

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗ ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΕΝΤΟΝΗΣ (ΚΟΡΙΝΘΙΑ) ΚΑΙ ΑΣΘΕΝΟΥΣ (ΑΤΤΙΚΗ - ΚΥΚΛΑΔΕΣ) ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ

Δ. Ι. Παπανικολάου και Σ. Γ. Λόζιος

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ενεργός γεωδυναμική στην Ελλάδα χαρακτηρίζεται από έντονη ανομοιογένεια στα διάφορα τμήματα του ορογενετικού τόξου η οποία εν μέρει εκφράζεται από τη διαφορετική σεισμικότητα. Στην παρούσα αναλύεται με λεπτομέρεια η νεοτεκτονική δομή της περιοχής μεταξύ Ανατ. Κορινθιακού κόλπου και Εύβοιας-Β.Κυκλάδων στο κεντρικό Αιγαίο, που χαρακτηρίζεται σαν μια μεταβατική περιοχή από μία έντονη δραστηριότητα (Κορινθία-Βοιωτία), σε μία ασθενή δραστηριότητα (σχετικά ασεισμική περιοχή Αττικής-Κυκλάδων). Πιο συγκεκριμένα, τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν δίνουν τη δυνατότητα διάκρισης τριών περιοχών: α) μία δυτική περιοχή στον Ανατ. Κορινθιακό και στη Βοιωτία, όπου επικρατούν ρήγματα Α-Δ και έντονη παραμόρφωση, β) μία ενδιάμεση περιοχή από την λεκάνη των Μεγάρων έως τη λεκάνη Ωρωπού στο βόρειο τμήμα του Νότιου Ευβοϊκού, όπου επικρατούν ρήγματα ΔΒΔ-ΑΝΑ με σημαντική παραμόρφωση και γ) μία ανατολική περιοχή στην Ανατ. Αργολίδα, Αττική, Νότια Εύβοια και Βόρειες Κυκλάδες όπου επικρατούν ρήγματα ΒΔ-ΝΑ με πολύ μειωμένο βαθμό παραμόρφωσης. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα στοιχεία της υποθαλάσσιας νεοτεκτονικής δομής υποδεικνύουν πολύ μεγαλύτερο βαθμό παραμόρφωσης από ότι τα στοιχεία της χερσαίας, ενώ πολλές υποθαλάσσιες δομές δεν συνεχίζονται στην ξηρά. Πέρα από τις δυσκολίες στον ποσοτικό προσδιορισμό της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης, παρατηρείται μία σημαντική διαφοροποίηση εκατέρωθεν του ενεργού ηφαιστειακού τόξου και μία γενική σχετική ανύψωση της περιοχής Αττικής - Ν.Εύβοιας - Β.Κυκλάδων σε σχέση με την περιοχή ΒΑ Πελοποννήσου-Βοιωτίας.

A B S T R A C T

The active geodynamics in Greece is characterized by intense differentiation, among the segments of the orogenic arc, which is partially expressed through differentiated seismic activity. In this paper we present the neotectonic structure of the area between the Eastern Corinthian Gulf and Euboea - Northern Cyclades, which is characterized by a transitional zone from a region with intense activity (Korinthia - Beotia) to another with a lower one (the relatively aseismic area of Attica-Cyclades). More especially, the new selected data allow us to separate the area in three distinct zones. i) a western one, which is characterized by intense deformation with E-W trending faults, including Eastern Korinthia and Beotia, ii) an intermediate one with lower, but also important, deformation and WNW-ESE trending faults, including the area between Megara and Oropos basins and iii) an eastern one with NW-SE trending faults and very low rate of deformation, including the areas of East. Argolis, Attica, S. Euboea and N. Cyclades. It is also remarkable that the submarine neotectonic data reveal a greater rate of deformation than the continental one, as a lot of submarine neotectonic structures (fault zones, horsts and grabens) do not extend to the continental side. Although the quantitative estimation of the neotectonic deformation is difficult, a very important differentiation on both sides of the present volcanic arc and an uplift of Attica-Cyclades, relatively to NE Peloponnesus-Beotia, are also documented.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γνωστή η ιδιαιτερότητα του Ελληνικού τόξου, το οποίο αντιπροσωπεύει ένα τμήμα του Αλπικού συστήματος της Τηθύος όπου λαμβάνει ακόμα χώρα υποβύθιση του φλοιού της Ανατολικής Μεσογείου κάτω από το τόξο, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα τμήματα του αλπικού

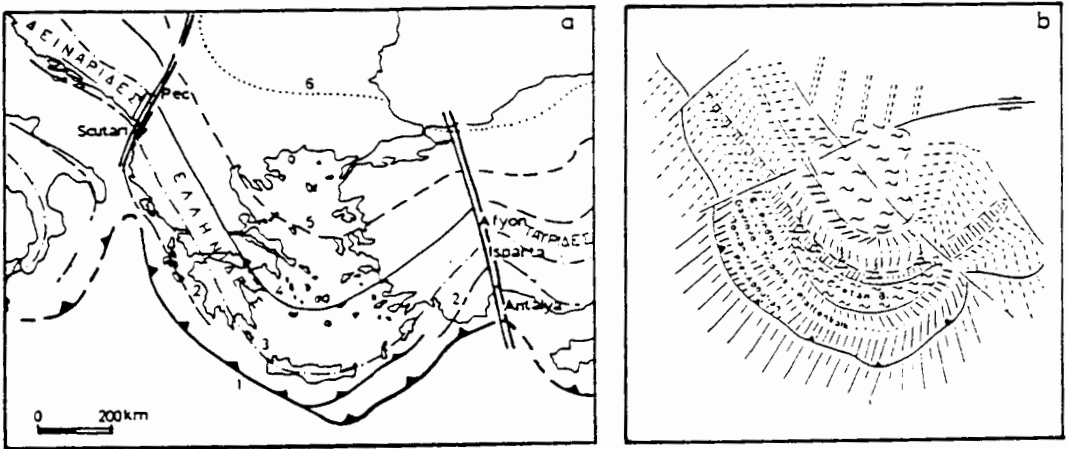
* D.J.ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & S.G.ΛΟΖΙΟΣ. Comparative neotectonic structure of high (Korinthia-Beotia) and low rate (Attica-Cyclades) activity.

University of Athens, Dpt. of Geology, Panepistimioupolis Zografou, 157 84 Athens, GREECE

συστήματος όπου από το Μέσο Μειόκαινο έχει ήδη επέλθει η σύγκρουση ανάμεσα στα τεμάχια των ηπειρωτικών φλοιών της Ευρασίας και της Γκοντβάνας (AUBOUIN 1980).

Το σημερινό ενεργό τμήμα του Ελληνικού τόξου (τάφρος, νησιωτικό τόξο, οπισθοτάφρος, ηφαιστειακό τόξο), περιορίζεται νότια από τη μεγάλη ρηξιγενή ζώνη Πρέβεζας - Σπερχειού - τάφρου Β.Αιγαίου και δυτικά των Μικρασιατικών παραλίων ("Αιγαία Πλάκα"), χωρίζοντας τον Ελληνικό χώρο σε δύο περιοχές (Βόρεια Ελλάδα - Βόρειο Αιγαίο / Νότια Ελλάδα - Νότιο Αιγαίο), με διαφορετικό νεοτεκτονικό καθεστώς (Εικ.1). Τόσο το γεγονός αυτό όσο και η σημερινή γεωμετρία του τόξου έχουν ήδη διαμορφωθεί από το Αν. Μειόκαινο σαν επακόλουθο της αναστάτωσης στην ορογενετική γεωμετρία του τόξου που προκλήθηκε κατά την διάρκεια του Μέσου-Ανώτερου Μειόκαινου εξ'αιτίας της σύγκρουσης της Αραβίας με την ΝΑ Μικρά Ασία και της επακόλουθης απομάκρυνσης του τεμάχου της Ανατολίας στα δυτικά (Mc KENZIE 1972, BRUNN 1976, PAPANIKOLAOU & DERMITZAKIS 1981a,b, ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1986).

Το σημερινό γεωτεκτονικό καθεστώς για το ενεργό τμήμα του Ελληνικού τόξου χαρακτηρίζεται από μία πολύπλοκη κινηματική με μία ασυμμετρία της κίνησης με σταθερή συμπίεση κατά μήκος της Ιόνιας τάφρου και σύνθετη κίνηση με σημαντική δεξιόστροφη οριζόντια συνιστώσα αλλά και συνιστώσα συμπίεσης στο νοτιοανατολικό τμήμα του τόξου, στις τάφρους του Πλίνιου και Στράβωνα (Mc KENZIE 1978, Le PICHON & ANGELIER 1979,1981, Le PICHON et al 1979). Αντίθετα στον υπόλοιπο χώρο πίσω από το τόξο επικρατούν εφελκυστικού τύπου δομές που όμως συχνά είναι φαινομενικές και συνυπάρχουν με σημαντικές οριζόντιες συνιστώσες.

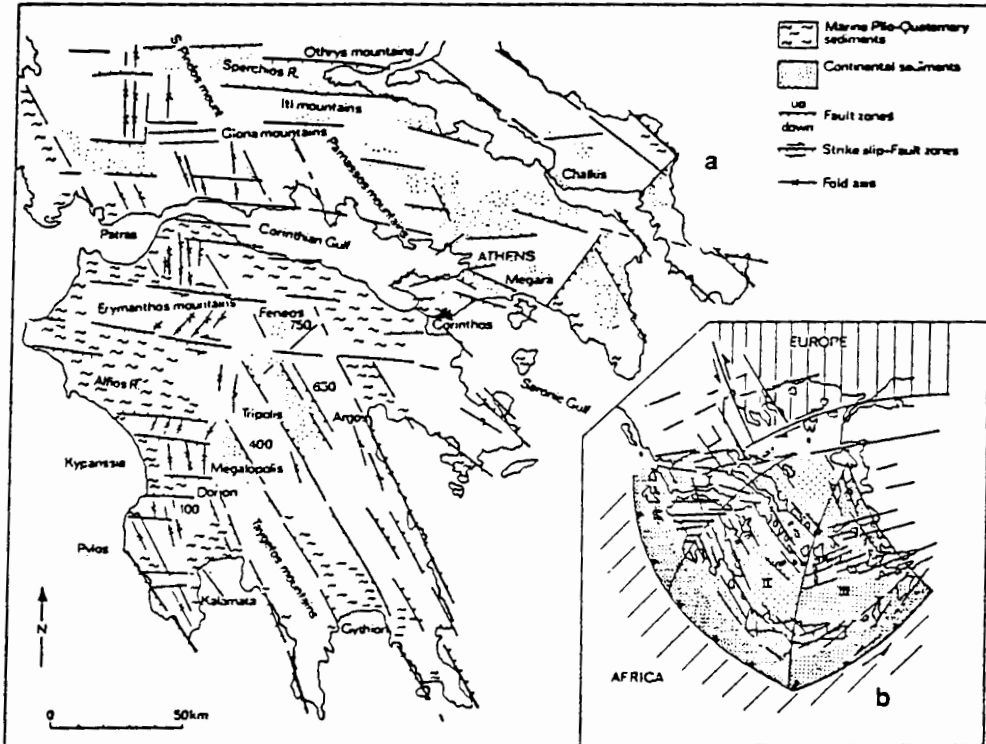


Εικ. 1. Το σημερινό ενεργό τμήμα του Ελληνικού τόξου (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1986b).

Τα γεωδυναμικά μοντέλα τα οποία έχουν κατά καιρούς προταθεί, για τη δημιουργία των νεοτεκτονικών λεκανών στον χώρο πίσω από την Ελληνική τάφρο, σε γενικές γραμμές προϋποθέτουν την ύπαρξη ενός εφελκυστικού πεδίου και σχηματισμό και οριοθέτηση των λεκανών από κανονικά ρήγματα (Mc KENZIE 1978, MERCIER 1979, Le PICHON & ANGELIER 1979, DEWEY & SENGOR 1979, MERCIER et al 1979, ANGELIER 1979, ANGELIER et al 1982). Κατά καιρούς βέβαια έχουν προταθεί και πύο πολυσύνθετα γεωδυναμικά μοντέλα για την νεοτεκτονική εξέλιξη των μεταλπικών λεκανών που προϋποθέτουν την ύπαρξη εντατικών πεδίων τύπου "μέγα-διάτμησης" και "περίστρεψης" (MARIOLAKOS & PAPANIKOLAOU 1982, MARIOLAKOS et al 1985, MARIOLAKOS & ΣΤΕΙΠΟΣ 1986,1987, 1989 , MARIOLAKOS & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1987, MARIOLAKOS και συν. 1989). Παρ' όλα αυτά δεν υπάρχει ακόμα συστηματική έρευνα που να συγκρίνει και να συσχετίζει την κινηματική και δυναμική εξέλιξη των νεοτεκτονικών δομών στις διάφορες θέσεις του Ελληνικού τόξου.

