

Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ. XIX	σελ. 133-145	Αθήνα 1987
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.	Athens

ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ

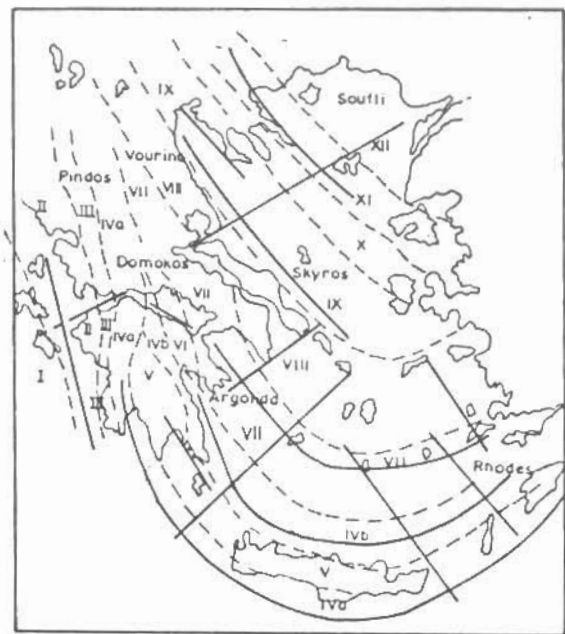
Δ. Α. ΚΙΣΚΥΡΑΣ & ΑΘΑΝ. ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ*

Α. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα κυριότερα τεκτονικά γνωρίσματα του ελληνικού χώρου είναι ο διαμελισμός του σε πολυάριθμα κομμάτια, πολλά από τα οποία έχουν καταβυθιστεί, με αποτέλεσμα να εισχωρήσει ενδιάμεσα η θάλασσα. Οι μεγαλύτερες καταβυθίσεις συνδέονται με μεταπτώσεις κατά μήκος επιμήκων ρηγμάτων, που σχηματίστηκαν λόγω εφελκυσμού σε γεωσυγκλινείς ζώνες και μάλιστα μεταξύ του τμήματος, που επωθήθηκε προς δυσμάς και του ανατολικού, που παρέμεινε προς τα πίσω, δηλαδή προς την τοπική οπισθοχώρα. Έτσι, τα ρήγματα της πεδιάδας του Στρυμόνα και Στρυμονικού κόλπου έγιναν στη γεωσυγκλινή ζώνη Ανατολικής Χαλκιδικής - Λέσβου. Τα ρήγματα του θερμαϊκού κόλπου, όπως και εκείνα ανατολικά της Θεσσαλίας και Ξυβοιας, έγιναν στο ανατολικό τμήμα της γεωσυγκλινούς ζώνης του Αξιού. Τα ρήγματα του Σαρωνικού κόλπου παρουσιάζονται στη γεωσυγκλινή ζώνη Ανατολικής Ελλάδας, ενώ τα ρήγματα του Αργολικού κόλπου στη γεωσυγκλινή ζώνη του Αρκαδικού καλύμματος, δηλαδή στον ανατολικό κλάδο της ζώνης Πίνδου. Με ανάλογο τρόπο τα ρήγματα του Μεσσηνιακού κόλπου σχηματίστηκαν στη γεωσυγκλινή ζώνη Ωλονού - Πίνδου, δυτικά της ζώνης Τρίπολης και τα ρήγματα του Κυπαρισσιανού κόλπου στη γεωσυγκλινή Ιόνια ζώνη, δηλαδή δυτικά της γεωαντικλινούς ζώνης Πύλου - Γαβρόβου.

Κάθετα στα επιμήκη αυτά ρήγματα και μεταπτώσεις, που ακολουθούν τη διεύθυνση του άξονα των πτυχώσεων, έρχονται τα εγκάρσια, με

*SEISMOTECTONICS OBSERVATIONS IN THE GREEK AREA.



Σχ. 1: Χάρτης τεκτονικών ζωνών και ρηγμάτων.

