

ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΕΣ ΔΕΣΜΕΥΣΕΙΣ ΣΤΟ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟ ΓΕΝΕΣΗΣ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΤΟΥ ΑΛΜΥΡΟΥ ΤΟΥ 1980*

Σ. ΣΤΕΙΡΟΣ¹ & Α. ΧΑΣΑΠΗΣ²

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Επαναμέτρηση χωροσταθμικής όδευσης ακριβείας που διασχίζει την επικεντρική περιοχή των σεισμών του Αλμυρού του 1980 έδειξε ότι μεταξύ 1970/71 και 1988/89 παρατηρήθηκε βύθιση τουλάχιστον 25-30 εκ. της αλλουβιακής λεκάνης Αλμυρού σε σχέση με το βόρειο περιθώριο της λεκάνης. Το περιθώριο αυτό καθορίζεται από το σημαντικό ρήγμα της Νέας Αγχιάλου το οποίο, από σεισμολογικά στοιχεία και παρατηρήσεις υπαίθρου, συνάγεται ότι ανέδρασε κατά τη σεισμική ακολουθία του 1980 (M=6.5). Από τα γεωδαιτικά στοιχεία επιβεβαιώνεται η επιφανειακή ανάδραση τμήματος του ρήγματος Νέα Αγχιάλου σε μήκος τουλάχιστον 8χλμ. από Αγχιάλο προς Μικροθήβες, με άλμα αυξανόμενο προς δυοιάς και εύρος τουλάχιστον 30 εκ.

ABSTRACT

Repeated measurement of a high precision, 20-km long leveling traverse crossing the epicentral area of the 1980 Magnesia (Central Greece) earthquake of magnitude 6.5 showed a minimum 25-30cm subsidence of the alluvial basin of Almyros relative to its northern margin between 1988/89 and 1970/71. This margin is controlled by the Nea Agchialos fault which was reactivated in 1980, as seismological and field data reveal. Observed subsidence is significant against random and systematic errors, and can be interpreted as a seismic effect. Geodetic evidence hence confirms the reactivation of the Nea Agchialos fault during the 1980 earthquakes along a distance of at least 8km, and indicates that its throw was increases towards west, up to a minimum amplitude of 25-30cm.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Αλμυρός, Νέα Αγχιάλος, σεισμός, σεισμικό ρήγμα, χωροστάθμιση, βύθιση, ανάδραση ρήγματος, κανονικό ρήγμα

KEY WORDS: Almyros, Nea Agchialos, Central Greece, earthquake, seismic fault, repeated leveling, subsidence, fault reactivation, normal fault

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

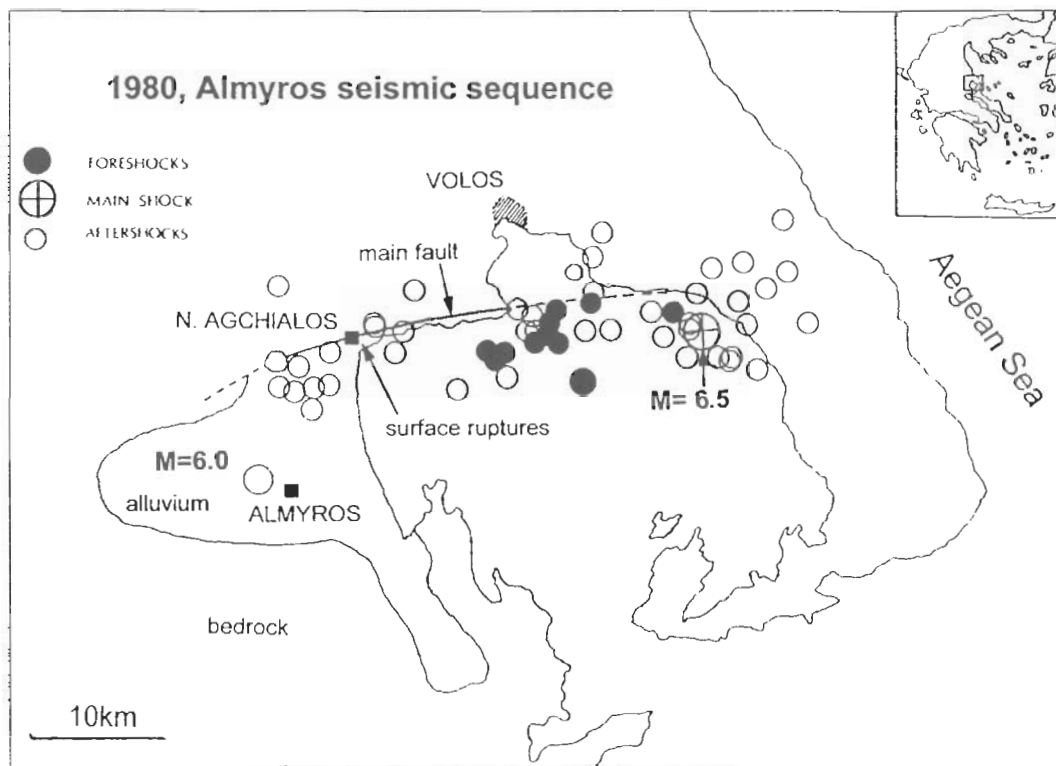
Η σεισμική ακολουθία του Αλμυρού του Ιουλίου 1980 (M=6.5, σχ. 1) ήταν μιά από τις πιο σημαντικές και καταστροφικές που έπληξαν την Ελλάδα τις τελευταίες δεκαετίες, δεν έχει όμως μελετηθεί επαρκώς. Στην πραγματικότητα, στη διεθνή βιβλιογραφία εκτός από ένα βασικό άρθρο των Papazachos et al. (1983) και τον υπολογισμό του εστιακού μηχανισμού ενός μετασεισμού της σεισμικής αυτής ακολουθίας από τους Jackson et al. (1982), δεν υπάρχουν παρά ελάχιστες αναφορές, ενώ παραμένουν ακόμη अधημοσίευτα τα αποτελέσματα του σεισμολογικού δικτύου VOLNET που είχε εγκατασταθεί στην περιοχή μετά το σεισμό. Ο βασικός λόγος που απέτρεψε τους διάφορους