Γίνεται λοιπόν φανερό ότι τα ενεργά γεωδυναμικά φαινόμενα στον Ελληνικό χώρο παρουσιάζουν μία έντονη ανομοιογένεια και διαφοροποίηση στα διάφορα σημεία του τόξου, η οποία εν μέρει εκφράζεται και από την διαφορετική σεισμική δραστηριότητα (ΜΑΚΡΟΠΟΥΛΟΣ & ΒΑΡΤΟΝ 1981, ΒΑΤΗ 1983).

Πρόσφατα οι ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ (1982, 1987), έχουν εντοπίσει μία σχέση ανάμεσα σε ορισμένες περιοχές με υψηλή σεισμικότητα και ρήγματα διεύθυνσης E-W (Δυτική Πελοπόννησος - Κορινθιακός - Στερεά Ελλάδα) και σε περιοχές με χαμηλή σεισμικότητα και ρήγματα διεύθυνσης NW-SE (Ανατ. Πελοπόννησος - Αττική - Ν. Εύβοια - Κυκλάδες), (Εικ. 2).



Εικ. 2. Οι διευθνήσεις των κυριότερων περιθωριακών ρηξιγενών ζωνών που οριοθετούν τις μακροδομές της Στερεάς Ελλάδας και Πελοποννήσου και οι τρεις Τομείς στους οποίους χωρίζονται (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ et al 1985).

Επειδή οι μηχανισμοί και οι διαδικασίες που περνάμε από τη μία κατάσταση στην άλλη δεν έχουν μέχρι σήμερα διευκρινιστεί, κρίθηκε σκόπιμο το αντικείμενο της παρούσας εργασίας, για το νότιο τμήμα του Ελληνικού χώρου να είναι η λεπτομερής ανάλυση και περιγραφή της νεοτεκτονικής δομής της περιοχής που περιλαμβάνεται ανάμεσα στον Ανατολικό Κορινθιακό κόλπο (δομή έντονης δραστηριότητας) και στην παλαιά ονομαζόμενη Αττικοκυκλαδική ενότητα (δομή ασθενούς δραστηριότητας), με άμεσο στόχο φυσικά τον προσδιορισμό των ποιοτικών και ποσοτικών διαφοροποιήσεων στην γεωμετρική, κινηματική και δυναμική εξέλιξη των νεοτεκτονικών δομών στην περιοχή αυτή.

Είναι επίσης σημαντικό ότι υπάρχουν ήδη διαθέσιμα τα στοιχεία από την κατασκευή των υποθαλάσσιων νεοτεκτονικών χαρτών για τους κόλπους Αργόλικό, Σαρωνικό και Ν. Ευβοϊκό που έγιναν με τις ωκεανογραφικές έρευνες του σκάφους "Αιγαίο" από τους ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. (1988, 1989a,b), όπως επίσης και ορισμένα ακόμη υποθαλάσσια δεδομένα από τον

ανατολικό Κορινθιακό κόλπο και το βόρειο τμήμα του Νότιου Ευβοϊκού από τους ΠΕΡΙΣΣΟΡΑΤΗ και συν. (1986, 1989). Κρίθηκε λοιπόν σκόπιμο να γίνουν συγκριτικές παρατηρήσεις ανάμεσα στη νεοτεκτονική δομή που προκύπτει από τα δεδομένα της ξηράς και τα υποθαλάσσια δεδομένα, με σκοπό να προσδιορισθούν οι ομοιότητες και οι διαφορές στην γεωμετρική και κινηματική εξέλιξη μεταξύ των περιοχών που βρίσκονται σήμερα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, αντιπροσωπεύοντας κατά κάποιο τρόπο τα τεκτονικά κέρατα, και των περιοχών που βρίσκονται κάτω από αυτή και αντιπροσωπεύουν τις σημερινές τεκτονικές τάφρους.

Τα δεδομένα που παρουσιάζονται στην εργασία αυτή βασίστηκαν στην κατασκευή του νεοτεκτονικού χάρτη της περιοχής σε κλίμακα 1:500.000 που εκπονήθηκε στα πλαίσια εφαρμοσμένου ερευνητικού προγράμματος (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΛΟΖΙΟΣ 1990), ο οποίος παρουσιάζει τη νεοτεκτονική δομή τόσο των ηπειρωτικών όσο και των υποθαλάσσιων περιοχών. Ένα απλοποιημένο σχήμα από το χάρτη αυτό για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας, δίνεται στην Εικ.3.

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΟΥ ΡΗΞΙΓΕΝΟΥΣ ΙΣΤΟΥ

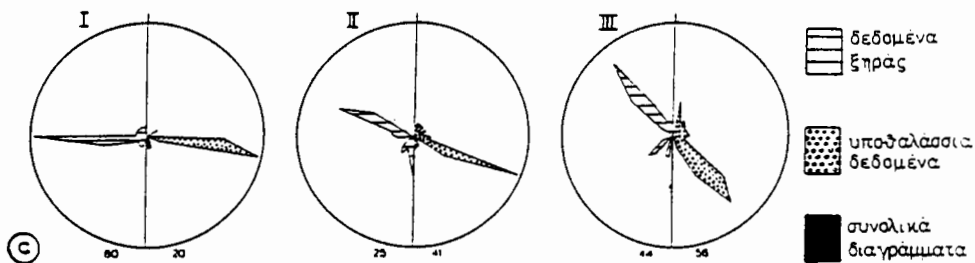
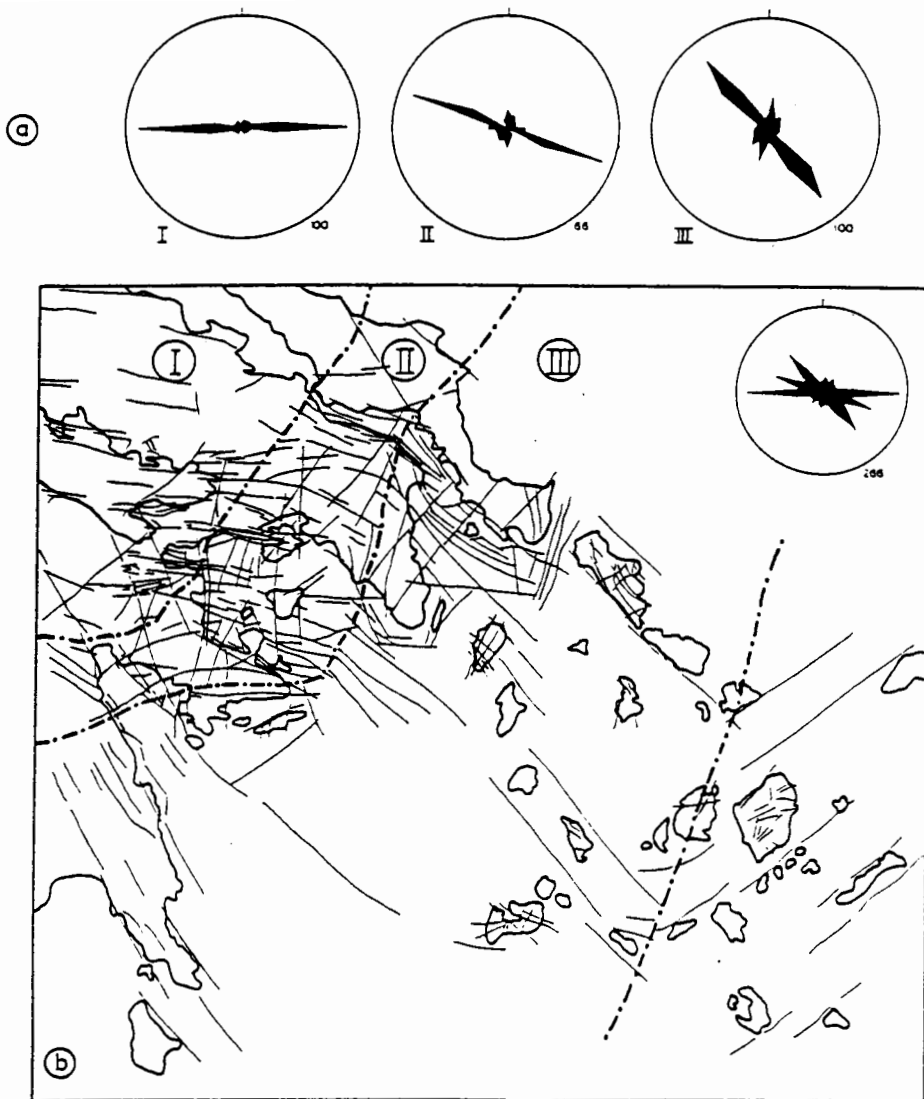
Η γεωμετρία του νεοτεκτονικού ρηξιγενούς ιστού της περιοχής που μελετήθηκε παρουσιάζει μία πολύπλοκη δομή, αποτέλεσμα των σύνθετων γεωτεκτονικών διεργασιών από το Αν. Μειόκαινο μέχρι σήμερα.

Η στατιστική επεξεργασία των γεωμετρικών στοιχείων και των διευθύνσεων του συνόλου των ρηγματών και ρηξιγενών ζωνών που περιλαμβάνονται στον χάρτη μας δίνουν το ροδόγραμμα της Εικ.3β όπου ήδη διακρίνονται τρεις συγκεκριμένες διευθύνσεις: E-W, WNW-ESE, NW-SE. Είναι σημαντικό ότι η κατανομή των διευθύνσεων αυτών δεν είναι τυχαία με αποτέλεσμα να υπάρχουν συγκεκριμένες περιοχές όπου επικρατούν συγκεκριμένες διευθύνσεις. Έτσι έγινε δυνατό να διακριθούν στην περιοχή τρεις Τομείς (I, II & III), ανάλογα με την διεύθυνση και τα γεωμετρικά στοιχεία των ρηγματών και ρηξιγενών ζωνών που περιλαμβάνουν (Εικ.3β):

Ο πρώτος Τομέας (I), βρίσκεται στη δυτική απόληξη του σημερινού ενεργού ηφαιστειακού τόξου και περιλαμβάνει κυρίως τις περιοχές της Κορινθίας, Αν. Κορινθιακού κόλπου, ΒΔ Αττικής και ΝΑ Βοιωτίας. Χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ρηγματών και ρηξιγενών ζωνών με διεύθυνση E-W που χωρίζουν την περιοχή σε επί μέρους ρηξίτεμάχη (κέρατα ή τάφρους), διαφόρων τάξεων με την ίδια διεύθυνση E-W (Εικ.3α1, 3β). Οι σπουδαιότερες από τις μακροδομές αυτές είναι η λεκάνη της Κορίνθου, το βύθισμα του Κορινθιακού κόλπου, η λεκάνη της Θήβας και τα ενδιάμεσα κέρατα των Γερανείων και του Κιθαιρώνα.