- I = Ζώνη Παξών (Απούλια).
- II = Ιόνια ζώνη
- III = Ζώνη Πύλου - Γαβρόβου
- IVa = Ζώνη Ωλονού - Πίνδου
- IVb = Ζώνη Αρκαδικού καλύμματος (ανατολικός κλάδος της ζώνης Πίνδου).
- V = Ζώνη Τρίπολης
- VI = Ζώνη Παρνασσού - Γκιώνας
- VII = Ζώνη Ανατολικής Ελλάδος
- VIII = Πελαγονική ζώνη
- IX = Ζώνη Αξιού
- X = Ζώνη Χαλκιδικής (Σερβομακεδονική)
- XI = Ζώνη Ανατολικής Χαλκιδικής - Λέσβου και
- XII = Μάζα Ροδόπης

Διακεκομμένες γραμμές = όρια ζωνών.
 Συνεχείς γραμμές = ρηγματα.

τα οποία συνδέονται οι καταβυθίσεις του Πατραϊκού κόλπου, επίσης αυτές μεταξύ Πελοποννήσου και Κρήτης, όπως και οι άλλες μεταξύ Κρήτης και Κάσου, μεταξύ Καρπάθου και Ρόδου κλπ. Τα ρήγματα αυτά έχουν μικρότερες διαστάσεις από τα επιμήκη, αφού συνήθως αντιστοιχούν στο πλάτος των επιμήκων γεωτεκτονικών των ζωνών.

Εκτός από τα αναφερθέντα ρήγματα, που παρουσιάζονται στις γεωσυγκλιείς ζών, υπάρχουν και άλλα που βρίσκονται στις γεωαντικλιείς ζώνες. Στις ζώνες όμως αυτές, οι οποίες όπως είναι γνωστό παρουσιάζουν γερμανότυπη τεκτονική, η διάκριση των ρημάτων σε επιμήκη και εγκάρσια δεν έχει την ίδια σημασία, όπως στις γεωσυγκλιείς ζώνες. Όπως οι πτυχές, έτσι και τα ρήγματα στις γεωαντικλιείς ζώνες δεν έχουν ορισμένη χαρακτηριστική διεύθυνση* αυτή εξαρτάται από τις προϋπάρχουσες τοπικές συνθήκες ώστε, και σε στενή ακόμα περιοχή οι διευθύνσεις των πτυχών αλλάζουν (τεκτονική προσαρμογή). Τούτο έχει σχέση με τις συχνές αποχωρήσεις (regressions) και επικλύσεις (transgressions) της θάλασσας με αποτέλεσμα τις τοπικές αλλαγές στη μορφολογία της λεκάνης ιζηματογένεσης.

Στη μελέτη αυτή εξετάζεται η σεισμικότητα των γεωτεκτονικών ζωνών στην Ελλάδα, σε συσχέτιση με τα ιδιαίτερα τεκτονικά τους χαρακτηριστικά, όπως π.χ. την κατηγορία και τη φορά των σεισμογόνων μεταπτώσεων, από τα οποία εξαρτάται όχι μόνο το μέγεθος των σεισμών, αλλά και η σεισμική ένταση στις σεισμόπληκτες περιοχές.

B. ΣΕΙΣΜΟΓΟΝΑ ΡΗΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΠΤΩΣΕΙΣ

Από προηγούμενες μελέτες (Κισκύρας, 1955, 1958, 1959 και 1972), έχει προκύψει το συμπέρασμα ότι αξιόλογα ρήγματα και μεταπτώσεις, με τις οποίες συνδέονται οι μεγάλες καταβυθίσεις και οι περισσότεροι και βλαβερότεροι σεισμοί, εμφανίζονται στις γεωσυγκλιείς ζώνες και μάλιστα προς την πλευρά της πτωχώρας. Έτσι, στην ηπειρωτική Ελλάδα τα σεισμικά επίκεντρα εντοπίζονται στην ανατολική πλευρά των γεωσυγκλιών ζωνών, ενώ στην περιοχή της Κρήτης, όπου οι ζώνες έχουν Δ-Α διεύθυνση, τα επίκεντρα συγκεντρώνονται στη βόρεια πλευρά τους. Αντίθετα, στα εξωτερικά τμήματα των γεωσυγκλιών ζωνών, που είναι επωθημένα προς Δ, τα επίκεντρα σπανίζουν, όπως και στην προχώρα, π.χ. στη ζώνη Πύλου - Γαβρόβου και τα επωθημένα πάνω της τμήματα της ζώνης Ωλονού - Πίνδου. Στις περιπτώσεις αυτές, τα ρήγματα μεταξύ επωθημένης ζώνης και προχώ-



Σχ. 2.α. Σχηματική τομή επώθησης της ζώνης Ωλονοῦ - Πίνδου πάνω στη ζώνη Πύλου - Γαβρόβου.
β. Τεκτονικό παράθυρο σε περιοχή καλυμμάτων.