* GEODETIC CONSTRAINTS TO THE FOCAL MECHANISM OF THE 1980, ALMYROS (CENTRAL GREECE) SEISMIC SEQUENCE

¹ Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα 26500

² Η ΜΕ, Μέσογειον 70, Αθήνα 11527
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

σεισμολόγους από το να ασχοληθούν με ένα σημαντικό σεισμό σε μία περιοχή με ιδιαίτερα βεβαωμένο σεισμικό παρελθόν (η Θεσσαλία τον αιώνα αυτό μάλιστα έχει δοκιμαστεί από σειρά σειμών με μέγεθος 7, βλ. Παπαζάχος και Παπαζάχου, 1989) είναι ότι του σεισμού αυτού προηγήθηκε μία άλλη μεγάλη σεισμική ακολουθία στην Απω Ανατολή, με συνέπεια οι σειсмоγράφοι των παραδόσιμων δικτύων να είναι ενεργοποιημένοι και να καταγράφουν έναν συνδυασμό σεισμικών ζημάτων από τις δύο διαφορετικές εστίες που δεν προσφέρεται για αξιόπιστη ανάλυση (J. Jackson, προφ. επιζουνονία).

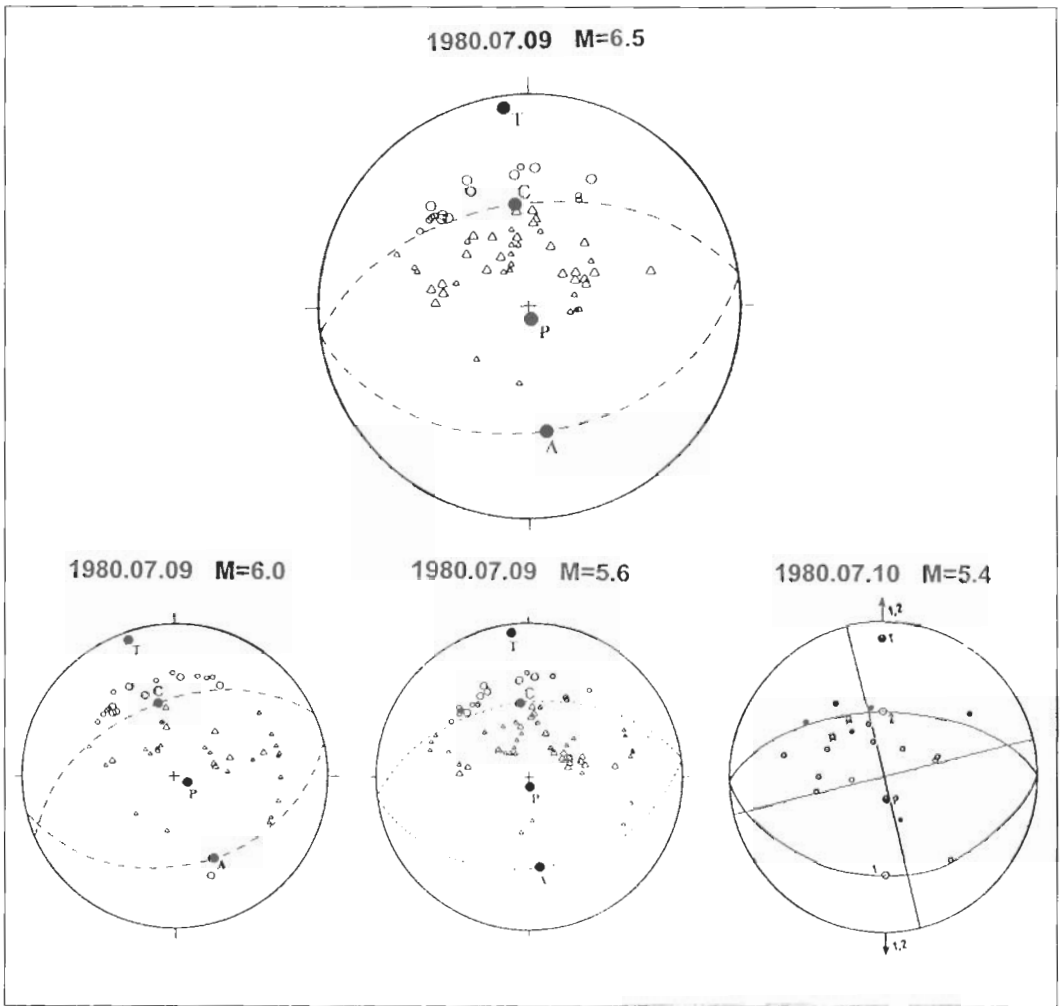


Σχήμα 1: Κατανομή επιζέντρων σεισμικής ακολουθίας Ιουλίου 1980 Μαγνησίας. Τα επίκεντρα συσχετίζονται σαφώς με το ρήγμα της Νέας Αγκιάλου (απλοποιημένο από Παπαζάχος et al., 1983).

Figure 1: Distribution of epicenters of the July 1980, Magnesia seismic sequence. Epicenters correlate with the Nea Agchialos fault (simplified after Papazachos et al., 1983)

