c) : Detail from trench V where a displacement of paleo-conglomerates of Kerynites can be seen. Grid 1x1 m. (F=Fault)



Σχ.5: Η παλαιοσεισμολογική τομή I σε σκίτσο μετά από αποτύπωση σε κλίμακα 1:20. Fault A: Περιθωριακό κύριο ρήγμα Ελίκης. Fault B: Το πρώτο ρήγμα-διάρρηξη του σεισμού του 1861. Fault C-D: Παλαιότερης δραστηριοποίησης. (N= βορράς)

Fig.5: Log of the trench Heliki I, Initial mapping 1:20. Dashed line shows the roll-over anticline. Fault A: Marginal main fault of Heliki. Fault B: 1861 fault trace. Fault C-D: Older (post-Hellenistic) fault re-activation.

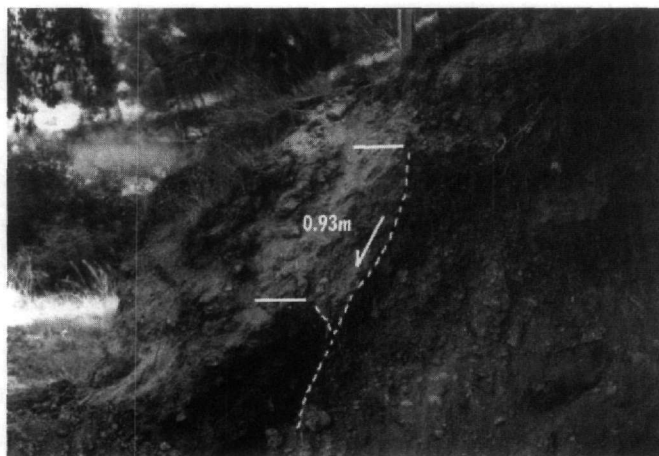


Σχ.6 Η τομή IV. Αριθμοί: χρονολογήσεις με C_{14} από το παρόν (1950). 1,2,3: Ρήγματα. C: Κολούβια, S: Άμμος, R: Ποτάμιας αποθέσεις.

Fig.6 Log of trench IV. Numbers: C_{14} date Before Present (1950) Radiocarbon Analysis. The University of Georgia, USA. 1,2,3: Faults. C: Coluvium, S: Sand, R: River deposits.

60°. Με βάση τις μετατοπίσεις των κολουβιακών αποθέσεων τα ρήγματα 2 και 3 έχουν μετατοπίσεις 0,75 και 0,30 m αντίστοιχα. Το περιθωριακό κύριο ρήγμα μεταξύ υποβάθρου και σύγχρονων αποθέσεων στο νοτιότερο άκρο της τομής εκτιμάται ότι έχει μετατόπιση (άλμα) που υπερβαίνει τα 4 m.

Τομή V. Στην τομή εμφανίζονται τέσσερα ρήγματα τα οποία μετατοπίζουν τους κολουβιακούς και τους ποτάμινους σχηματισμούς. Όλα τα ρήγματα κλίνουν προς βόρεια και η αριθμητική τιμή της κλίσης τους είναι ανάλογη των κλίσεων των ρηγμάτων στην τομή IV. Από τα ρήγματα αυτά το περιθωριακό ρήγμα εκτιμάται ότι έχει κατακλαστική ζώνη πάχους 20 cm και άλμα μεγαλύτερο των 4 m. Τα τρία ρήγματα στην τομή έχουν άλματα από το νοτιότερο προς το βορειότερο 0,70, 0,60 και 0,80 m.



Σχ.7: Η κατακόρυφη μετατόπιση (άλμα) 0.93m μεταξύ του κροκαλοπαγούς της βάσης (Brick orange fluvial deposits, Koukouvelas et al 2001), παλαιοεδάφους (palaeosoil) ηλικίας 750 χρόνων (C_{14}) και νεότερων πλεονεκτών κορημάτων (colluvium+soil), όπως αποκαλύφθηκε στην εκσκαφή I.

Fig.7: The vertical displacement 0.93m, between the conglomerate of the base (Brick orange fluvial deposits, Koukouvelas et al 2001), 750 years old palaeosoil (C_{14}) and recent colluvium and soil, as it was exposed in the trench I.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

1. Η τεκτονική δραστηριότητα στην περιοχή των παλαιοσεισμολογικών τομών είχε σαν αποτέλεσμα η ροή του κύριου κλάδου του Κερυνίτη ποταμού να είναι παράλληλα προς το ρήγμα της Ελίτης, με κατεύθυνση από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Μεταγενέστερες τεκτονικές επαναδραστηριοποιήσεις του ρήγματος σε συνδυασμό με πλημμυρικά φαινόμενα εκτρέπουν τη ροή του ποταμού προς τα δυτικά μέχρι τη σημερινή του θέση.
2. Τουλάχιστον τρεις σεισμοί έχουν ανιχνευθεί στο ανατολικό κλάδο του ρήγματος της Ελίτης, νεότεροι του γεγονότος του 373π.Χ. Ο νεότερος με άλμα 0.93m συνδέεται με το σεισμό 1861 (επιβεβαίωση του μέγιστου συν-σεισμικού άλματος του Schmidt 1879). Οι δύο άλλοι μπορούν να συσχετιστούν ο πρώτος με σεισμό των ρωμαϊκών χρόνων και ο δεύτερος άγνωστος.
3. Με βάση τις μετατοπίσεις επί των ρηγμάτων και εμπειρικά διαγράμματα μετατόπισης-μεγέθους σεισμού εκτιμάται ότι οι σεισμοί που έγιναν επί του ρήγματος ήταν της τάξης μεγέθους των 6.6 R. (Wells R Copper-smith 1994, Pavlides et al 2001)