ρας είναι ρήγματα συμπίεσης, που είναι ελάχιστα σεισμογόνα.

Εδώ θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα επωθημένα τμήματα μιάς ζώνης και γενικά τα τεκτονικά καλύμματα, υποφέρουν λιγώτερο από σεισμούς, των οποίων το επίκεντρο βρίσκεται προς την πλευρά της προχώρας. Τούτο οφείλεται στο ότι τα σεισμικά κύματα, που έρχονται από την πλευρά της προχώρας, για να φτάσουν το κάλυμμα, π.χ. της ζώνης Ωλονοῦ - Πίνδου, συναντούν πρώτα τα στρώματα του φλύσχη, με αποτέλεσμα να υποστούν ισχυρή ανάκλαση κατά την μετάβασή τους από το λιγώτερο ελαστικό πέτρωμα (φλύσχη) στο περισσότερο ελαστικό (ασβεστόλιθος). Στην περίπτωση όμως, που το τεκτονικό κάλυμμα έχει μικρές διαστάσεις, τότε ο σεισμικός κίνδυνος είναι μεγάλος εξαιτίας της μεγάλης δυνατότητας συντονισμού (Παπαγιαννοπούλου), μεταξύ των ιδιοκυμάνσεων των κτιρίων και των ιδιοκυμάνσεων του υπεδάφους, που λόγω των τοπικών συνθηκών έχουν μικρή περίοδο. Έτσι έχουν εξηγηθεί (Κισκύρας, 1956), οι σεισμικές καταστροφές οικισμών της Μεσσηνίας, που έχουν χτιστεί πάνω σε κερατολιθικά πετρώματα μικρών διαστάσεων του καλύμματος της ζώνης Ωλονοῦ - Πίνδου. Άλλο παράδειγμα η Ακρόπολη Αθηνών, όπου ένας μικρός ασβεστολιθικός βράχος βρίσκεται χωρίς καλή σύνδεση πάνω σε σχιστόλιθους, δηλαδή με ευνοϊκές συνθήκες για συντονισμό των ιδιοκυμάνσεων των αρχαίων μνημείων με τις ιδιοκυμάνσεις του ασβεστολιθικού βράχου. Τούτο σημαίνει αύξηση του πλάτους των δονήσεων και συνεπώς αύξηση της επικινδυνότητας της περιοχής, που μπορεί να γίνει και σε μικρό σεισμό.

Εκτός από τα επιμήκη ρήγματα-μεταπτώσεις, σεισμούς προκαλούν και τα εγκάρσια. Οι σεισμοί όμως αυτοί έχουν μικρό μέγεθος και εστία σε μικρό βάθος. Η μικρή δυναμικότητα των εγκάρσιων ρηγμάτων είναι συνέπεια των μικρών τους διαστάσεων (Κισκύρας, 1959). Μερικές φορές τα ρήγματα αυτά δίνουν καταστρεπτικούς, τοπικούς όμως, σεισμούς. Αυτό γίνεται εντονότερο στις περιπτώσεις, όπου οι σεισμοί συνδέονται γενετικά με οριζόντιες μεταπτώσεις.

Γ. ΝΕΩΤΕΡΑ ΡΗΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΑΝΑΒΙΩΣΗ ΠΑΛΙΩΝ ΡΗΓΜΑΤΩΝ

Όπως είναι γνωστό, οι τεκτονικές κινήσεις στην Ελλάδα συνεχίστηκαν και μετά την κύρια φάση των ορογενετικών και ηπειρογενετικών κινήσεων, στις οποίες οφείλονται τα αδρά χαρακτηριστικά της σημερινής μορφολογίας της χώρας μας. Αποτέλεσμα των νέων τεκτονικών κινήσεων ήταν η διάρρηξη των πλειοκαινικών ιζημάτων, τα οποία είχαν αποτεθεί στον πυθμένα των μεγάλων προπλειοκαινικών καταβυθίσεων, που κατά προτίμηση είχαν γίνει στις γεωσυγκλινείς ζώ-