Μερικά χρόνια μετά το σεισμό, στα πλαίσια της ουστηματικής μελέτης της ενεργού τεκτονικής που ετελέστησαν με βάση γεωδαιτικά και άλλα δεδομένα, εντοπίστηκαν ορισμένες χωροσταθμικές οδεύσεις ακριβείας του Εθνικού Γεωδαιτικού Δικτύου της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού που διασχίζουν την επικεντρική περιοχή των σεισμών του 1980. Οι χωροσταθμικές αυτές οδεύσεις είχαν μετρηθεί δέκα περίπου χρόνια πριν και εκτιμήθηκε ότι θα είχαν "καταγράψει" τυχόν επιφανειακές κατακόρυφες τεκτονικές παραμορφώσεις του στερεού φλοιού της γης που αναμένετο να έχουν προκληθεί από τους σεισμούς αυτούς. Για το λόγο αυτό έγινε επαναμέτρηση των οδεύσεων αυτών σε μήκος 20 περίπου χιλιομέτρων.

Στο παρόν άρθρο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της σύγκρισης προσεισμικών και μετασεισμικών χωροσταθμικών μετρήσεων στην περιοχή αυτή, καθώς επίσης και ορισμένα συμπεράσματα για το μηχανισμό γένεσης της σεισμικής ακολουθίας της Μαγνησίας του 1980 που προκύπτουν από τα γεωδαιτικά στοιχεία.



Σχήμα 2: Εστιακοί μηχανισμοί των κυρίων γεγονότων της σεισμικής ακολουθίας κατά Papazachos et al. (1983) και Jackson et al. (1982). Οι μηχανισμοί δεν είναι καλά δεσμευμένοι, δείχνουν όμως σαφώς κανονικό ρήγμα.

Figure 2: Focal mechanisms of the main events of the seismic sequence according to Papazachos et al. (1983) and Jackson et al. (1982). Although not well constrained, they clearly show normal faulting.