Άλλο ένα χαρακτηριστικό του Τομέα αυτού είναι η ύπαρξη πρώτης τάξεως δομών-ρηξιγενών ζωνών, που είναι εγκάρσιες προς τον ρηξιγενή ιστό που επικρατεί (E-W), με διεύθυνση κυρίως NNW-SSE αλλά και NE-SW (Εικ.3β). Οι δομές αυτές χωρίζουν την περιοχή σε επί μέρους μεγάλης κλίμακας ρηξίτεμάχη που το καθένα από αυτά αποτελεί μία περιοχή με δική της ανεξάρτητη κινηματική και παλαιογεωγραφική εξέλιξη κατά τη νεοτεκτονική περίοδο. Οι μεγαλύτερες και σπουδαιότερες εγκάρσιες τέτοιου είδους δομές για τον Τομέα I είναι:

- Η ρηξιγενής ζώνη Κορίνθου-Δερβενακίων NE-SW διεύθυνσης, που χωρίζει το βύθισμα της Δυτικής Κορίνθου από τη μιά που χαρακτηρίζεται από μεγάλο πάχος θαλάσσιων ιζημάτων, από το βύθισμα της Ανατολικής Κορίνθου από την άλλη που χαρακτηρίζεται από συχνές εμφανίσεις του υποβάθρου με μικρό πάχος ιζημάτων που αντιπροσωπεύουν κυρίως χερσαίες ή λιμναίες φάσεις (βλπ. Εικ.5).
- Η ρηξιγενής ζώνη του Κορομπιλίου βορειότερα, με την ίδια διεύθυνση που χωρίζει το



Εικ.3. Η γεωμετρία (διευθύνσεις ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών) του νεοτεκτονικού ρηξιγενούς ιστού και οι τρεις Τομείς (I, II & III), στους οποίους χωρίζεται η περιοχή που μελετήθηκε.

βύθισμα του Ανατολικού Κορινθιακού Κόλπου στα δυτικά από τα τεκτονικά κέρατα του Κιθαιρώνα και των Γερανείων στα ανατολικά.

Η σύγκριση και ο συσχετισμός των δεδομένων από την ξηρά με τα υποθαλάσσια δεδομένα μας φανερώνει μία καταπληκτική ταύτιση τόσο των διευθύνσεων των ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών όπως φαίνεται στο ροδόγραμμα της Εικ.3c1, όσο και της γεωμετρίας των δομών που προκύπτουν (τάφροι και κέρατα με διεύθυνση E-W). Όπως χαρακτηριστικά φαίνεται από το νεοτεκτονικό χάρτη της Εικ.3, τόσο η επικρατούσα διεύθυνση ρηγμάτων (E-W), όσο και οι εγκάρσιες δομές εμφανίζονται με την ίδια αναλογικά συχνότητα τόσο στην ξηρά όσο και στις υποθαλάσσιες περιοχές, ενώ τις περισσότερες φορές μπορεί να διαπιστώσει κανείς την συνέχεια των υποθαλάσσιων ρηγμάτων προς την μεριά της ξηράς και το αντίθετο (Ανατ. κορινθιακός - Ισθμός Κορίνθου - ΒΔ Σαρωνικός). Επί πλέον οι μακροδομές που προκύπτουν και στις δύο περιπτώσεις είναι παράλληλες μεταξύ τους (πχ. το βύθισμα του Ανατολικού Κορινθιακού κόλπου είναι παράλληλο τόσο με τις λεκάνες Δυτικής και Ανατολικής Κορίνθου όσο και με τα κέρατα των Γερανείων και του Κιθαιρώνα).

Εντοπίζονται όμως και ορισμένες διαφορές ανάμεσα στα υποθαλάσσια δεδομένα και αυτά της ξηράς που αφορούν: i) στον αριθμό και το μήκος των παρατηρούμενων ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών, που φαίνεται να είναι μεγαλύτερο στις υποθαλάσσιες περιοχές και ii) στο χαρακτήρα που αυτά παρουσιάζουν, αφού από την μελέτη της παλαιογεωγραφικής εξέλιξης των χερσαίων και θαλάσσιων λεκανών, αλλά και από τα διαθέσιμα ιστορικά σεισμολογικά δεδομένα, προκύπτει μια σταδιακή "μετανάστευση" των ενεργών και σεισμικών ρηγμάτων προς τις υποθαλάσσιες περιοχές (κυρίως τα σημερινά ενεργά περιθώρια του Ανατ. Κορινθιακού), σε αντίθεση με τον χερσαίο χώρο όπου ενεργά ρήγματα εντοπίζονται σε συγκεκριμένα μόνο ρηξιτεμάχη (π.χ. Ανατ. Κορινθία, ΝΔ Βοιωτία), ενώ άλλα από αυτά παρουσιάζονται σήμερα ως ανενεργά (π.χ. τεκτονικό βύθισμα Δυτικής Κορίνθου, τεκτονικό κέρασ Λύρκειου-Αρτεμίου, βλπ. Εικ.5).

Ο δεύτερος Τομέας (II), καταλαμβάνει περιοχές τόσο μπροστά όσο και πίσω από το σημερινό ενεργό ηφαιστειακό τόξο και χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών WNW-ESE διεύθυνσης που χωρίζουν την περιοχή σε επί μέρους ρηξιτεμάχη με την ίδια διεύθυνση (Εικ.3aII, 3b). Οι σπουδαιότερες από τις μακροδομές αυτές είναι το βόρειο τμήμα του Αργολικού κόλπου, η υποθαλάσσια λεκάνη της Επιδαύρου, η υποθαλάσσια λεκάνη των Μεγάρων, η ηπειρωτική λεκάνη των Μεγάρων, η λεκάνη της Ελευσίνας, βορειότερα η λεκάνη του Ωρωπού και το βόρειο τμήμα του Νότιου Ευβοϊκού κόλπου και φυσικά τα τεκτονικά κέρατα που παρεμβάλλονται ανάμεσά τους όπως της Πάρνηθας, του Πατέρα, της χερσονήσου της Αργολίδας, κ.λπ.

Εγκάρσιες δομές-ρηξιγενείς ζώνες παρατηρούνται και στον Τομέα αυτό με χαρακτηριστική διεύθυνση N-S που χωρίζουν διαφορετικούς παλαιογεωγραφικούς χώρους -μεγάλης κλίμακας ρηξιτεμάχη- με διαφορετική εξέλιξη το καθένα. Χαρακτηριστικότερες περιπτώσεις αποτελούν, αφενός μεν η μεγάλη ρηξιγενής ζώνη που διέρχεται από τα παράλια της Επιδαύρου και χωρίζει το κέρασ του Αραχναίου και της Τραπεζώνας από τη μία με το βύθισμα του Δυτικού Σαρωνικού από την άλλη, αφετέρου δε οι μικρότερες ρηξιγενείς ζώνες και ρήγματα που οριοθετούν τη στενή λωρίδα ξηράς με διεύθυνση N-S (Μέθανα-Αίγινα-Σαλαμίνα) που ενώνει την Αργολίδα με την Αττική και χωρίζει τον Σαρωνικό κόλπο σε δύο τμήματα (Ανατολικό και Δυτικό, PAPANIKOLAOU et al 1988).

Στον Τομέα αυτό παρατηρείται επίσης μία στενή σχέση των στοιχείων της ξηράς με αυτά από τα υποθαλάσσια δεδομένα, με ίδιας διεύθυνσης ρήγματα και ρηξιγενείς ζώνες (τόσο της επικρατούσας διεύθυνσης WNW-ESE όσο και των εγκάρσιων N-S δομών, βλπ. ροδόγραμμα Εικ.3cII), όσο και αντίστοιχης γεωμετρίας μακροδομές, τόσο στην ξηρά όσο και στις υποθα-

λάσσιες περιοχές (πχ. οι υποθαλάσσιες λεκάνες της Επιδαύρου και των Μεγάρων είναι παράλληλες με τις ηπειρωτικές λεκάνες των Μεγάρων, της Ελευσίνας και του Ωρωπού, κ.λπ.). Εντοπίζεται και στον Τομέα αυτό μια υπεροχή στη συχνότητα και το μήκος των ρηγμάτων στον υποθαλάσσιο χώρο όπου επίσης συγκεντρώνεται και το μεγαλύτερο ποσοστό των ενεργών και σεισμικών ρηγμάτων, σε αντίθεση με τον χώρο της ξηράς όπου ενεργά ρήγματα εντοπίζονται συνήθως μόνο κοντά στις περιθωριακές ζώνες των σημερινών θαλάσσιων λεκανών. Επί πλέον στον Τομέα αυτό (σε σχέση με τον Τομέα Ι), είναι σχετικά πιο σπάνιο το φαινόμενο οι ενεργές υποθαλάσσιες δομές να συνεχίζουν προς την μεριά της ξηράς, ιδίως όσο μεταβαίνουμε από το νότιο και δυτικό τμήμα του Τομέα (Αργολικός - ΝΔ Σαρωνικός) προς το βόρειο και ανατολικό (Ανατ. Σαρωνικός - βόρειο τμήμα Ν. Ευβοϊκού).

Ο τρίτος Τομέας (III), περιλαμβάνει κυρίως την περιοχή της παλαιότερα ονομαζόμενης Αττικοκυκλαδικής ενότητας και χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών NW-SE διεύθυνσης, που οριοθετούν ρηξιτεμάχη και μακροδομές με την ίδια διεύθυνση, σπουδαιότερες από τις οποίες είναι οι λεκάνες του Αργολικού κόλπου, του ΝΑ Σαρωνικού και του Νότιου Ευβοϊκού και τα τεκτονικά κέρατα της Τροιζηνίας, Αττικής και Ν. Ευβοίας (Εικ.3αII,β).

Οι εγκάρσιες ρηξιγενείς ζώνες στον Τομέα αυτό έχουν διεύθυνση NE-SW (Εικ.3) και οριοθετούν μεγάλης κλίμακας ρηξιτεμάχη με διαφορετική παλαιογεωγραφική εξέλιξη όπως η λεκάνη των Αθηνών - Λίμνης Μαραθώνα και η λεκάνη των Σπάτων που χωρίζονται από τα τεκτονικά κέρατα του Υμηττού και της Πεντέλης, κ.λπ.

Τόσο οι διευθύνσεις των ρηγμάτων (βλπ. ροδόγραμμα Εικ.3cIII), όσο και η γεωμετρία των επί μέρους ρηξιτεμαχών και μακροδομών είναι αντίστοιχες και συσχετίσιμες τόσο για την ξηρά όσο και για τις υποθαλάσσιες περιοχές οι οποίες επί πλέον χαρακτηρίζονται και από μεγαλύτερο αριθμό και μήκος ρηγμάτων. Επί πλέον στην περίπτωση αυτή τα ανενεργά ρήγματα εντοπίζονται σχεδόν αποκλειστικά στον υποθαλάσσιο χώρο, ενώ σπάνια μπορεί κανείς να παρακολουθήσει την συνέχεια των υποθαλάσσιων ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών προς την μεριά της ξηράς, αφού αυτά συνήθως φαίνεται να σταματούν στις περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες που οριοθετούν τις σημερινές θαλάσσιες λεκάνες από τον ηπειρωτικό χώρο.

KINHΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

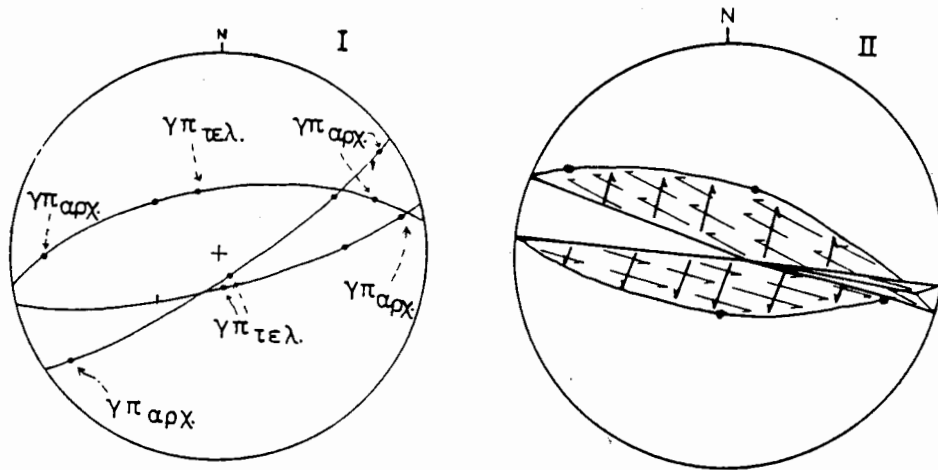
Τα κινηματικά στοιχεία της περιοχής που μελετήθηκε προέκυψαν κυρίως από τη μελέτη των γραμμών προστριβής στις ρηξιγενείς επιφάνειες, τον ποσοτικό προσδιορισμό του συνολικού άλματος των ρηγμάτων και τη μελέτη χαρακτηριστικών αλπικών δομών (κυρίως άζονες πτυχών, επιφάνειες επώθησης, χαρακτηριστικοί ορίζοντες και άλλες γεωλογικές επιφάνειες), καθώς και μορφολογικών στοιχείων (γεωμετρικά στοιχεία υδρογραφικού δικτύου, κατανομή επιφανειών επιπέδωσης, μορφολογικές ασυνέχειες, κατά βάθος διάβρωση, κώνοι κορημάτων και μετατόπιση γραμμών ακτών).