νες. Η διάρρηξη αυτή έγινε με ρήγματα κατά κύριο λόγο εφελκυσμού. Στη Ν. Πελοπόννησο τα μεταπλειοκαινικά ρήγματα έχουν συνήθως Β-Ν διεύθυνση, ενώ τα παλιότερα ρήγματα παρουσιάζουν ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση. Η εκτροπή αυτή της διεύθυνσης των ρηγμάτων, που έγινε κατά τη φορά των δεικτών του ωρολογίου, παρουσιάζεται και στο εσωτερικό της Πελοποννήσου, όπως δείχνει η πορεία του Αλφειού ποταμού και των παραποτάμων του (Κισκύρας, 1961). Κάτι ανάλογο παρουσιάζεται και στην Κρήτη, όπου τα Α-Δ ρήγματα είναι σε γενικές γραμμές νεώτερα από τα ΝΔ-ΒΑ. Τη νεώτερη ηλικία των Α-Δ ρηγμάτων έναντι των άλλων είχε διαπιστώσει ο Νέγρης (1901) που τα συμπεριέλαβε στην ονομασθείσα από αυτόν Αργολική διάρρηξη (Dislocation Argolique EO). Επομένως τα Α-Δ και Β-Δ ρήγματα, που είναι νεώτερα από τα ρήγματα με άλλη διεύθυνση, θα έχουν από σεισμολογική άποψη περισσότερες πιθανότητες να δώσουν νέους σεισμούς.

Οι τεκτονικές δυνάμεις, που προκάλεσαν διάρρηξη των πλειοκαινικών και τεταρτογενών πετρωμάτων, θα προκάλεσαν διαταραχή και στα αδύνατα σημεία των προπλειοκαινικών πετρωμάτων π.χ. στις τεκτονικές επαφές, δηλαδή στην επιφάνεια μεταπτώσεων. Μία μικρή μετακίνηση της μιάς πτέρυγας της μετάπτωσης, σε σχέση με την άλλη, μπορεί να προκαλέσει σεισμό. Η επιφάνεια των μεταπτώσεων παρουσιάζει εξάλλου τις λιγότερες δυσκολίες για μετακινήσεις γήινων τεμαχίων, που αποτελούνται από παλιότερα πετρώματα. Η αναβίωση δηλαδή ενός παλιού ρήγματος είναι ευκολότερη από τη δημιουργία στο ίδιο πέτρωμα νέου ρήγματος.

Από σεισμολογική άποψη, μεγάλη σημασία έχει η αναβίωση μεταπλειοκαινικών ρηγμάτων, που έχουν μεγάλες διαστάσεις. Αν λάβουμε υπόψη ότι οι λεκάνες, όπου έχουν αποθεθεί τα νεογενή ιζημάτα, οφείλονται σε καταβυθίσεις, οι οποίες χρονολογικά είναι νεώτερες στις εξωτερικές ζώνες του ελληνικού ορογενούς, μπορούμε να πούμε ότι τα επιμήκη ρήγματα εφελκυσμού εξακολουθούν να είναι νεώτερα όσο προχωρούμε από περίπου ΒΑ προς ΝΔ. Δηλαδή, ακολουθούν την ίδια κατεύθυνση, που έχει η εξελικτική πορεία των ελληνικών γεωσυγκλίσεων. Έτσι, τα ρήγματα στα Επτάνησα και στη Δυτική Ελλάδα, που έχουν σχηματιστεί στην Ιόνια ζώνη, είναι νεώτερα απ' αυτά του Μεσσηνιακού κόλπου και των παραλίων της Νότιας Κρήτης, που έχουν σχηματιστεί στη ζώνη Ωλονού-Πίνδου, που βρίσκεται πιά εσωτερικά στο ελληνικό ορογενές από ότι η Ιόνια ζώνη. Για τον ίδιο λόγο τα ρήγματα της Νότιας Κρήτης είναι νεώτερα από τα ρήγματα της Βόρειας Κρήτης, που έχουν γίνει στη ζώνη Ανατολικής Ελλάδας, ό-

πως και τα ρήγματα αυτά είναι νεώτερα από εκείνα του Βορείου και Κεντρικού Αιγαίου, που έχουν σχηματιστεί στη ζώνη Αξίου. Έτσι, εφόσον η γένεση των σεισμών συνδέεται κατά προτίμηση με νεώτερα ρήγματα, μπορούμε να πούμε ότι η περιοχή του Ιονίου πελάγους πρέπει να παρουσιάζει μεγαλύτερη σεισμικότητα από αυτήν της περιοχής του Μεσσηνιακού κόλπου και Νότιας Κρήτης και γενικότερα ότι η σεισμικότητα της ελληνικής περιοχής μειώνεται από περίπου ΝΔ προς ΒΑ.