2. ΥΠΑΡΧΟΥΣΕΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΕΣ ΓΙΑ ΤΟ ΣΕΙΣΜΟ

Οι υπάρχουσες σεισμολογικές και τεκτονικές πληροφορίες για τη σεισμική ακολουθία της Μαγνησίας του Ιουλίου 1980 συνοψίζονται στο άρθρο των Papazachos et al. (1983). Σύμφωνα με το άρθρο αυτό, η σεισμική ακολουθία προερχόταν από ρήγματα του ανώτερου τμήματος του φλοιού (υπόκεντρα σε βάθη 9-15χλμ για τα μεγαλύτερα σεισμικά γεγονότα) και αποτελείτο από ένα κύριο σεισμό μεγέθους $M=6.5$ και ένα μεγάλο αριθμό προσεισμών και μετασεισμών, ο μεγαλύτερος από τους οποίους είχε μέγεθος $M=6.0$. Για τους δύο αυτούς σεισμούς, καθώς και τον κύριο προσεισμό ($M=5.6$), οι Papazachos et al. (1983) παρουσίασαν εστιακούς μηχανισμούς βασισμένοι σε πρώτες αφίξεις κυμάτων σε σειсмоγράφοις μακράς και βραχείας περιόδου. Εστιακό μηχανισμό ενός άλλου μετασεισμού ($M=5.4$, 1980.07.10) παρουσίασαν οι Jackson et al. (1982) βασισμένοι σε καταγραφές μακράς περιόδου του WWSSN (Σχήμα 2).

Και οι τέσσερις αυτοί μηχανισμοί δείχνουν σαφώς κανονικό ρήγμα, αν και συνδέονται με κανονικά

ρήγματα. Οι υπάρχουσες καταγραφές των σειμογραφών ασφαλώς δεν επέτρεπαν σαφή προσδιορισμό των δύο εστιακών επιπέδων, προτιμήθηκαν όμως λύσεις που εμφανίζουν σεισμικό κανονικό ρήγμα με διεύθυνση περίπου Α-Δ (σχ. 2). Η λύση αυτή είναι σύμφωνη αφ' ενός με την σχεδόν γραμμική κατανομή των επιζέντρων των σημαντικότερων σεισμών της σεισμικής ακολουθίας, και αφ' ετέρου με τα διαθέσιμα σεισμολογικά και τεκτονικά στοιχεία. Στις 30 Απριλίου 1985 ένας άλλος σεισμός με την ίδια επικεντρική περιοχή μεγέθους $M=5.8$ είχε μηχανισμό ίδιο με αυτούς του σχήματος 2 (Taymaz et al., 1991). Μελέτες πεδίου εξ άλλου έδειξαν ότι τα επικεντρα των σεισμών της σεισμικής ακολουθίας συσχετίζονται με σημαντικό κανονικό ρήγμα διεύθυνσης ΔΝΔ-ΒΒΑ έως Α-Λ που συμπίπτει με το βόρειο περιθώριο της αλλοιψιακής λεγάνης του Αλμιρού και του Βόρειου Παγασητικού και είναι υπεύθυνο για τη γεωμορφολογική και γεωλογική εξέλιξη της περιοχής (ρήγμα Νέας Αγχιάλου, Parazachos et al., 1983, Caputo et al., 1996, Caputo and Pavlides, 1993). Επι πλέον, στην περιοχή της Νέας Αγχιάλου παρατηρήθηκαν και εδαφικές μικροδιαρροήξεις που ερμηνεύτηκαν ως ανόδραση του συγκεκριμένου ρήγματος (σχ. 1, 3, Parazachos et al., 1983).

3. ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στα πλαίσια της εγκατάστασης ενός Εθνικού Χωροσταθμικού Λιζιού μετρούθηκαν από τη ΓΥΣ το 1970/71 δύο συνεχόμενες χωροσταθμικές οδεύσεις υψηλής ακριβείας κατά μήκος της οδού Λαμίας-Μικροθηβών και Μικροθηβών- Βόλου (σχ. 3). Οι χωροσταθμίσεις αυτές υλοποιήθηκαν με βάση χωροσταθμικές αφετηρίες (ρεπέο) που είχαν εγκατασταθεί σε τεχνικά έργα δίπλα στο οδόστρωμα της οδού και απείχαν μεταξύ τους ένα χιλιόμετρο κατά μέσο όρο.