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εργασία αυτή μερικά χρηματοδοτήθηκε από τα Γεωλογικά τμήματα των Πανεπιστημίων Πατρών και Θεσσαλονίκης και το Ευρωπαϊκό Ερευνητικό πρόγραμμα CORSEIS. Ευχαριστούμε τους συνεργάτες μας στο πρόγραμμα CORSEIS : P.Bernard, D.Pantosti, M. P. DeMartini, R.Collier, I. Stewart και τους S. Soter και N. Κατσονοπούλου, για τις συζητήσεις, τους προβληματισμούς και τη βοήθεια τους στην ύπαιθρο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- COLLIER, R.E., LEEDER, M.R., ROWE, P.J., ATKINSON, T.C., 1992. Rates of tectonic uplift in the Corinth and Megara basins, central Greece. *Tectonics* 11, 1159-1167.
- CRONE, A.J., OMDAHL, M.E., 1987. Direction in paleoseismology. USGS, Proceedings Conference XXXIX, Open-File report 87-637, 456 pp.
- DOUTSOS, T., PIPER, D.J.W., 1990. Listric faulting, sedimentation, and morphological evolution of the Quaternary eastern Corinth rift, Greece: first stages of continental rifting. *Bulletin of the Geological Society of America* 102, 812-829.
- DOUTSOS, T., POULIMENOS, G., 1992. Geometry and kinematics of active faults and their seismotectonic significance in the western Corinth-Patras rift (Greece). *Journal of Structural Geology* 14, 689-699.
- DOUTSOS, T., KONTOPOULOS, N., POULIMENOS, G., 1988. The Corinth-Patras rift as the initial stage of

- continental fragmentation behind an active island arc (Greece). *Basin Research* 1, 177-190.
- KOUKOUVELAS, I.K., 1998a. Transfer zones along active normal faults in Peloponnesus, Greece. *Bulletin of Geological Society of Greece* 32, 221-229.
- KOUKOUVELAS, I.K., 1998b. The Egon fault, earthquake-related and long-term deformation, Gulf of Corinth, Greece. *Journal of Geodynamics* 26, 501-513.
- KOUKOUVELAS, I.K., DOUTSOS, T., 1996. Implication of structural segmentation during earthquakes: the 1995 Egon earthquake, Gulf of Corinth, Greece. *Journal of Structural Geology* 18, 1381-1388.
- KOUKOUVELAS I., STAMATOPOULOS L., KATSONOPOULOU D. AND PAVLIDES S. 2001. A paleoseismological and geoarchaeological investigation of the Eliki fault, Gulf of Corinth, Greece. *J. Struct. Geol.*, V23, 2-3, 531-543
- MARINATOS, S.N., 1960. A submerged town of classical Greece. *Arcaeology* 113, 186-193.
- MOUYARIS, N., PAPASTAMATIOU, D., VITA-FINZI, C., 1992. The Helice fault? *Terra Nova* 4, 124-129.
- PAPADOPOULOS, G.(Ed), 2000, Historical Earthquakes and Tsunamis in the Corinth Rift, Central Greece. *Nat. Observ. Athens, Inst. Geodyn.* 128pp.
- PAVLIDES, S., 1996. First Palaeoseismological Results from Greece. *Annali di Geophysica* 39, 545-555.
- PAVLIDES, B.S., ZHANG, P., PANTOSTI, D., 1999. Earthquakes, active Faulting, and paleo-seismological studies for the reconstruction of seismic history of faults. *Tectonophysics* 308, vii-x,.
- PAVLIDES S., CAPUTO R., CHATZIPETROS A., 2000. Empirical relationships among earthquake magnitude, surface ruptures and maximum displacement in the broader Aegean Region. Panayides et. al. (eds.), 2000, *Proc. 3rd I.C.G.E.M.*
- ΠΑΥΛΙΔΗΣ, Σ. & ΧΑΤΖΗΠΙΕΤΡΟΣ, Α., 2000. Γεωλογία των Σεισμών - Σημειώσεις Νεοτεκτονικής, Α.Π.Θ. Πανεπ/κο Τυπογρ., σελ.130.
- SCHMIDT, J., 1879. *Studienunber Erdbeben*, pp. 68-83. Leipzig.
- SOTER, S., KATSONOPOULOU, D., 1998. The search for ancient Helike, 1988-1995: Geologicall, Sonar and Bore hole Studies. In: Katsonopoulou, D., Soter, S., Scilardi, D., (Eds.) *Ancient Helike and Aigialeia: Proceedings of the Second International Conference, Aigion, December 1995*, 67-116.
- WELLS, D.L. 7 COPPERSMITH, J.K., 1994. New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture Width, Rupture Area and Surface Displacement, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 84, p.974-1002.
- YEATS, S.R., SIEH, K., ALLEN R. C., 1997. *The Geology of Earthquakes*. Oxford Univ. Press. New York. 568pp.