Από τους σεισμολογικούς χάρτες που έχουν δημοσιευτεί διαφαίνεται καθαρά ότι η μεγαλύτερη σεισμικότητα παρουσιάζεται στην εξωτερική ζώνη του Ελληνικού ορογενούς (Δυτική Ελλάδα, Νότια Κρήτη, ΝΑ Δωδεκάνησα). Υπάρχουν όμως και μερικές άλλες περιοχές, όπως π.χ. του Κορινθιακού κόλπου, της ΝΑ Θεσσαλίας, η περιοχή των λιμνών Λαγκαδά και Βόλβης, όπως και η περιοχή Β. Δωδεκανήσεων, στις οποίες παρ' ότι βρίσκονται σε εσωτερικές ζώνες παρουσιάστηκε αυξημένη σεισμική δραστηριότητα.

Στις προαναφερθείσες περιοχές παρουσιάζονται τεκτονικές τάφροι ο πυθμένας των οποίων, όπως αναφέρει και ο Γαλανόπουλος, πιέζεται προς τα κάτω, λόγω του συνεχώς αυξανόμενου βάρους των φερτών υλικών από τη διάβρωση της γύρω ορεινής περιοχής. Από την άλλη μεριά, η γύρω ορεινή περιοχή με την αποκομιδή των υλικών της διάβρωσης ισοστατικά ξαλαφρώνει με τάση να ανέβει. Έτσι, εδώ δρούν δύο αντίρροπες τάσεις, με αποτέλεσμα την ενεργοποίηση της υπάρχουσας μετάπτωσης και την παραγωγή σεισμού. Αλλά και στην περίπτωση, που δεν μπορούμε να δεχτούμε ισοστατικά φαινόμενα, λόγω των μικρών διαστάσεων της περιοχής, πάλι γίνεται ενεργοποίηση της μετάπτωσης εξαιτίας του βάρους των φερτών υλικών, που πιέζουν τη μία πτέρυγα της μετάπτωσης προς τα κάτω, ενώ η άλλη συμπεριφέρεται παθητικά, δίνοντας την εντύπωση ότι ανέρχεται.

Ειδικά για την περιοχή του Κορινθιακού κόλπου είναι γεωλογικά διαπιστωμένο ότι η νότια πλευρά του, δηλαδή η βόρεια Πελοποννήσος, ανεβαίνει και αυτό έχει αρχίσει πριν την απόθεση των στρωμάτων του Τυρρήνιου. Υποτίθεται μάλιστα, ότι η ανύψωση της Β. Πελοποννήσου συνδυάστηκε με μία ταπείνωση της Ν. Πελοποννήσου, ώστε να μπορούμε να μιλάμε για ταλάντωση της Πελοποννήσου περίπου ΒΑ προς ΝΔ. Η ανύψωση αυτή της Β. Πελοποννήσου, που αποτελεί τη νότια πτέρυγα μιάς μετάπτωσης, συνδυάζεται με ταπείνωση της βόρειας πτέρυγας της ίδιας μετάπτωσης, δηλαδή της νότιας πλευράς του Κορινθιακού κόλπου. Τούτο επιβεβαιώθηκε και

από τη γένεση των σεισμών του 1981, που έπληξαν την Κορινθία. Ετσι, από τις γεωλογικές μελέτες (Ανδρονόπουλος et al., Mariolakis et al.) διαπιστώθηκε ότι οι σεισμοί, που είχαν το επίκεντρο στις Αλκυονίδες, συνδέονται με μεταπτώσεις σε περίπου Α-Δ διεύθυνση, των οποίων βυθίστηκε η βόρεια πτέρυγα. Αντίθετα, στην περίπτωση του σεισμού της 4.3.81, με επίκεντρο το νότιο άκρο της Βοιωτίας, βυθίστηκε η νότια πτέρυγα της μετάπτωσης.