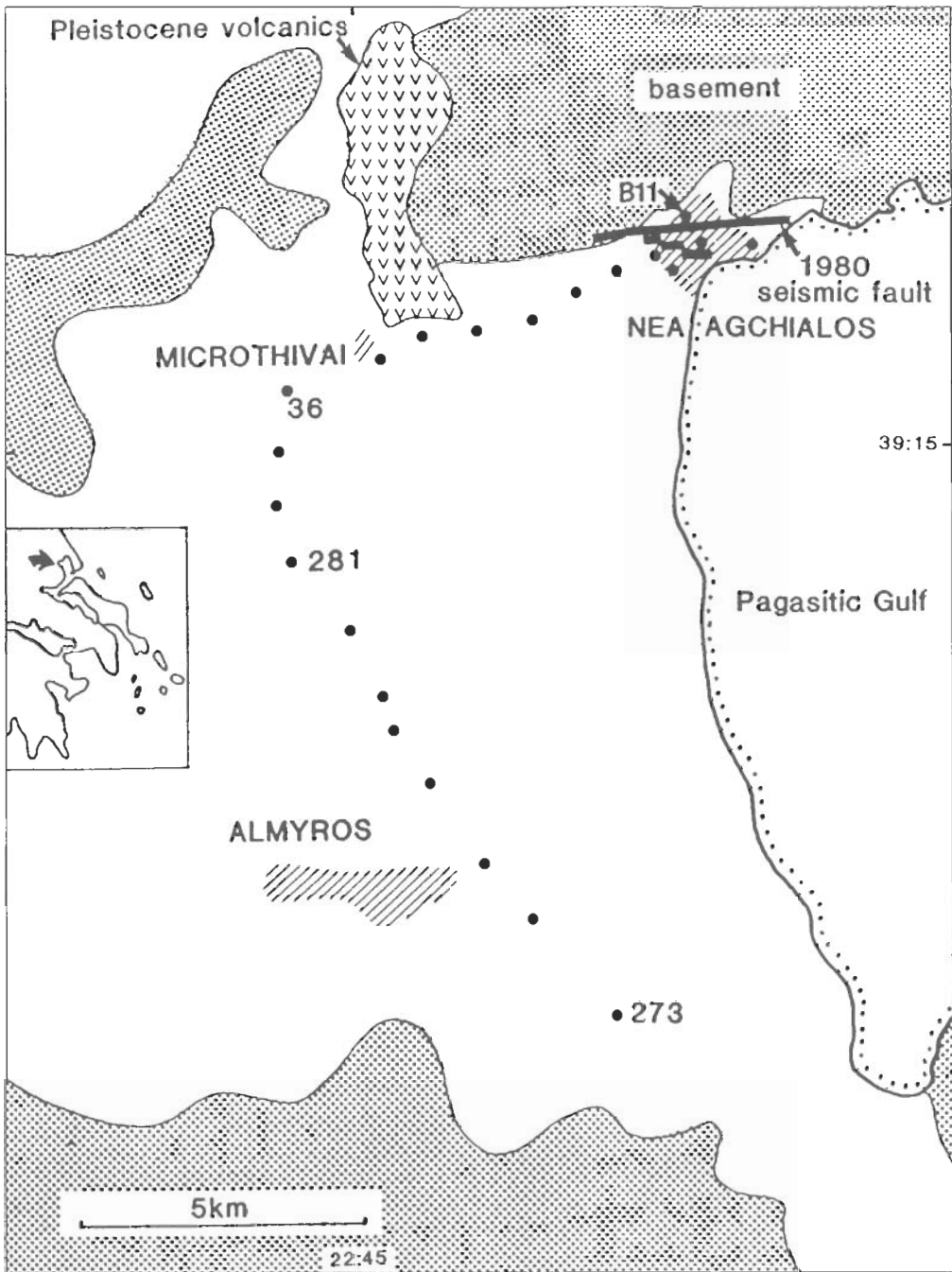
Μία δεκαετία περίπου μετά την εγκατάσταση και μέτρησή τους, στην επικεντρική περιοχή του σεισμού ανευρέθηκαν δέκα οκτώ από τα ρεπέο αυτά που κάλυπταν μιά απόσταση είκοσι περίπου χιλιομέτρων από την ανατολική έξοδο της Νέας Αγχιάλου μέχρι λίγα χιλιόμετρα νότια από τον Αλμιρό. Τα τμήματα αυτά των δύο οδεύσεων και η θέση των χωροσταθμικών αφετηριών που ήταν κοινές στις δύο μετροητικές περιόδους εμφανίζονται στο Σχ. 3. Και τα δύο τμήματα εντοπίζονται στο κατεχομένο τμήμα του ρήγματος που θεωρείται ότι ανέδρασε το 1980, και είναι το μεν ένα παράλληλο (τμήμα Αγχιάλου-Μικροθηβών, τμήμα Β11 έως 36) το δε άλλο κάθετο προς το συγκεκριμένο ρήγμα (τμήμα Μικροθηβών- Αλμιρού, τμήμα 36 έως 273).