Η μελέτη και η χρονική ανάλυση των διαφόρων συστημάτων γραμμών προστριβής που συναντάμε στις ρηξιγενείς επιφάνειες του Ιου Τομέα μας δίνουν το κινηματικό πρότυπο που δίνεται στο σχετικό διάγραμμα της Εικ.4. Τα παλαιότερα συστήματα ρηγμάτων χαρακτηρίζονται από γραμμές προστριβής με πολύ μικρή βύθιση, σχεδόν οριζόντιες, που συνήθως παρατηρούνται σε πολεοδομικές μορφές πάνω στο ίδιο το πέτρωμα, κάτω από επιφλοιώσεις και τεκτονικά λατυποπαγή και έχουν διεύθυνση E-W. Τις γραμμές αυτές διαδέχονται συστήματα γραμμών προστριβής που φανερώνουν πλάγια ολίσθηση με τιμές βύθισης που κυμαίνονται από 20°-50° ανάλογα με τη μέγιστη κλίση της ρηξιγενούς επιφάνειας. Τα νεώτερα συστήματα γραμμών προστριβής είναι κατά κλίση και είναι αυτά που επικρατούν, συνήθως δε παρατηρούνται πάνω από επιφλοιώσεις και τεκτονικά λατυποπαγή με

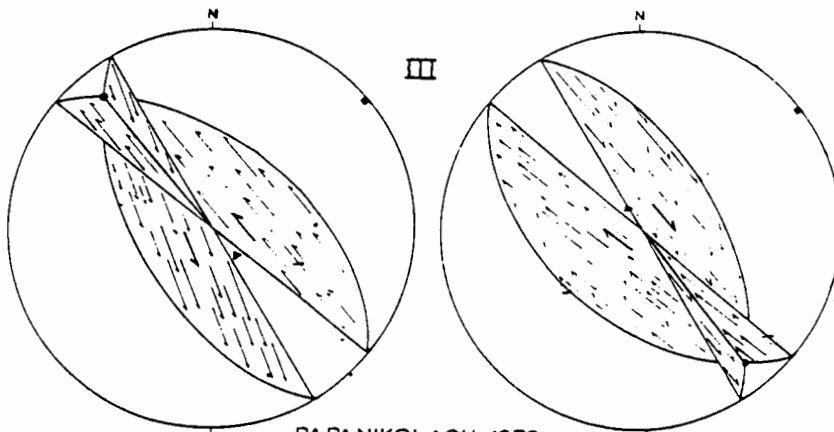
τιμές βύθισης γύρω στις 60^ο-80^ο και διεύθυνση N-S.

Παρατηρείται λοιπόν μία μεταβολή στην κινηματική εξέλιξη των ρηξιγενών φαινομένων με αρχική κίνηση κατά παράταξη που μέσω πλάγιας καταλήγει σε κατά κλίση, όπου τα ρήγματα απο παρακεκλιμένα ή παρακατακόρυφα μετατρέπονται σε πλαγιοκανονικά ή πλαγιοκατακόρυφα για να καταλήξουν σε ορθοκανονικά ή ορθοκατακόρυφα. Το κινηματικό αυτό μοντέλο τεκμηριώνεται σε όλη την έκταση της περιοχής (Κόρινθος, Λουτράκι, Πίσσια, Καπαρέλλι, Πλαταιές), με πιο χαρακτηριστική περίπτωση αυτή της Ανατολικής Κορινθίας όπου αναπτύσσεται ένας αριθμός μεταλλικών βυθισμάτων και κεράτων (μικρότερης ή μεγαλύτερης τάξης) με λοξή κλιμακωτή διάταξη (en echelon), που σε συνδυασμό με τις αρχικές οριζόντιες γραμμές προστριβής μας φανερώνουν ότι κατά τη διάρκεια της δημιουργίας τους λειτουργούσαν σαν τυπικές λεκάνες πλάγιας απομάκρυνσης (pull-apart basins), ανάμεσα σε ρηξιγενείς ζώνες οριζόντιας ολίσθησης (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. 1988, 1990).

Το κινηματικό πρότυπο για τον Τομέα II φαίνεται στο σχετικό διάγραμμα της Εικ.4, προέρχεται από τη ΒΔ Αττική και παρουσιάζει αρκετές ομοιότητες με αυτό του Τομέα I.



PAPANIKOLAOU et al 1990



PAPANIKOLAOU 1978

Εικ.4. Τα κινηματικά πρότυπα όπως παρουσιάζονται για τον κάθε Τομέα χωριστά.

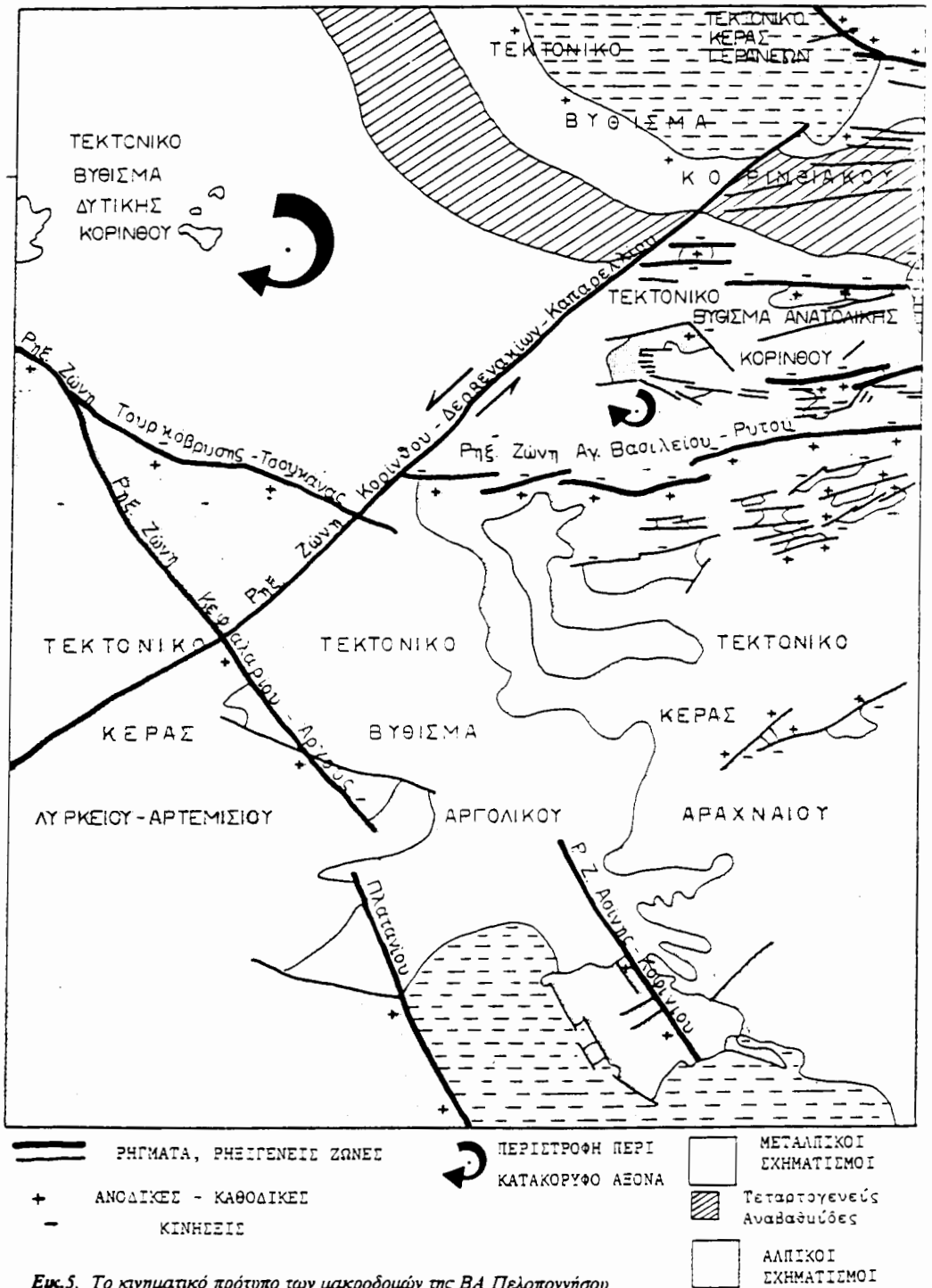
Έτσι λοιπόν και εδώ, τα παλαιότερα συστήματα γραμμών προστριβής είναι κατά παράταξη με σχεδόν οριζόντιες γραμμές WNW-ESE διεύθυνσης που εμφανίζονται συνήθως κάτω από επιφλοιώσεις και τεκτονικά μικρολατυποπαγή. Αντίθετα το νεώτερο σύστημα γραμμών προστριβής μας φανερώνει μία κίνηση κατά κλίση με τιμές βύθισης των γραμμών περίπου 70°-80° και διεύθυνση NE-SSW. Τα δύο αυτά συστήματα δεν είναι τα μοναδικά αλλά σε πολλές περιπτώσεις έχουν παρατηρηθεί πλάγιες γραμμές προστριβής (ένα ή περισσότερα συστήματα), που χρονικά τοποθετούνται ανάμεσα στα δύο προηγούμενα συστήματα.

Χαρακτηριστικότερο παράδειγμα αποτελεί η περιοχή Καλάμου-Βαρνάβα στο βορειοανατολικό όριο του Τομέα II, όπου τόσο στους μεταμορφωμένους σχηματισμούς και στα αμεταμόρφωτα ανθρακικά της Ανατολικής Ελλάδας όσο και στις νεογενείς αποθέσεις εμφανίζονται συζυγή συστήματα ρηγμάτων με αυτά τα κινηματικά χαρακτηριστικά (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. 1988).

Στο τελευταίο διάγραμμα της Εικ.4 παρουσιάζεται το πίο αντιπροσωπευτικό κινηματικό πρότυπο για τον IIIο Τομέα, είναι από την περιοχή της Άνδρου (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1978) και παρουσιάζει δύο συζυγή συστήματα ρηγμάτων με διεύθυνση NW-SE και γραμμές προστριβής σχεδόν οριζόντιες και περίπου παράλληλες με τη γραμμή διατομής των δύο συζυγών επιφανειών. Οι γραμμές αυτές αντιπροσωπεύουν το παλαιότερο σύστημα μίας και σχεδόν σε κάθε περίπτωση παρατηρείται και ένα νεότερο σύστημα γραμμών προστριβής με κίνηση κατά κλίση.

Η μελέτη της αρχικής οριζόντιας ολίσθησης των ρηγμάτων από τις γραμμές προστριβής μας φανερώνει τότε μία δεξιόστροφη και τότε μία αριστερόστροφη κίνηση, είτε για την ίδια ρηξιγενή επιφάνεια είτε για διαφορετικές. Πολλές φορές επίσης παρατηρείται το φαινόμενο οι περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες κάποιου ρηξιτεμάχους να παρουσιάζουν διαφορετικό βαθμό οριζόντιας ολίσθησης, με ομόροπη ή και αντίροπη φορά, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα να παρατηρούνται τόσο δεξιόστροφες όσο και αριστερόστροφες περιστροφές περί κατακόρυφο άξονα των επί μέρους ρηξιτεμαχών. Μάλιστα οι περιστροφές αυτές γίνονται αντιληπτές και από την χαρτογράφηση και μελέτη χαρακτηριστικών γεωλογικών σχηματισμών όπως και από την ασυμμετρία που παρουσιάζουν ορισμένες μορφολογικές μακροδομές. Την πίο χαρακτηριστική περίπτωση τέτοιου είδους περιστροφών για την περίπτωση της ξηράς αποτελεί η ΒΑ Πελοπόννησος, όπου η χαρτογράφηση των Πλειστοκαινικών αναβαθμίδων και η κινηματική ανάλυση της ρηξιγενούς ζώνης Κορίνθου-Δερβενικιών φανερώνει μία δεξιόστροφη περιστροφή περί κατακόρυφο άξονα των βυθισμάτων Δυτικής και Ανατολικής Κορίνθου (πρώτης τάξεως μακροδομές), με ταυτόχρονη αριστερόστροφη φορά κίνησης της ρηξιγενούς ζώνης (Εικ.5, ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. 1988) και με γενικότερη τάση για το βύθισμα Δυτικής Κορίνθου από την E-W διεύθυνση, που συμπίπτει με αυτή του Κορινθιακού, να προσανατολισθεί στην NW-SE διεύθυνση, που συμπίπτει με αυτή του Αργολικού.