Τα βυθίσματα αυτά προσαρμόστηκαν προς την τεκτονική δομή της Κορινθιακής τάφρου, δηλαδή στις μεταπτώσεις της Κορινθίας βυθίστηκε η βόρεια πτέρυγα, όπου τα νεώτερα και χαλαρά πετρώματα βρίσκονται βόρεια από τα παλαιότερα και συνεκτικά. Αντίθετα, στις μεταπτώσεις της Βοιωτίας, βυθίστηκε η νότια πτέρυγα, όπου τα νεώτερα πετρώματα βρίσκονται νότια από τα παλαιότερα.

Η παρατήρηση, τόσο των γεωλόγων (Ανδρονόπουλος et al. και Mariolakis et al.) όσο και των σεισμολόγων (Parazachos et al.), ότι και στις δύο περιπτώσεις ήταν δεξιόστροφες ενισχύει την άποψη (Κισκύρας 1981), ότι ο σεισμός της 4.3.81, δεν ήταν μετασεισμός του σεισμού της 24.2.81, αλλά κύριος σεισμός, που συνδέεται γενετικά με άλλα μετάπτωση. Είναι όμως φυσικό να επηρεάστηκε η εκδήλωση του δεύτερου σεισμού από τον πρώτο, αφού είχαν γειτονικές, κάπως εστίες.

Τα ίδια περίπου μπορεί να ειπωθούν και για τους σεισμούς της τάφρου της Θεσσαλίας και της περιοχής των λιμνών Λαγκαδά και Βόλβης στη Μακεδονία.

Δ. ΣΕΙΣΜΟΙ ΠΟΥ ΣΥΝΔΕΟΝΤΑΙ ΜΕ ΟΡΙΖΟΝΤΙΕΣ ΜΕΤΑΠΤΩΞΕΙΣ

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στις οριζόντιες σεισμογόνες μεταπτώσεις, για το λόγο ότι τα εγκάρσια σεισμικά κύματα που παράγονται εκεί, μπορούν να πολωθούν κάθετα στο επίπεδο της μετάπτωσης. Στην περίπτωση αυτή, η σεισμική ενέργεια των κυμάτων αυτών μεταδίδεται κάθετα προς τη μετάπτωση με οριζόντιους κραδασμούς, παράλληλα στο επίπεδο της, που έχει σαν αποτέλεσμα, οι οικοδομές να δέχονται οριζόντιες κινήσεις, οι οποίες είναι πιο επικίνδυνες από τις κατακόρυφες. Στην ειδική αυτή περίπτωση, τα εγκάρσια κύματα θα είναι τα πιο δραστηρικά. Μπορούμε μάλιστα να πούμε ότι τα κύματα αυτά κυριολεκτικά σαρώνουν σε διεύθυνση παράλληλη προς το επίπεδο της μετάπτωσης. Επομένως, η γνώση της παρουσίας μίας ενεργού οριζόντιας μετάπτωσης είναι απαραίτητο στοιχείο, τόσο για τον κατασκευαστή μηχανικό, όσο και για τον αρχιτέκτονα, που θα προσαρμόσει το σχέδιο της οικοδομής σε

νόλογα με την υφιστάμενη κατάσταση. Στην περίπτωση σωστής αντισεισμικής πολιτικής, η παρουσία οριζόντιων μεταπτώσεων ενδυναμώνει και τον πολεοδόμο, που θα πρέπει από πριν να χαράξει τη διεύθυνση των μεγάλων δρόμων, που έχει σχέση με τον προσανατολισμό των σπιτιών.

Στην περίπτωση, που το έδαφος θεμελίωσης ενός χωριού ή μιάς πόλης αποτελείται από χαλαρά ιζήματα και προσβάλεται από σεισμό, ο οποίος συνδέεται με οριζόντια μετάπτωση, η σωστή αντισεισμική πολιτική δεν περιορίζεται μόνο στην αντισεισμική κατασκευή των νέων οικοδομών, αλλά και στη συμπεριφορά τους προς τις υπάρχουσες οικοδομές. Αν π.χ. δίπλα σε μία οικοδομή χτιστεί μία άλλη πολύ μεγάλη και έχουν και οι δύο πρόσοψη παράλληλη προς το επίπεδο της οριζόντιας μετάπτωσης, τότε η μικρή θα υποστεί ζημιές από το σεισμό, έστω και αν είναι αντισεισμικά κατασκευασμένη. Αυτό αποτελεί ενδιαφέρουσα περίπτωση για το Σεισμικό Δίκαιο, γιατί εδώ η μικρή οικοδομή πήγε και χτύπησε τη μεγάλη. Από την άποψη αυτή θα πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στα διατηρητέα κτίρια, που έχουν χτιστεί πάνω σε χαλαρά εδάφη, ανεξάρτητα μάλιστα του είδους της μετάπτωσης.