Οι υψομετρικές διαφορές μεταξύ των ρεπέο που ανευρέθηκαν επαναμετρήθηκαν το 1988 και 1989 από συνεργείο του **IGME** ακολουθώντας τις ίδιες περίπου ανοητρές προδιαγραφές στις οποίες είχαν βασιστεί και οι μετρήσεις της πρώτης περιόδου της ΓΥΣ (χωροβίατης JENA N007 με οριζόντια, τριμετρές σταδίες INVAR με αντιροήδες και βάσεις, μέγιστη απόσταση μεταξύ σταδίων και οργάνου 25μ, διπλή μέτρηση σε δύο κατευθύνσεις σε κατάλληλες ατμοσφαιρικές συνθήκες με κοιτήριο απόρριψης μέτρησης διαφορά 8χλστ σε τμήμα 1χλμ). Οι προδιαγραφές αυτές εξασφαλίζουν ακρίβεια υψομετρικών μεταβολών της τάξης του $1.4\text{mm}/\text{S}$, όπου S η απόσταση μεταξύ δύο σημείων σε km (Stiros and Rondogianni, 1985) που υποδηλώνει ότι το αθροιστικό τυπικό σφάλμα μεταβολής υψομέτρων σε μήκος είκοσι χιλιομέτρων είναι μόλις της τάξης των 6mm.

Τα αποτελέσματα των υπολογισμένων υψομετρικών μεταβολών κατά μήκος των δύο συνεχόμενων οδεύσης, θεωρώντας τη χωροσταθμική αφετηρία Β11 στη Νέα Αγχιάλο ως σημείο αναφοράς (σταθερό σημείο), εμφανίζονται στο Σχ. 4. Ειδικότερα εμφανίζονται οι υπολογισμένες υψομετρικές μεταβολές κατά μήκος της οδεύσης, καθώς και σε προβολή εγκάρσια και κατά μήκος του ρήγματος.

Οι παρατηρημένες σχετικές μεταβολές των υψομέτρων των χωροσταθμικών αφετηριών, της τάξης των 29 εκατοστών σε μήκος 18 χλμ κατά μέγιστο, είναι εμφανώς πολύ μεγαλύτερες από τα αναμενόμενα τυχαία σφάλματα. Αυτό υποδηλώνει ότι τα διαγράμματα του Σχ. 4 αντανακλούν πραγματικές σχετικές μεταβολές υψομέτρων που συνέβησαν στο διάστημα μεταξύ των δύο περιόδων μετρήσεων, δηλαδή μεταξύ 1970/71 και 1988/89.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεοφράστου" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

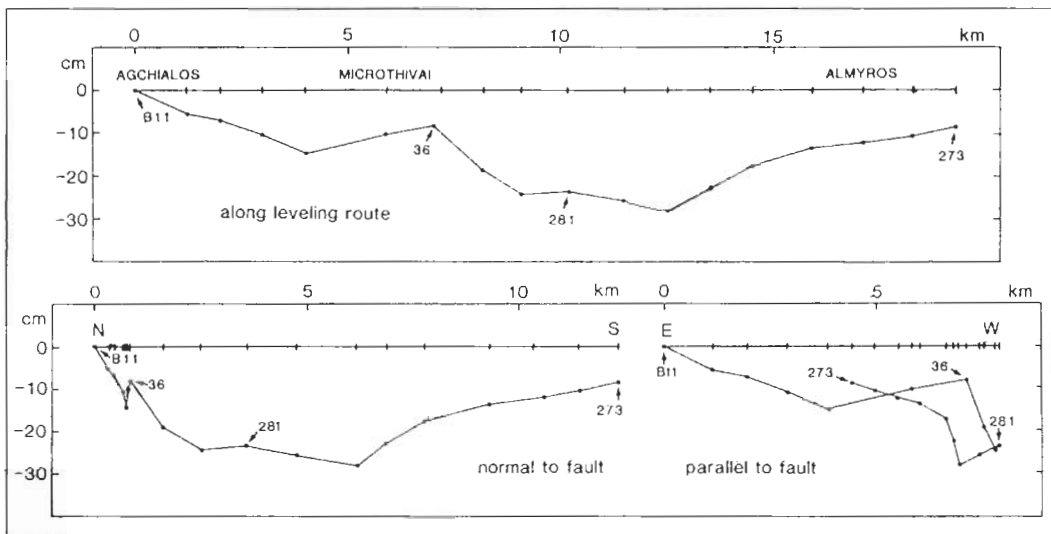


Σχήμα 3: Η θέση των χοροσταθμικών αρτηριών (σπείρο, που εμφανίζονται ως τελείες) που ήταν κοινές στις δύο μετροημικές περιόδους, 1970/71 και 1988/89. Εμφανίζεται ακόμη η γεωλογία της περιοχής (απλοποιημένη από Κατσιλάτσο et al., 1986 και Μαρίνο et al., 1962), η προσεγγιστική θέση του σήματος Νέας Αγχιάλου και η θέση των επιφανειακών σεισμικών διασπάρσεων του 1980 (σύμφωνα με τους Παπαζαχός et al., 1983).