Από τα υποθαλάσσια στοιχεία βέβαια δεν είναι δυνατό να πάρουμε πληροφορίες για την οριζόντια μετατόπιση των υποθαλάσσιων ρηγμάτων. Όπως όμως αναφέρθηκε προηγουμένως τέτοιες πληροφορίες μπορούμε να πάρουμε έμμεσα από την μελέτη άλλων στοιχείων. Η πίο χαρακτηριστική περίπτωση είναι αυτή του Ν.Ευβοϊκού, όπου η μελέτη της μεταβολής του πλάτους του κόλπου, που γίνεται συνήθως απότομα εκατέρωθεν των NE-SW διεύθυνσης ρηγμάτων, σε συνδυασμό με τη μεταβολή του αριθμού των ρηγμάτων NW-SE διεύθυνσης που περιλαμβάνονται κατά μήκος του βυθίσματος ανάμεσα στο κέρασ της Αττικής και της Ν.Εύβοιας, μας φανερώνει τόσο δεξιόστροφες όσο και αριστερόστροφες περιστροφές περί κατακόρυφο άξονα των επί μέρους ρηξιτεμαχών με ταυτόχρονη δεξιόστροφη ή αριστερόστροφη οριζόντια κίνηση κατά μήκος των ρηξιγενών ζωνών (Εικ.6). Είναι μάλιστα χαρακτηριστικό ότι η φορά περιστροφής των μικρότερης τάξεως ρηξιτεμαχών μπορεί να είναι διαφορετική από αυτή της μεγαλύτερης τάξεως μακροδομή στην οποία ανήκουν, όπως

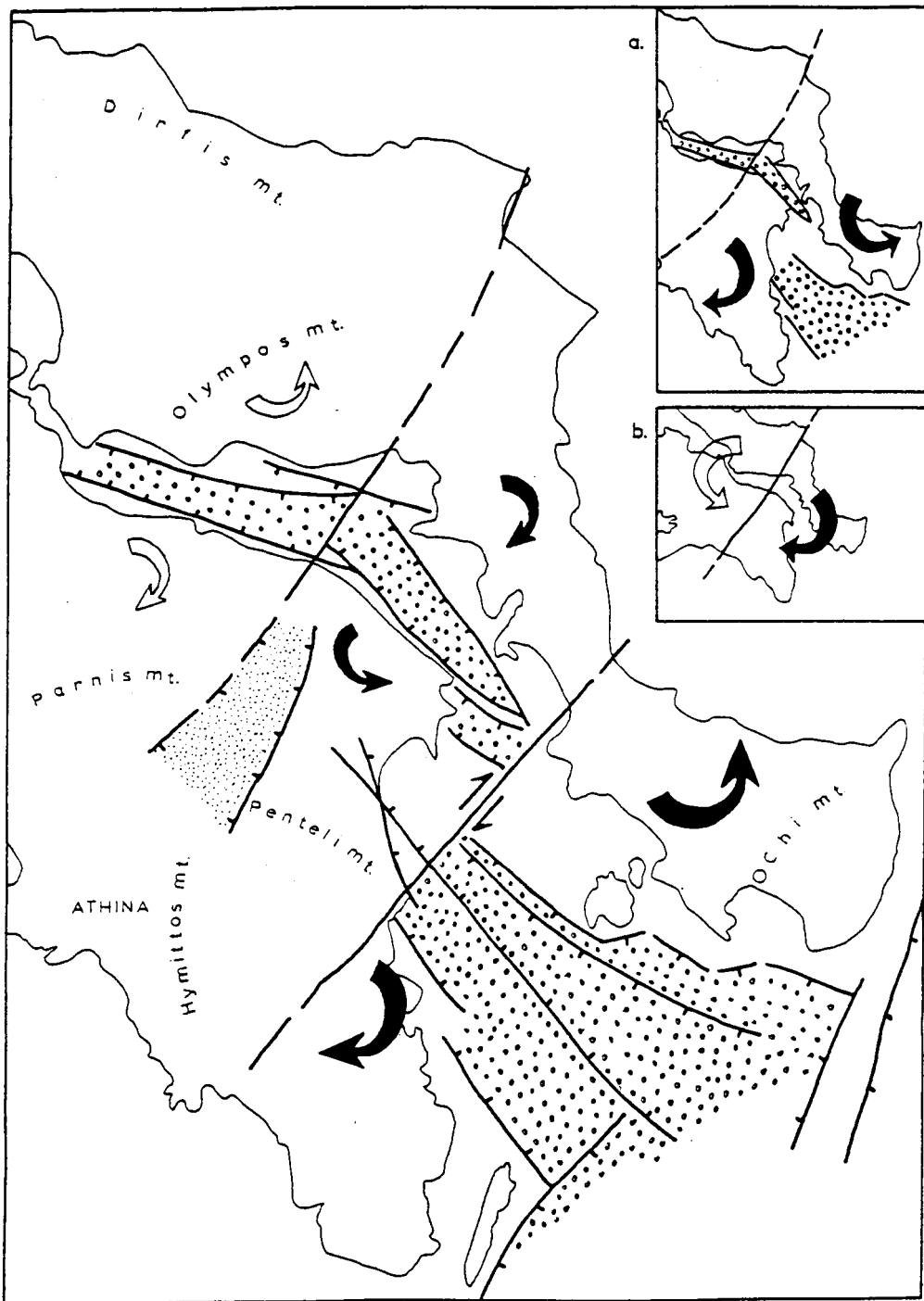


επίσης και η φορά της οριζόντιας ολίσθησης μπορεί να είναι διαφορετική ακόμα και στα διάφορα τμήματα της ίδιας ρηξιγενούς ζώνης (Εικ. 6, 6α, 6β).

Η μελέτη και η ποσοτικοποίηση των κατακορύφων αλμάτων των ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών σε συνδυασμό, με την μελέτη της κατανομής, του πάχους και τις ασυμμετρίες συγκέντρωσης των ιζημάτων, τους ρυθμούς ιζηματογένεσης και τους ρυθμούς ανύψωσης των διαφόρων παλαιογεωγραφικών χώρων, και την ποσοτική γεωμορφολογική ανάλυση μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι κατακόρυφες κινήσεις επίσης δεν είναι ίδιες για τις περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες των επί μέρους ρηξιτεμαχών που τα καθορίζουν (τόσο για διαφορετικές ζώνες όσο και κατά μήκος της ίδιας ζώνης), με αποτέλεσμα να παρατηρούνται περιστροφικές κινήσεις περί οριζόντιο άξονα τύπου τεκτονικών διπόλων (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ 1975). Τέτοιου είδους περιστροφικές κινήσεις των μικρότερης ή μεγαλύτερης τάξεως ρηξιτεμαχών τεκμηριώνονται τόσο από τα δεδομένα της ξηράς όσο και από τα υποθαλάσσια δεδομένα και για τους τρεις Τομείς. Μερικά χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα ακόλουθα: (Εικ.7).

- Στην ευρύτερη περιοχή του Κορινθιακού κόλπου είναι γνωστό ότι υπάρχει μία μεγάλη συσσώρευση νεογενών ιζημάτων στο νότιο περιθώριο του κόλπου που στο βόρειο περιθώριο της Πελοποννήσου -το οποίο καθορίζεται από ρήγματα με μεγάλο συνολικό κατακόρυφο άλμα- βρίσκονται σήμερα σε πολύ μεγάλα υψόμετρα (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ 1975). Αντίθετα στο βόρειο περιθώριο του κόλπου -το οποίο καθορίζεται από σαφώς μικρότερες ρηξιγενείς ζώνες- παρατηρούνται μόνο ελάχιστες εμφανίσεις νεογενών ιζημάτων, που σε συνδυασμό με την ασυμμετρία που παρουσιάζει ο πυθμένας του ανατολικού Κορινθιακού με μικρή κλίση προς Νότο (ΠΕΡΙΣΣΟΡΑΤΗΣ και συν. 1986), μας φανερώνει μία περιστροφή, τόσο της μακροδομής του Κορινθιακού κόλπου όσο και του μεγάλου ρηξιτεμαχού της Πελοποννήσου, περί οριζόντιο άξονα E-W διεύθυνσης και φορά προς Νότο (Εικ. 7α).
- Η κινηματική ανάλυση των μικρότερης κλίμακας νεοτεκτονικών δομών στην ανατολική Κορινθία - Αργολίδα σε μία τομή από τα Όνεια όρη μέχρι τις βόρειες παρυφές του Αραχναίου μας φανερώνει μία σταθερή περιστροφή των μεγαλύτερης τάξεως ρηξιτεμαχών (τεκτονικά κέρατα Ονειών, Μαύρης Ώρας, Αραχναίου και οι λεκάνες που παρεμβάλλονται ανάμεσα), περί οριζόντιο άξονα E-W και φορά προς Νότο (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1984). Αντίθετα οι μικρότερης τάξεως δομές στην ορεινή περιοχή Αγ. Ιωάννη - Αγ. Τριάδας παρουσιάζουν μεικτή ασυμμετρία με περιστροφές τόσο προς Νότο όσο και προς Βορρά, περί οριζόντιο πάντα άξονα E-W διεύθυνσης (Εικ.7b).
- Άλλο ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι αυτό της λεκάνης των Μεγάρων και των τεκτονικών κεράτων των Γερανείων και του Πατέρα όπου ο ποσοτικός προσδιορισμός του συνολικού κατακόρυφου άλματος των ρηξιγενών ζωνών μας φανερώνει μία πολύπλοκη ασυμμετρία των μακροδομών με περιστροφές περί οριζόντιο άξονα, τόσο προς Νότο όσο και προς τα νοτιοανατολικά (Εικ.7c).
- Από την περιοχή της Β. Αττικής έχουμε επίσης ένα αντίστοιχο παράδειγμα όπου σε μία τομή από την Πάρνηθα μέχρι την παραλία Ωρωπού παρατηρείται μία σταθερή προς Νότο περιστροφή περί οριζόντιο άξονα ESE-WNW διεύθυνσης, των επί μέρους ρηξιτεμαχών που καθορίζουν οι κλιμακωτές ρηξιγενείς ζώνες με διεύθυνση ESE-WNW (Εικ.7d).

Αντίστοιχα κινηματικά στοιχεία προκύπτουν και από τα υποθαλάσσια δεδομένα όπου φυσικά ο ποσοτικός προσδιορισμός των κατακορύφων αλμάτων των ρηξιγενών ζωνών από τις σεισμικές τομές είναι πολύ πιο ακριβής. Έτσι η μελέτη των αλμάτων των ρηγμάτων και οι ασυμμετρίες και τα πάχη των ιζημάτων σε μία τομή από τον Αργολικό μέχρι το Νότιο Ευβοϊκό Κόλπο μας φανερώνουν μία σταθερή προς τα SW περιστροφή, περί οριζόντιο άξονα NW-SE διεύθυνσης, των επί μέρους ρηξιτεμαχών, είτε πρόκειται για βυθίσματα είτε για κέρατα (Εικ. 7e, PAPANIKOLAOU et al 1988).



Εικ.6. Το κανηματικό πρότυπο των μακροδομών της Ατικής και Ν. Εύβοιας.