Αυτά ειπώθηκαν για να φανεί ότι για τη σωστή αντισεισμική πολιτική, είναι απαραίτητη η συνεργασία των μηχανικών με τους γεωλόγους και σεισμολόγους. Στην ελληνική βιβλιογραφία, σπάνια αναφέρονται οριζόντιες μεταπτώσεις. Μία τέτοια μετάπτωση με διεύθυνση Δ προς Α, αναφέρεται (Κισκύρας 1958) ότι έδρασε στη θάλασσα βόρεια από τα Χανιά, δίνοντας γένεση στο σεισμό της 22.2.1910. Μία άλλη, παλιά όμως, οριζόντια μετάπτωση αναφέρεται (Κισκύρας 1963), ότι έγινε βόρεια του Καλάφα, χάρη σε ρήγματα διάτμησης στη ζώνη Ωλονού - Πίνδου. Με τη μετάπτωση αυτή συνδέεται και ο σχηματισμός της νεογενούς τάφρου της Ηλείας. Δύο άλλες οριζόντιες μεταπτώσεις αναφέρονται από το Γαλανόπουλο (1967), η μία στο δίαυλο Τρίκερι, που συνεχίζεται ανατολικά μέχρι τη θάλασσα Μαρμαρά και η άλλη κάθετα στην πρώτη, που από τον Αργολικό κόλπο προχωρεί στο Δυτικό Κορινθιακό κόλπο, τη λίμνη Τριχωνίδα και από εκεί στον Αμβρακικό κόλπο. Επίσης, τρεις άλλες πολύ μικρές (Βορνόνας - Γαλανόπουλος - Δελιβασίς), δύο νότια της Θεσσαλονίκης και η άλλη στο νότιο άκρο της χερσονήσου Λόγγου, μεταξύ Κασάνδρας και Αγίου Όρους.

Από τα πιο πάνω βγαίνει το συμπέρασμα ότι η σεισμική ένταση, με άλλα λόγια οι σεισμικές καταστροφές σε ένα τόπο δεν εξαρτώνται μόνο από το μέγεθος του σεισμού και το είδος του εδά-

φους θεμελίωσης, αλλά και από το δρόμο που ακολουθούν τα σεισμικά κύματα, το είδος αυτών και τις γεωλογικές συνθήκες γένεσής τους. Αυτό σημαίνει ότι χρειάζεται πολλή δουλειά ακόμα για την επίλυση του σεισμικού προβλήματος στην Ελλάδα. Ένα μεγάλο μέρος της δουλειάς αυτής κατανέμεται στους Έλληνες γεωλόγους, που σε μεγάλο ποσοστό παραμένουν ακόμα αναξιοποίητοι.

SEISMOTECTONICS OBSERVATIONS IN THE
GREEK AREA

by Dem.Kiskyras and Ath.Economou

The principal fractures formation in Greece shows a "temporal wandering" nearly from NE to SW, similar to that of the migration of the Greek geosynclines. Thus, the large tension fractures in the Axios geosynclinal zone are older than the fractures in the East Hellenic geosynclinal zone and the fractures in the laster zone are older than the fractures in the Pindos geosynclinal zone, which are older than the fractures in the Ionian geosynclinal zone.

Given that younger fractures are more active than older ones, seismicity in Greece may decrease from Ionian Islands and Western Greece to Messeniakos Gulf - Southern Crete area and from there to Argolikos Gulf - Northern Crete area and there after to Saronikos Gulf - N.Dodecanse area etc.

Deviation of this rule is sometimes observed, due to rejuvenescence of some postectonic fractures, associated with isostatic readjustement. In spite of their small dimensions these fractures sometimes have been the cause of strong, but local, earthquakes f.e. in Korinthiakos Gulf area, the East - Thessaly depression and the Thessaloniki's laces area.

Younger fractures usually have a different direction from the older ones, but the change of the fractures strike is clockwise directed, so that the N-S and E-W fractures are younger than the NW-SE and SW-NE respectively. Earthquakes in Greece, related to E-W or N-S directed strike slip faults may be with terrible disastrous consequences, due to the youth of these fractures on the one hand and to the fact, on the other hand, that shear waves may be polarized normal to the fault plane,

resulting in horizontal strong shocks, parallel to this fault plane, which are the most destructive. In this respect engineers and architects must take into consideration the geological data in order to plan the correct antiseismic design.