Figure 3: Location of leveling benchmarks (solid dots) common in two measuring periods, 1970/71 and 1988/89. The geology of the area (simplified after Katsikalas et al., 1986 and Marino et al., 1962), the approximate trace of the Nea Agchialos fault and of the 1980 surface seismic faults (after Papazachos et al., 1983) are also shown.

4. ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΤΩΝ ΓΕΩΔΑΙΤΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Οι σχετικές υψομετρικές μεταβολές που παρατηρήθηκαν μεταξύ 1970/71 και 1988/89 στην περιοχή Αλιμουρού έχουν σημαντικό εύρος, μερικές δεκάδες εκατοστά, και συνέβησαν σε ένα χρονικά περιορισμένο διάστημα το οποίο περιλαμβάνει τη σεισμική ακολουθία του 1980. Επειδή κανένα άλλο γεγονός το οποίο θα μπορούσε να συνδεθεί με κατακόρυφες μεταβολές του εύρους αυτού δεν συνέβη στην περιοχή το διάστημα αυτό, η μόνη λογική ερμηνεία είναι να τις αποδώσουμε στη σεισμική ακολουθία του 1980. Είναι επιπλέον εύλογο να επιχειρήσουμε να εξάγουμε συμπεράσματα για ωρισμένες παραμέτρους της σεισμικής ακολουθίας βασισμένοι στις γεωδαιτικές αυτές πληροφορίες.



Σχήμα 4: Υψομετρικές μεταβολές κατά μήκος των χωροσταθμικών οδών από το σημείο B11 στην περιοχή Νέας Αγχιάλου σταθερό. Οι παρατηρημένες μεταβολές αυτές είναι στατιστικά σημαντικές (το αντιστοιχιστικό σφάλμα σε μήκος 20 χιλιομέτρων είναι 6 μόλις χιλιοστά) και εμφανίζονται σε τρία διαφορετικά διαγράμματα ως μεταβολές κατά μήκος της οδού, παράλληλα προς το ρήγμα και κάθετα προς αυτό. Από τα διαγράμματα αυτά προκύπτει ότι οι σεισμοί του 1980 προκάλεσαν σχετική βύθιση της αλλουβιακής λεκάνης Αλιμουρού σε σχέση με το βόρειο περιθώριό της κατά τουλάχιστον 25-30cm, ότι ενεργοποιήθηκε τουλάχιστο το τμήμα του ρήγματος μεταξύ Νέας Αγχιάλου και Μιζορθίων, και ότι το άλμα του σεισμικού ρήγματος αυξάνεται προς δυοιάς.

Figure 4: Observed height changes along leveling route (top) and normal and parallel to fault (bottom). Changes are relative to benchmark B11 at Nea Agchialos and are statistically significant, for the cumulative error in a 25km long traverse is 6mm. These diagrams indicate that the 1980 earthquakes caused an at least 25-30cm subsidence of the alluvial plain relative to its northern margin, that an at least 8km long segment of the fault between Nea Agchialos and Mizorthisai reactivated, and that the fault throw was increasing to the west.

Το πρώτο συμπέρασμα είναι ότι τα επαναλλειπτικά χωροσταθμικά στοιχεία εμφανίζουν μία σχετική βύθιση του επιπέδου της λεκάνης του Αλιμουρού σε σχέση με το βόρειο περιθώριό της. Επιπλέον, η μορφή της καμπύλης των υψομετρικών μεταβολών σε προβολή κάθετη προς το ρήγμα έχει σημαντικά μεγαλύτερη βαθμίδα προς βορράν, πράγμα που υποδηλώνει ότι το ρήγμα είχε κλίση προς νότο. Τα δύο αυτά δεδομένα είναι προφανώς σύμφωνα με τα υπάρχοντα τεκτονικά και σεισμολογικά συμπεράσματα και επιβεβαιώνουν τη σύνδεση της σεισμικής ακολουθίας με το ρήγμα που ορίζει το βόρειο περιθώριό της λεκάνης του Αλιμουρού.

Οι εξεταζόμενες χωροσταθμικές οδεύσεις περιορίζονται στο χώρο της λεκάνης Αλιμουρού, και για το λόγο αυτό παρέχουν πληροφορίες μόνο για τις ελάχιστες τιμές της σεισμικής παραμόρφωσης. Συνάγεται επομένως ότι στην επιφάνεια παρατηρήθηκε σχετική βύθιση του κατεχομένου τμήματος (hanging wall) του ρήγματος. Η βύθιση παρατηρείται