Είναι λοιπόν σημαντικό ότι η κινηματική εξέλιξη των νεοτεκτονικών μακροδομών είναι του ίδιου τύπου τόσο για τις ηπειρωτικές όσο και για τις υποθαλάσσιες περιοχές. Βέβαια παρατηρήθηκε το φαινόμενο οι υποθαλάσσιες μακροδομές να παρουσιάζουν σταθερή περιστροφή προς S ή SW, ενώ αντίθετα τα επί μέρους ρηξιτεμάχη στη ξηρά φαίνεται να έχουν πίο πολύπλοκη κινηματική εξέλιξη με φορά περιστροφής πότε προς S ή SW και πότε προς N ή NE, αν και γενικά η μεικτή αυτή ασυμμετρία παρατηρείται κυρίως στις μικρότερης τάξεως δομές και όχι στις δομές (ρηξιτεμάχη) 1ης τάξης όπου οι περιστροφές φαίνεται ότι είναι σταθερές προς S ή SW.

Τέλος η μελέτη της μεταβολής των παραπάνω κινηματικών παραμέτρων (άλματα ρηγμάτων, πάχη ιζημάτων, κ.λπ.), που κατά κάποιο τρόπο αντιπροσωπεύουν τον δείκτη της έντονης ή μη νεοτεκτονικής παραμόρφωσης, μας φανερώνουν μία μείωση των σύγχρονων γεωδυναμικών φαινομένων όσο απομακρυνόμαστε από την οπισθοτάφρο και το ενεργό ηφαιστειακό τόξο προς την οπισθοχώρα, ένα αναμενόμενο βέβαια φαινόμενο αποτέλεσμα της διαχρονικής μετανάστευσης του ορογενετικού τόξου (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1986b, 1989) και της διαφορετικής νεοτεκτονικής εξέλιξης των μακροδομών, ανάλογα με τη θέση τους ως προς το τόξο.

Από τα δεδομένα της ξηράς το φαινόμενο αυτό τεκμηριώνεται από το γεγονός ότι, όσο προχωράμε από τις περιοχές μπροστά από το τόξο στις περιοχές πίσω από αυτό, σταδιακά από λεκάνες με θαλάσσια ιζήματα μεγάλου πάχους (λεκάνες Κορίνθου, Κορινθιακού κόλπου), περνάμε σε λεκάνες με κυρίως λιμναία και λίγα θαλάσσια ιζήματα (λεκάνη Μεγάρων), για να καταλήξουμε σε λεκάνες με κυρίως χερσαία και λιμναία ιζήματα (λεκάνη Ασωπού ποταμού).

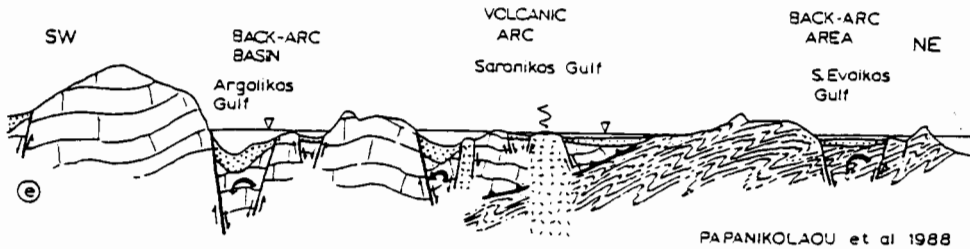
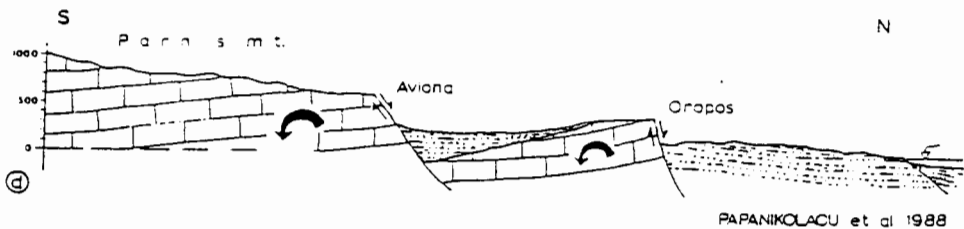
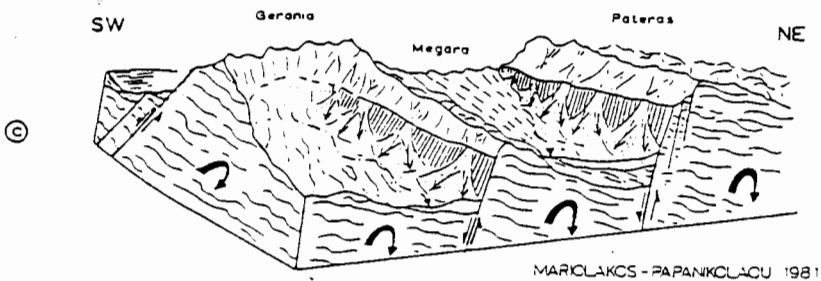
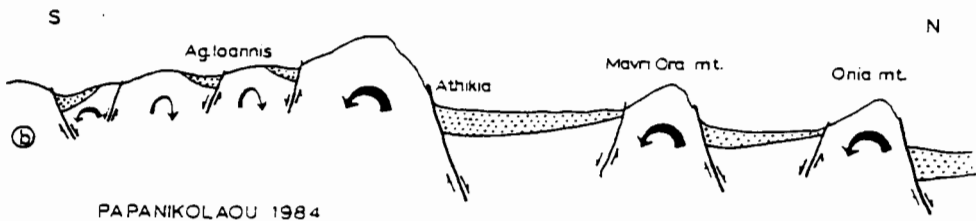
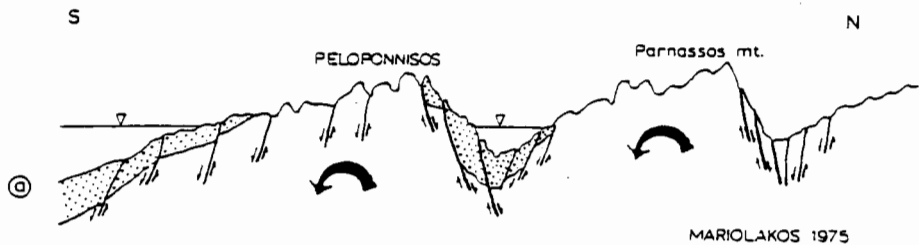
Από τα υποθαλάσσια δεδομένα η μεταβολή αυτή στο βαθμό της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης είναι πολύ πίο χαρακτηριστική όπως παρατηρείται τόσο από τη μείωση του άλματος των ρηγμάτων όσο και από τη μείωση του πάχους των ιζημάτων όσο προχωράμε από τον Αργολικό προς το Νότιο Ευβοϊκό κόλπο, όσο δηλαδή απομακρυνόμαστε από το ενεργό ηφαιστειακό τόξο (Εικ.7ε, PAPANIKOLAOU et al 1988).

Εκτός από τα παραπάνω, διαπιστώνεται και μια εντονότερη νεοτεκτονική παραμόρφωση στον υποθαλάσσιο χώρο σε σχέση με αυτόν της ξηράς, όπως μας φανερώνουν: α) ο αριθμός, το μήκος και τα άλματα των ρηγμάτων, που παρουσιάζονται γενικά μεγαλύτερα στον υποθαλάσσιο χώρο, β) τα πάχη και οι φάσεις των μεταλλικών ιζημάτων, με μεγάλα σχετικά πάχη και θαλάσσιες αποκλειστικά φάσεις για τον υποθαλάσσιο χώρο, σε αντίθεση με αυτόν της ξηράς όπου και τα πάχη είναι μικρότερα και οι θαλάσσιες φάσεις εντοπίζονται σε συγκεκριμένες μόνο λεκάνες (π.χ. λεκάνη Δυτ. Κορίνθου), ή περιοχές (π.χ. παραθαλάσσιες ζώνες Κορινθιακού, Σαρωνικού, Ν. Ευβοϊκού), με επικράτηση των χερσαίων και λιμναίων φάσεων στις περισσότερες λεκάνες του σημερινού ηπειρωτικού χώρου.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΣΤΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Από το σύνολο των παραπάνω παρατηρήσεων προκύπτει ότι η νεοτεκτονική παραμόρφωση στο τμήμα αυτό του Ελληνικού τόξου είναι εξαιρετικά πολύπλοκη και πολυσύνθετη με αποτέλεσμα να είναι πολύ δύσκολο να γίνει ακόμη μία ικανοποιητική προσέγγιση στο θέμα "προσδιορισμός εντατικού πεδίου". Εξ'άλλου:

- i) η παρουσία ρηγμάτων με οριζόντια ολίσθηση ή μεγάλη συνιστώσα οριζόντιας κίνησης, σε λοξή κλιμακωτή διάταξη με ταυτόχρονη περιστροφή περί κατακόρυφο άξονα που προϋποθέτουν οριζόντια διάτμηση,
- ii) η ύπαρξη δομών τύπου τεκτονικών διπόλων σε μεγασκοπική κλίμακα που αντιπροσωπεύουν μορφές κατακόρυφης διάτμησης (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ 1975,



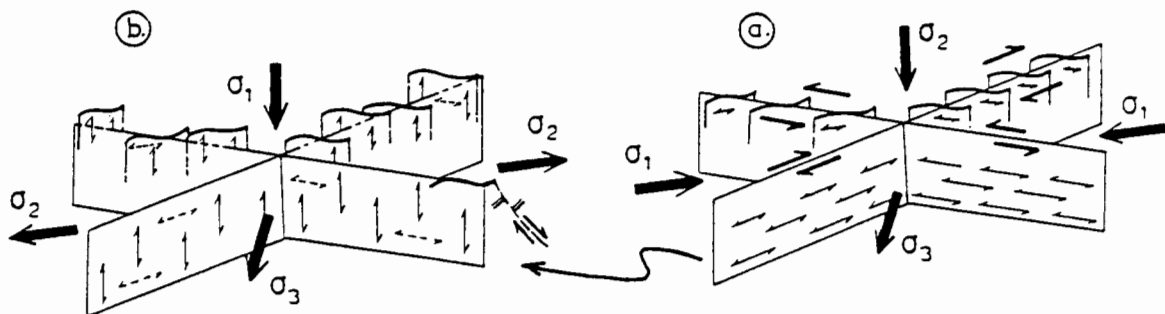
Εικ.7. Κινηματική ανάλυση τύπου "τεκτονικών διπόλων" διαφόρων τάξεων μακροδομών και από τους τρεις Τομείς.

ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1987),

- iii) το πρότυπο ρηξιγενούς παραμόρφωσης σε ήδη διεργημένη μάζα πετρώματος με ολίσθηση παράλληλα προς τις γραμμές διατομής των συζυγών ρηξιγενών επιφανειών (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1978) και τέλος
- iv) η προσπάθεια της κινηματικής ερμηνείας του συνολικού νεοτεκτονικού ιστού σε μεγασκοπική κλίμακα σε συνδυασμό με τα νεότερα δεδομένα όπως, in situ μετρήσεις του εντατικού πεδίου (PAQUIN et al 1982), παλαιομαγνητικά δεδομένα για το Νεογενές-Τεταρτογενές (LAJ et al 1982), μηχανισμοί γένεσης των σεισμών (Mc KENZIE 1972,1978, RITSEMA 1974, ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ & DELIBASIS 1982, ΡΑΡΑΖΑΧΟΣ et al 1984), και τέλος μετρήσεις της μεταβολής του ηλεκτρικού πεδίου στο Ελληνικό τόξο που επάγονται από μαγνητοτελουρικές διαταραχές (LAZARIDOU-VAROTSOU & ΡΑΡΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1987), προϋποθέτουν την ύπαρξη πύο σύνθετων εντατικών πεδίων με διάτμηση και περίστρωση από τις υπεραπλουστευμένες μορφές του αξονικού εφελκυσμού και συμπίεσης, όπως άλλωστε έχουν ήδη επισημάνει οι ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ (1987).