Nappes may be considered as a good construction ground in the case of earthquakes foci, situated on the foreland's side. Nevertheless nappe-outliers (Klippen) with small dimensions may be regarded as a dangerous ground, because of the possibility of a resonance between the ground oscillations and the building oscillations, which have nearly the same frequency.

- Andronopoulos B., A. Eleftheriou, G.Koukis, D. Rosos and Ch. Angelidis
1981. *Macroseismic, geological and tectonic observation in the area affected by the earthquake of the Corinthian Gulf (February - March 1981)*, Intern. Symposium on the Hellenic Arc and Trench (H.E.A.T) Proceedings Vol. I, Athens (1981/1982), 19-34.
- Bornovas J., A. Galanopoulos and B. Delibasis, 1971. *Seismotectonic map of Greece*. Inst. of Geology and Subsurface Research Athens.
- Γαλανόπουλος Αγγ., 1976. Το συζυγές σύστημα μεγάλων τεκτονικών ρηγμάτων και η συμπαρομαρτούσα σεισμική δράσις εν Ελλάδι. *Ann. géol. Pays Hellén.* 18, 119-134.
- 1981. Οι βλαβεροί σεισμοί και το δυναμικόν της Ελλάδος. *Ann. géol. Pays Hellén.* XXX/2, 647-724.
- Κισκύρας Δ., 1955. Διάδοση της σεισμικής ενέργειας και εξάρτησή της από την τεκτονική και τη θέση της σεισμικής εστίας. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρίας* II, 40-55.
- 1956. Εξάρτηση της εντάσεως των σεισμών από τη θέση και φυσική κατάσταση του υπεδάφους. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρίας* III, 1-20.
- 1958. Συμβολή της μελέτης των σεισμικών κυμάτων στη μακροσεισμική έρευνα. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρίας* IV, 114-128.
- 1959. Επί της συσχετίσεως σεισμικών επικέντρων μετά τεκτονικών γραμμών. *Πρακτ. Ακαδ. Αθηνών* 34, 82-92.
- 1961. Οι λιγνίτες της Μεγαλοπόλεως. *Πελοποννησιακή Πρωτοχρονιά* Ε. 122-130.
- 1963. Τεκτονικές έρευνες στην Πελοπόννησο και ιδιαίτερα στη ζώνη Ωλονού - Πίνδου. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρίας* V/2, 1-21.
- 1972. Αι γεωτεκτονικά ζώναι της Αλπικής ορογενέσεως εις τον Ελληνικόν χώρο. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρίας* IX/2, 93-110.
- 1981. Από δύο εστίες προήλθαν οι σεισμοί στην Κερυνθία (24.2.81) και Βοιωτία (14.3.81). *Καθημερινή* 8.3.1981.

- 1983. Συμβολή της μυθολογίας και Αρχαιολογίας στη Σεισμολογία. Πρόταση μέτρων για τη μείωση της σεισμικής επικινδυνότητας της Ακρόπολης, *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρίας*.

Kariolakos J., D. Papanikolaou, N. Symeonidis, S. Lekkas, Z. Karotsis and Ch. Sideris, 1981. The deformation of the area about the Eastern Korinthian Gulf, affected by the earthquakes of February - March 1981. *H.E.A.T. Proceedings I*, 400-420.

Negrís Ph., 1901. *Plissements et dislocations de l' écorce terrestre en Grèce*. Athènes.

Papazachos B., P. Comninakis, D. Moundrakis and S. Pavlides, 1981. Preliminary results of an investigation of the February - March 1981, Alkionides Gulf (Greece) earthquakes *H.E.A.T Proceedings V.II*, 74-87.

Παπαγιαννοπούλου 'Αθ. 1966. Συμβολή των γεωφυσικών μεθόδων έρεύνης εις την Γεωτεχνικήν. Τριμ. 'Επιστημ. 'Εκδόσις Τεχ. 'Επιμ. 'Ελλάδος. Τεύχος 1, 3-21.

Sieberg A., 1932. *Untersuchungen über Erdbeben und Bruchschollenbau im östlichen Mittelmeergebiet*. Fischer V., Jena.