λίγο πió βόρεια από τον Αλυρού. Το σεισμικό ρήγμα εξ άλλου φαίνεται ότι είχε μήκος τουλάχιστο 8χλμ., και ότι το τμήμα που πιστοποιήθηκε ότι ενεργοποιήθηκε εκτείνεται από τη Νέα Αγχιάλο μέχρι τις Μικροθήβες. Το συμπέρασμα αυτό είναι σε απόλυτη συμφωνία με τα μακροσεισμικά στοιχεία που εμφανίζουν πλειόσειστη περιοχή μεταξύ Αγχιάλου και Αλυρού (εντάσεις VIII-IX, Papazachos et al., 1983) και τις αναμενόμενες τιμές για ένα σεισμό μεγέθους 6.5 (42 εκ και 29χλμ αντίστοιχα, βλ. Παπαζάχος και Παπαζάχου, 1989, Πίνακας 7.5). Παράλληλα, από τη μεταβολή των υψομέτρων σε προβολή παράλληλη προς το ρήγμα συνάγεται ότι το άλμα του σεισμικού ρήγματος αυξανόταν προς δυσμάς, και είχε τη μέγιστη παρατηρημένη τιμή του στην περιοχή Μικροθηβών (σχ. 3.4).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Από την επαναλλειπτική μέτρηση δύο συνεχόμενων χωροσταθμικών οδεύσεων μεγάλης ακριβείας που διάσχισε μεγάλο τμήμα της πλειόσειστης περιοχής της σεισμικής ακολουθίας του 1980 προέκυψε ότι η ακολουθία αυτή προκάλεσε βύθιση 25-30 τουλάχιστον εκατοστών του κατεσχόμενου τεμάχους σημαντικού ρήγματος που ορίζει το βόρειο περιθώριο της τριτογενούς-τεταρογενούς λεκάνης Αλυρού, καθώς και του Παρνασσικού Κόλπου. Η κίνηση αυτή ερμηνεύεται ως ενεργοποίηση του ρήγματος Νέας Αγχιάλου κατά τους σεισμούς του 1980, τουλάχιστον κατά το τμήμα μεταξύ της πόλης αυτής και των Μικροθηβών. Το ύψος της κατακόρυφης συνιστώσας της κίνησης εκτιμάται σε 25-30 εκατοστά τουλάχιστον, ενώ συνάγεται ότι το άλμα του σεισμικού ρήγματος αυξανόταν από ανατολής προς δυσμάς. Τα συμπεράσματα αυτά επιβεβαιώνουν προηγούμενες εκτιμήσεις για το μηχανισμό της σεισμικής ακολουθίας βασισμένες σε σεισμολογικά και τεκτονικά δεδομένα.

ΑΝΑΓΝΩΡΙΣΗ

Σχόλια του κ. Β. Παπαζάχου συνέβαλαν στην διαμόρφωση της τελικής μορφής του κειμένου αυτού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- CAPUTO, R. (1996). The active Nea Agchialos fault system (central Greece): comparison of geological, morphotectonic, archaeological and seismological data. *Annali di Geofisica*, 39, 557-574.
- CAPUTO, R. & PAVLIDES, S. (1993). Late Cainozoic geodynamic evolution of Thessaly and surroundings (central-northern Greece). *Tectonophysics*, 223, 339-362.
- JACKSON, J. KING, G. & VITA-FINZI, C. (1982). The neotectonics of the Aegean: an alternative view. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 61, 303-318.
- ΚΑΤΣΙΚΑΤΣΟΣ et al. (1986). Γεωλογικός χάρτης Ελλάδος, Κλ. 1:50,000, φύλλο Βόλος, ΓΓΜΕ
- ΜΑΡΙΝΟΣ, Γ., ΑΝΑΣΤΟΠΟΥΛΟΣ, Ι., ΜΑΡΑΤΟΣ, Γ., ΜΕΛΙΔΩΝΗΣ, Ν. & ΑΝΔΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ, Β. (1962). Γεωλογικός χάρτης Ελλάδος, Κλ. 1:50,000, φύλλο Αλυρός, ΓΓΜΕ.
- ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ, Β. & ΠΑΠΑΖΑΧΟΥ, Κ. (1989). Οι σεισμοί της Ελλάδας. Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη, 356 σελ.
- PAPAZACHOS, B., PANAGIOTOPOULOS, D., TSAPANOS, T., MOUNTRAKIS, D. & DIMOPOULOS, G. (1983). A study of the 1980 summer seismic sequence in the Magnesia region of central Greece. *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 75, 155-168.
- STIROS, S. & RONDOGIANNI, T. (1985). Recent vertical movements across the Atalandi fault-zone (central Greece). *Pageoph.*, 123, 837-848.
- TAYMAZ, T., JACKSON, J. & McKENZIE, D. (1991). Active tectonics of the northern and central Aegean Sea. *Geophys. J. Int.*, 106, 433-490.