Η αρχική παρουσία οριζόντιων γραμμών προστριβής, σε συνδυασμό με την λοξή κλιμακωτή διάταξη που παρουσιάζουν οι ρηξιγενείς επιφάνειες σε αρκετές περιπτώσεις, που στη συνέχεια μέσα από πλάγια συστήματα γραμμών προστριβής καταλήγουν σε κατά κλίση παρουσιάζοντας μία διαδοχική κινηματική εξέλιξη όπου τα ρήγματα από παρακανονικά ή παρακατακόρυφα μετατρέπονται σε πλαγιοκανονικά ή πλαγιοκατακόρυφα για να καταλήξουν σε ορθοκανονικά ή ορθοκατακόρυφα μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι από δυναμική άποψη το εντατικό καθεστώς κάτω από το οποίο πρωτοδημιουργούνται οι νεοτεκτονικές δομές και τα ρήγματα, που όπως προαναφέρθηκε λειτουργούν αρχικά αποκλειστικά σαν ρήγματα οριζόντιας ολίσθησης, προϋποθέτει ένα άξονα ενδιάμεσης τάσης σ_2 κατακόρυφο ή περίπου κατακόρυφο (ανάλογα με το αν οι ρηξιγενείς επιφάνειες είναι κατακόρυφες ή κεκλιμένες), και ένα σ_1 και σ_3 περίπου οριζόντιους με διαφορετική φυσικά διεύθυνση για κάθε τομέα (Εικ.8α).

Η κατάσταση αυτή εξελίσσεται μέχρι τη σημερινή κινηματική εικόνα των ορθοκατακόρυφων ή ορθοκανονικών ρηγμάτων, όπου εκείνο που φαίνεται να αλλάζει δεν είναι το εντατικό πεδίο με την έννοια του συνολικού προσανατολισμού των τάσεων, αλλά απλά την θέση της σ_1 παίρνει η σ_2 και το αντίθετο (Εικ.8β).



Εικ.8. Δυναμική ανάλυση και διαχρονική μεταβολή του τοπικού εντατικού πεδίου που ισχύει και για τους τρεις Τομείς (από ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. 1990).

Η μεταβολή αυτή στην κινηματική και δυναμική εξέλιξη του νεοτεκτονικού ρηξιγενούς ιστού, όπως έχει επισημανθεί από τους ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. (1990), κατά κύριο λόγο φαίνεται ότι οφείλεται στη διαχρονική μεταβολή της θέσης των διαφόρων περιοχών ως προς το ενεργό τόξο. Έτσι κατά τα αρχικά στάδια της δημιουργίας των μακροδομών η γεωτεκτονική τους θέση είναι πιο κοντά στο μέτωπο του τόξου της εποχής εκείνης και βρίσκονται κάτω από ένα ισχυρό καθεστώς οριζόντιας συμπίεσης. Με τη σταδιακή σχετική μετατόπιση του μετώπου του τόξου οι περιοχές σταδιακά περνούν στη σημερινή τους θέση στη πίσω πλευρά του τόξου όπου επικρατεί οριζόντιος εφελκυσμός. Φυσικά το βάθος παραμόρφωσης αλλά και η παρουσία ιδιαίτερων γεωδυναμικών χαρακτηριστικών που επικρατούν σε συγκεκριμένες ζώνες που παλαιότερα αποτελούσαν πιθανά ρήγματα μετασχηματισμού (π.χ. Κορινθιακός) είναι επιπλέον πιθανά αίτια για τη μεταβολή αυτή για κάθε περίπτωση χωριστά.

Πρέπει τέλος να σημειωθεί ότι οι παραπάνω παρατηρήσεις σχετικά με τη δυναμική ανάλυση των νεοτεκτονικών μακροδομών ισχύουν βέβαια σε τοπικό επίπεδο για κάθε Τομέα. Το γενικό εντατικό πεδίο και η ανάλυσή του πάνω στις κυριότερες ρηξιγενείς ζώνες, η σημερινή γεωμετρία του νεοτεκτονικού ρηξιγενούς ιστού στη μεγασκοπική κλίμακα που θυμίζει λοξοζωνική πτυχή (μεγα-knick) καθώς και ο μηχανισμός που είναι υπεύθυνος για την ασυμμετρία αυτή, αποτελούν προβλήματα τα οποία έχουν επισημανθεί και παλαιότερα από τους ΜΑΡΙΟΛΑΚΟ & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ (1987), χωρίς όμως να υπάρχει ακόμη ικανοποιητική προσέγγιση πάνω στο θέμα αυτό μιας και η πολύπλοκη νεοτεκτονική παραμόρφωση του Ελληνικού τόξου απαιτεί τουλάχιστον την κατασκευή του νεοτεκτονικού χάρτη ολόκληρης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:500.000.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μετά την παράθεση όλων των παραπάνω στοιχείων είναι δυνατόν να γίνει μία πρώτη προσέγγιση στο θέμα της εξέλιξης και του τύπου της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης για την περιοχή που περιλαμβάνεται από τον Ανατολικό Κορινθιακό κόλπο μέχρι την παλαιά ονομαζόμενη Αττικοκυκλαδική ενότητα. Συνοπτικά μπορούν να αναφερθούν τα ακόλουθα:

- Πιστοποιήθηκε μία καταπληκτική ταύτιση των υποθαλάσσιων δεδομένων με αυτά της ξηράς, όπου η νεοτεκτονική παραμόρφωση παρουσιάζει πολλές ομοιότητες τόσο από πλευράς γεωμετρίας και διεύθυνσης δομών, όσο και από πλευράς κινηματικής εξέλιξης με σύνθετες κινήσεις κατά μήκος των ρηξιγενών επιφανειών με οριζόντια, πλάγια ή κατά κλίση ολίσθηση που συνδέονται με περιστροφές των επιμέρους ρηξιτεμαχών τόσο περί κατακόρυφο όσο και περί οριζόντιο άξονα.
- Παρατηρήθηκε μία σταδιακή μεταβολή των διευθύνσεων των ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών από τον Ανατολικό Κορινθιακό μέχρι την Ν.Αττική - Ν.Εύβοια - Κυκλάδες από E-W σε NW-SE με ενδιάμεση διεύθυνση την WNW-ESE που στην ουσία αντιπροσωπεύει μία κάμψη μεγάλης κλίμακας του νεοτεκτονικού ρηξιγενούς ιστού και των νεοτεκτονικών μακροδομών. Ταυτόχρονα εμφανίζεται και μία μεταβολή στη διεύθυνση των εγκάρσιων προς τον κύριο τεκτονικό ιστό δομών, που από NNW-SSE διεύθυνση στην περιοχή του Κορινθιακού σταδιακά μεταπίπτουν σε NE-SW στην περιοχή της Αττικοκυκλαδικής. Παρατηρείται δηλαδή μία σταδιακή στρέψη του νεοτεκτονικού ιστού στο σύνολό του με διατήρηση των βασικών γεωμετρικών σχέσεων ανάμεσα στα επί μέρους στοιχεία του.
- Παρατηρήθηκε μία εντονότερη νεοτεκτονική παραμόρφωση στον υποθαλάσσιο χώρο σε σχέση με αυτόν της ξηράς, η οποία πιστοποιείται: i) από τον μεγαλύτερο αριθμό, μήκος και άλμα των ρηγμάτων, ii) από τα μεγαλύτερα πάχη και τις φάσεις των ιζημάτων και iii) από τον εντοπισμό του μεγαλύτερου αριθμού των ενεργών δομών στον υποθαλάσσιο χώρο.

- Παρατηρήθηκε μία μείωση της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης εκατέρωθεν του σημερινού ενεργού ηφαιστειακού τόξου που κυρίως εκφράζεται με μικρότερα άλματα ρηγμάτων, μικρότερα πάχη ιζημάτων και μικρότερης τάξεως δομές όσο προχωράμε από τις περιοχές μπροστά από το ηφαιστειακό τόξο σε αυτές πίσω από αυτό. Ταυτόχρονα παρατηρήθηκε και μία μείωση της νεοτεκτονικής δραστηριότητας όσο μεταβαίνουμε από τον Τομέα Ι προς τον Τομέα ΙΙΙ, που εν μέρει εκφράζεται και με τη διαφορετική σεισμικότητα, από τα ρήγματα με διεύθυνση E-W και έντονη δραστηριότητα σε αυτά με διεύθυνση NW-SE και ασθενή δραστηριότητα. Τα γεγονότα αυτά πρέπει να συνδέονται άμεσα με την αναθόλωση που παρατηρείται στην περιοχή της Αττικοκυκλαδικής (PAPANIKOLAOU et al 1981) και η οποία άλλωστε τεκμηριώνεται και από τα γεωλογικά δεδομένα που είναι:
 - i. το τεκτονικό παράθυρο των μεταμορφωμένων ενοτήτων της Αττικοκυκλαδικής κάτω από τα αμεταμόρφωτα καλύμματα των ενοτήτων της Αν. Ελλάδας (KATSIKATSOS et al 1976, PAPANIKOLAOU 1989) και
 - ii. η παρουσία και κατανομή των ηφαιστειακών αλλά και γρανιτικών πετρωμάτων του Νεογενούς και Τεταρτογενούς στην περιοχή, όπου η ύπαρξη των ηφαιστειακών (Μέθανα - Αίγινα - Σουσάκι - Κ.Εύβοια) εντοπίζεται κυρίως στις αμεταμόρφωτες ενότητες σε αντίθεση με τα γρανιτικά πετρώματα (Λαύριο - Σέριφος - Νάξος - Μύκονος - Ικαρία - Τήνος, κ.λπ.) που εμφανίζονται στις μεταμορφωμένες ενότητες και που κάποτε αποτελούσαν τα αντίστοιχα μαγματικά και τις φλέβες τροφοδοσίας κάποιων ηφαιστειών που σήμερα έχουν διαβρωθεί μαζί με τα ιζήματα των καλυμμάτων της Αν. Ελλάδας.
- Τέλος αν και η δυναμική ανάλυση για κάθε Τομέα χωριστά μας φανέρωσε μία διαχρονική μεταβολή στην εξέλιξη του εντατικού πεδίου που κυρίως εντοπίζεται στη μετάθεση της θέσης των σ_1 και σ_2 μεταξύ τους με σταθερό τον σ_3 , εν τούτοις για το γενικό εντατικό πεδίο και τους μηχανισμούς κάτω από τους οποίους δημιουργήθηκε η σημερινή γεωμετρία του νεοτεκτονικού ρηξιγενούς ιστού στη μεγασκοπική κλίμακα, παραμένουν ακόμα πολλά ανοικτά προβλήματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- ANGELIER, J. (1979): Neotectonique de l'arc Egeen. *Soc. Geol. Nord, Publ. 3*, 1-417.
- ANGELIER, J.-LYBERIS, N.-LE PICHON, X.-BARRIER, E.-HUCHON, P. (1982): The tectonic development of the Hellenic arc and the sea of Crete: a Synthesis. *Tectonophysics*, 86, 159-196.
- AUBOUIN, J. (1980): De la tectonique des plaques a la genese des chaines de montagnes. *Mem. h. ser. Soc. geol. France*, 10, 163-180.
- BATH, M. (1983): The seismology of Greece. *Tectonophysics*, 98, 165-180.
- BRUNN, S.H. (1976): L'arc concave zagro-taurique et les arcs convexes taurique et egeen: collision et arcs induits. *Bull. Soc. geol. France*, 18, 2, 481-497.
- DERCOURT, J.-ZONENSHAIN, L.P.-RICOU, L.E.-KAZMIN, V.E.-LE PICHON, X.-KNIPPER, A.L.-GRANDJACQUET, C.-SBORSHCIKOV, I.M.-BOULIN, J.-SOROKHTIN, O.-GEYSSANT, J.-LEPVRIER, C.-BIZU DUVAL, B.-SIBUET, J.C.-SAVOSTIN, L.A.-WESTPHAL, M.-LAUERIE, J.P. (1985): Presentation de 9 cartes paleogeographiques au 1:20.000.000 etendant de l'Atlantique au Pamir pour la periode du Lias a l'actuel. *Bull. Soc. Geol. France*, 1, 5, 637-652.
- DEWEY, J.F.-SENGOR, C.A.M. (1979): Aegean and surrounding regions: complex multiplate and conodont tectonics in a convergent zone. *Bull. geol. Soc. Amer.*, 90, 84-92.
- DRAKOPOULOS, J. & DELIBASIS, N. (1982): The focal mechanism of earthquakes in the major area of Greece for the period 1947-1981. *Seismol. Lab. Univ. Athens, Publ. 2*, 72 p.
- KATSIKATSOS, G.-MERCIER, J.L.-VERGELY, P. (1976): La fenetre d'Attique-Cyclades et les fenetres metamorphiques des Hellenides internes. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 283, 1613-1616.
- LAI, L.-JAMET, M.-SOREL, D.-VALENTE, J.P. (1982): First paleomagnetic results from Miopliocene series of the Hellenic sedimentary arc. *Tectonophysics*, 86, 45-67.

- LAZARIDOU VAROTSOU, M.-PAPANIKOLAOU, D. (1987): Tectonoelectric zonation in the Hellenic arc. *Tectonophysics*, 143, 74-79.
- LE PICHON, X.-ANGELIER, J. (1979): The Hellenic arc and trench system: a key to the neotectonic evolution of the eastern Mediterranean area. *Tectonophysics*, 60, 1-42.
- LE PICHON, X.- ANGELIER, J.- AUBOUIN, J.- LYBERIS, N.- MONTIS, S.- RENARD, V.-GOT, H.- HSU, K.- MART, Y. - MASCLE, J. - MATHEWS, D.- MITROPOULOS, D.-TSOFLIAS, P. - CHRONIS, G. (1979): From subduction to transform motion: a seabeam survey of the Hellenic trench system. *Earth & Plan. Sc. Let.*, 44, 441-450.
- LE PICHON, X.-ANGELIER, J. (1981): The Aegean sea. *Phil. Tran. R. Soc. London*, A 300, 357-372.
- MAKROPOULOS, K.-BURTON, P. (1981): A catalogue of seismicity in Greece and adjacent areas. *Geophys. S. R. astron. Soc.*, 65, 741-762.
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η. (1975): Σκέψεις και απόψεις επί ορισμένων προβλημάτων της Γεωλογικής και Τεκτονικής δομής της Πελοποννήσου. *Annal. Geol. Pays Hellen.*, 27, 215-313.
- MARIOOLAKOS, I. & PAPANIKOLAOU, D. (1982): The neogene basins of the Aegean Arc from the Paleogeographic and the Geodynamic point of view. *Inter. Symp. on the Hellenic Arc and Trench (H.E.A.T.)*, Athens 1981, Vol. 1, 383-399.
- MARIOOLAKOS, I.- PAPANIKOLAOU, D.- SYMEONIDIS, N.- LEKKASS, S.- KAROTSIERIS, Z.-SIDERIS, CH. (1982): The deformation of the area around the eastern Corinthian gulf, affected by the earthquakes of February-March 1981. *Inter. Symp. on the Hellenic Arc and Trench (H.E.A.T.)*, Athens 1981, Vol. 1, 400-420.
- MARIOOLAKOS, I.-PAPANIKOLAOU, D.-LAGIOS, E. (1985): A Neotectonic Geodynamic Model of Peloponnesus based on Morphotectonics, Repeated Gravity measurements and Seismicity. *Geol. Jb.*, B 50, 3-17.
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η. & ΣΤΕΙΡΟΣ, Σ. (1986): Σεισμικές διαρρήξεις και η σημερινή τεκτονική εξέλιξη του Ισθμού της Κορίνθου. *ΙΓΜΕ, Γεωλ. και Γεωφ. Μελ.*, Τόμος εκτός σειράς, 243-248.
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η. & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. (1987): Είδος παραμόρφωσης και σχέση παραμόρφωσης σεισμικότητας στο Ελληνικό τόξο. *Πρακτ. 2ου Συνεδ. Ελλ. Γεωλ. Ετ.*, Αθήνα 1984, Δελτ. *Ελλην. Γεωλ. Εταιρ.*, XIX, 59-76.
- MARIOOLAKOS, I. & STIROS, S.C. (1987): Quaternary deformation of the Isthmus and gulf of Corinthos (Greece). *Geology*, 15, 225-228.
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η. & ΣΤΕΙΡΟΣ, Σ. (1989): Είναι η πρόσφατη εξέλιξη της βόρειας Πελοποννήσου αποτέλεσμα λιθοσφαιρικού εφελκυσμού; *Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ.*, XXIII/1, 171-178.
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η.-ΛΟΓΟΣ, Ε.-ΛΟΖΙΟΣ, Σ.-ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ, Ι. (1989): Νεοτεκτονική παραμόρφωση της ρηξιγενούς επιφάνειας Ζιμπέλι (ανατολικά της Καλαμάτας). *Πρακτ. 4ου Συνεδρ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ.*, Δελτ. *Ελλην. Γεωλ. Εταιρ.*, XXIII/3, 241-258.
- Mc KENZIE, D.P. (1972): Active tectonics of the Mediterranean region. *Geoph. J. R. astron. Soc.*, 30, 109-185.
- Mc KENZIE, D.P. (1978): Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: the Aegean sea and surrounding regions. *Geophys. J. R. astron. Soc.*, 55, 217-254.
- MERCIER, J.L. (1979): Signification neotectonique de l'arc Egeen. Une revue des idees. *Rev. geol. dyn. geogr. phys.*, 21, 5-15.
- MERCIER, J.L.-DELIBASIS, N.-GAUTHIER, A.-JARRIGE, J.J.- LEMEILLE, F.- PHILIP, H.-SEBRIER, M.-SOREL, D. (1979): La neotectonique de l'arc Egeen. *Rev. Geol. Dyn. Geogr. Phys.*, 21, 1, 67-92.
- PAPANIKOLAOU, D. (1978): Contribution to the Geology of Aegean sea. The island of Andros. *Ann. Geol. Pays Hellen.*, 29/2, 477-553.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. (1984): Εισαγωγή στην τεκτονική ανάλυση των ρηγμάτων της Ελλάδας. *ΤΕΕ, Συνέδ. "Σεισμοί και Κατασκευές"*, Αθήνα 1984, Πρ. 2, 1030-1044.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. (1986a): Γένεση, Ανάλυση, Κατάταξη και Χαρακτηριστικά των επιφανειών ασυνέχειας βράχων. *Σεμινάρια ΕΛΚΕΠΑ*, Αθήνα 1986.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. (1986b): Γεωλογία της Ελλάδας. 240 σελ. Αθήνα 1986.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. (1989): Η γένεση των γεωθερμικών πεδίων στα πλαίσια της γεωτεκτονικής εξέλιξης του Ελληνικού τόξου. *Τεχν. Επιμ. Ελλάδας Σύλλ. Μηχαν. Μεταλλ. και Μεταλλ. Μηχαν. Διήμερο "Η αξιοποίηση του Ελληνικού Γεωθερμικού Δυναμικού. Παρούσα κατάσταση και προοπτικές"*, Αθήνα 1989.
- PAPANIKOLAOU, D. (1989): Geotectonic map of Greece. *Geol. Soc. of Greece, Spec. Publ. No 1, IGCP Proj. No 276, Newsletter No 1.*
- PAPANIKOLAOU, D.-SABOT, V.-PAPADOPOULOS, T. (1981): Morphotectonics and Seismicity in the Cyclades, Aegean Sea. *Z. Geomorph. N. F., Suppl.-Bd.40*, 165-174.

- PAPANIKOLAOU, D. & DERMITZAKIS, M. (1981a): The Aegean Arc during Burdigalian and Messinian: a comparison. *Riv. Ital. Paleont.*, 87, 83-92.
- PAPANIKOLAOU, D. & DERMITZAKIS, M. (1981b): Major changes from the last stage of the Hellenides to the actual Hellenic arc and trench system. *Proc. Int. Symp. Hell. Arc and Trench (H.E.A.T.), Athens, Vol. II*, 57-73.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ.-ΛΟΓΟΣ, Ε.-ΛΟΖΙΟΣ, Σ.-ΣΙΔΕΡΗΣ, Χ. (1988): Νεοτεκτονικός Χάρτης της Ελλάδας σε κλίμακα 1:100.000. Φύλλο "ΚΟΡΙΝΘΟΣ". Αθήνα 1988.
- PAPANIKOLAOU, D.-LYKOUSIS, V.-CHRONIS, G.-PAVLAKIS, P. (1988): A comparative study of neotectonic basins across the Hellenic arc: the Messiniakos, Argolikos, Saronicos and Southern Enoikos Gulfs. *Basin Research (1988)*, 1, 167-176.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ.-ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η.-ΛΕΚΚΑΣ, Ε.-ΛΟΖΙΟΣ, Σ. (1988): Μορφοτεκτονικές παρατηρήσεις στη λεκάνη του Ασωπού και την παραλιακή ζώνη Ωρωπού. Συμβολή στη νεοτεκτονική της βόρειας Αττικής. *Πρακτ. 3ου Συνέδρ. Ελλην. Γεωλ. Ετ., Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ., XX*, 251-267.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ.-ΧΡΟΝΗΣ, Γ.-ΛΥΚΟΥΣΗΣ, Β.-ΠΑΥΛΑΚΗΣ, Π. με την συμβολή των ΡΟΥΣΣΑΚΗ, Γ. και ΣΥΣΚΑΚΗ, Δ. (1989a): Υποθαλάσσιος νεοτεκτονικός χάρτης Σαρωνικού κόλπου. *Εκδοση ΟΑΣΠ-ΕΚΘΕ-Τομ. Δυν. Τεκτ. Εφαρ. Γεωλ., Αθήνα 1989*.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ.-ΧΡΟΝΗΣ, Γ.-ΛΥΚΟΥΣΗΣ, Β.-ΠΑΥΛΑΚΗΣ, Π. με την συμβολή των ΡΟΥΣΣΑΚΗ, Γ. και ΣΥΣΚΑΚΗ, Δ. (1989b): Υποθαλάσσιος νεοτεκτονικός χάρτης Νότιου Ευβοϊκού κόλπου. *Εκδοση ΟΑΣΠ-ΕΚΘΕ-Τομ. Δυν. Τεκτ. Εφαρ. Γεωλ., Αθήνα 1989*.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ.-ΛΟΓΟΣ, Ε.-ΛΟΖΙΟΣ, Σ.-ΣΙΔΕΡΗΣ, Χ. (1990): Παρατηρήσεις στην κινηματική και δυναμική εξέλιξη των νεοτεκτονικών λεκανών της ανατολικής Κορινθίας. *Πρακτ. 5ου Συνέδρ. Ελλην. Γεωλ. Ετ., Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ., Περιλήψεις σελ. 56*.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. & ΛΟΖΙΟΥ, Σ. (1990): Κινηματική και Δυναμική της Νεοτεκτονικής Παραμόρφωσης και Γεωμετρία των Νεοτεκτονικών Ρηγμάτων του Βορείου Αιγαίου και της Αττικοκυκλαδικής Ενότητας. Μέρος Β'. Περιοχή Αττικοκυκλαδικής. *Εφαρμ. Ερευνητ. Πρόγραμμα της Γ.Γ.Ε.Τ., 109 σελ.*
- RAQUIN, C.-FROIDEVEAUX, C.-BLOYET, J.-RICARD, Y.-ANGELIDIS, C. (1982): Tectonic stresses on the mainland of Greece: in-situ measurements by overcoring. *Tectonophysics*, 86, 17-26.
- PARAZACHOS, B.C. - KIRATZI, A.A. - HATZIDIMITRIOU, P.M. - ROCCA, A.C. (1984): Seismic faults in the Aegean area. *Tectonophysics*, 106, 71-85.
- ΠΕΡΙΣΣΟΡΑΤΗ, Κ.-ΜΗΤΡΟΠΟΥΛΟΥ, Δ.-ΑΓΓΕΛΟΠΟΥΛΟΥ, Ι. (1986): Υποθαλάσσιες έρευνες στον ανατολικό Κορινθιακό κόλπο. *ΙΓΜΕ, Γεωλ. και Γεωφ. Μελ., Τόμος εκτός σειράς, 381-401*.
- ΠΕΡΙΣΣΟΡΑΤΗ, Κ.-ΜΕΤΤΟΥ, Α.-VAN ANDEL, T. (1989): Στρωματογραφία και τεκτονική του Νότιου Ευβοϊκού κόλπου και της ευρύτερης νεογενούς λεκάνης. *Πρακτ. 4ου Συνέδρ. Ελλην. Γεωλ. Ετ., Αθήνα 1988, Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ., XXIII/1*, 209-222.
- RITSEMA, A.R. (1974): The earthquake mechanisms of the Balkan region. *Roy. Netherl. Meteorol. Inst., De Bilt, Scient. Rep., 74/4*, 36 p.
- SABOT, V. & PAPANIKOLAOU, D. (1979): Some geomorphological aspects of the Cyclades and their importance on the morphotectonic evolution of the area. *VIIth Colloq. on the Geol. of the Aegean Reg., Athens 1977, Vol. I*, 529-534