

## **ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ – ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ**

### **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται μια λεπτομερή ανάλυση του τεκτονικού – νεοτεκτονικού ιστού της περιοχής του λεκανοπεδίου, με στόχο να περιγραφούν όλες οι τεκτονικές δομές (ρήγματα, ρηξιγενείς ζώνες κλπ.) και να αξιολογηθούν με βάση τα κινηματικά και δυναμικά χαρακτηριστικά τους και την αναμενόμενη συμπεριφορά τους, δηλαδή αν υπάρχει πιθανότητα είτε να δώσουν οι ίδιες κάποιο σεισμό ή να διεγερθούν από κάποιον άλλο, είτε να λειτουργούν παθητικά σαν διάλυτοι μεταβίβασης της σεισμικής ενέργειας.

Το πρόβλημα αυτό παρουσιάζεται αρκετά σύνθετο και περίπλοκο, δεδομένου ότι η περιοχή του λεκανοπεδίου μπορεί να επηρεασθεί από σεισμικές ρηξιγενείς ζώνες που βρίσκονται αρκετά χιλιόμετρα μακρύτερα και σε περιοχές με διαφορετικό νεοτεκτονικό καθεστώς. Στην ευρύτερη περιοχή είναι γνωστοί οι ακόλουθοι χώροι (σεισμικές πηγές), όπου εντοπίζονται ενεργά ρήγματα (Εικ. 3-1), που στους ιστορικούς ή πρόσφατους χρόνους έχουν δώσει σημαντικούς σεισμούς.

- Ευρύτερη περιοχή Ανατολικού Κορινθιακού (Αλκωνίδες, Κόρινθος, Καπαρέλλι).
- Ευρύτερη περιοχή ΒΔ Σαρωνικού (Κακιά Σκάλα κλπ.).
- Ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Θήβας.
- Ευρύτερη περιοχή του βόρειου τμήματος Νότιου Ευβοϊκού (Ωρωπός κλπ.).



**Εικ. 3-1.** Το νεοτεκτονικό πλαίσιο του ευρύτερου σεισμογόνου χώρου. Συσχέτιση με τις ενεργές δομές του Ανατολικού Σαρωνικού. Με κίτρινο τρίγωνο σημειώνονται τα επίκεντρα καταστροφικών σεισμών από τους ιστορικούς χρόνους μέχρι σήμερα, με κίτρινη έλλειψη και διπλό βέλος η κύρια κατεύθυνση των μακροσεισμικών εντάσεων και με πορτοκαλί σκιά η περιοχή που επλήγη από το σεισμό της 7ης Σεπ. 1999.

Σε πρώτη φάση, λοιπόν, θα πραγματοποιηθεί μια γενική περιγραφή του νεοτεκτονικού καθεστώτος της ευρύτερης περιοχής και πιο συγκεκριμένα του χώρου από τον Ανατολικό Κορινθιακό μέχρι τη Νότια Εύβοια και τις Βόρειες Κυκλάδες, με σκοπό να γίνει κατανοητή η σεισμοτεκτονική επικινδυνότητα της ευρύτερης περιοχής καθώς και το πώς αυτή μεταβάλλεται από θέση σε θέση, ώστε να αξιολογηθεί και η δυνατότητα επηρεασμού της περιοχής του Λεκανοπεδίου.

Στη συνέχεια θα ακολουθήσει η λεπτομερής τεκτονική και νεοτεκτονική ανάλυση των δομών του Λεκανοπεδίου, ώστε να κατανοηθούν τόσο ο μηχανισμός και ο βαθμός συμμετοχής τους στην κατανομή των καταστροφών του πρόσφατου σεισμού αλλά και παλαιότερων σεισμών (Αλκυονίδες 1981 κλπ.), όσο και η αναμενόμενη συμπεριφορά τους σε επόμενους σεισμούς.

Η εργασία βασίστηκε κατά κύριο λόγο στην εργασία υπαίθρου και τη λεπτομερή χαρτογράφηση των ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών, τη μορφοτεκτονική ανάλυση, τη λεπτομερή γεωμετρική, κινηματική και δυναμική ανάλυση και την επεξεργασία των στοιχείων με σύγχρονες τεχνικές. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν αεροφωτογραφίες, σε κλίμακες 1:50.000, 1:15.000 και 1:3.000, καθώς και δορυφορικές εικόνες SPOT και LANDSAT.

## ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

### Εισαγωγή

Η ενεργός γεωδυναμική στην Ελλάδα χαρακτηρίζεται από έντονη ανομοιογένεια στα διάφορα τμήματα του ορογενετικού τόξου η οποία εν μέρει εκφράζεται από τη διαφορετική σεισμικότητα. Στο κεφάλαιο αυτό αναλύεται με λεπτομέρεια η νεοτεκτονική δομή της περιοχής μεταξύ Ανατολικού Κορινθιακού κόλπου και Εύβοιας – Βορείων Κυκλάδων, που χαρακτηρίζεται σαν μια μεταβατική περιοχή από μία έντονη δραστηριότητα (Κορινθία – Βοιωτία), σε μία ασθενή δραστηριότητα (σχετικά ασεισμική περιοχή Νότιας Αττικής – Κυκλάδων). Πιο συγκεκριμένα, τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν δίνουν τη δυνατότητα διάκρισης τριών περιοχών (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1987, ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΛΟΖΙΟΣ 1990):

- α) μία δυτική περιοχή στον Ανατολικό Κορινθιακό και στη Βοιωτία, όπου επικρατούν ρήγματα Α-Δ και έντονη παραμόρφωση,
- β) μία ενδιάμεση περιοχή από την λεκάνη των Μεγάρων, το Θριάσιο Πεδίο και την Πάρνηθα έως τη λεκάνη του Ωρωπού στο βόρειο τμήμα του Νότιου Ευβοϊκού, όπου επικρατούν ρήγματα ΔΒΔ-ΑΝΑ με σημαντική παραμόρφωση και

- γ) μία ανατολική περιοχή στην Ανατολική Αργολίδα, Ανατολική και Νότια 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.

### Γενικά – Βιβλιογραφική επισκόπηση

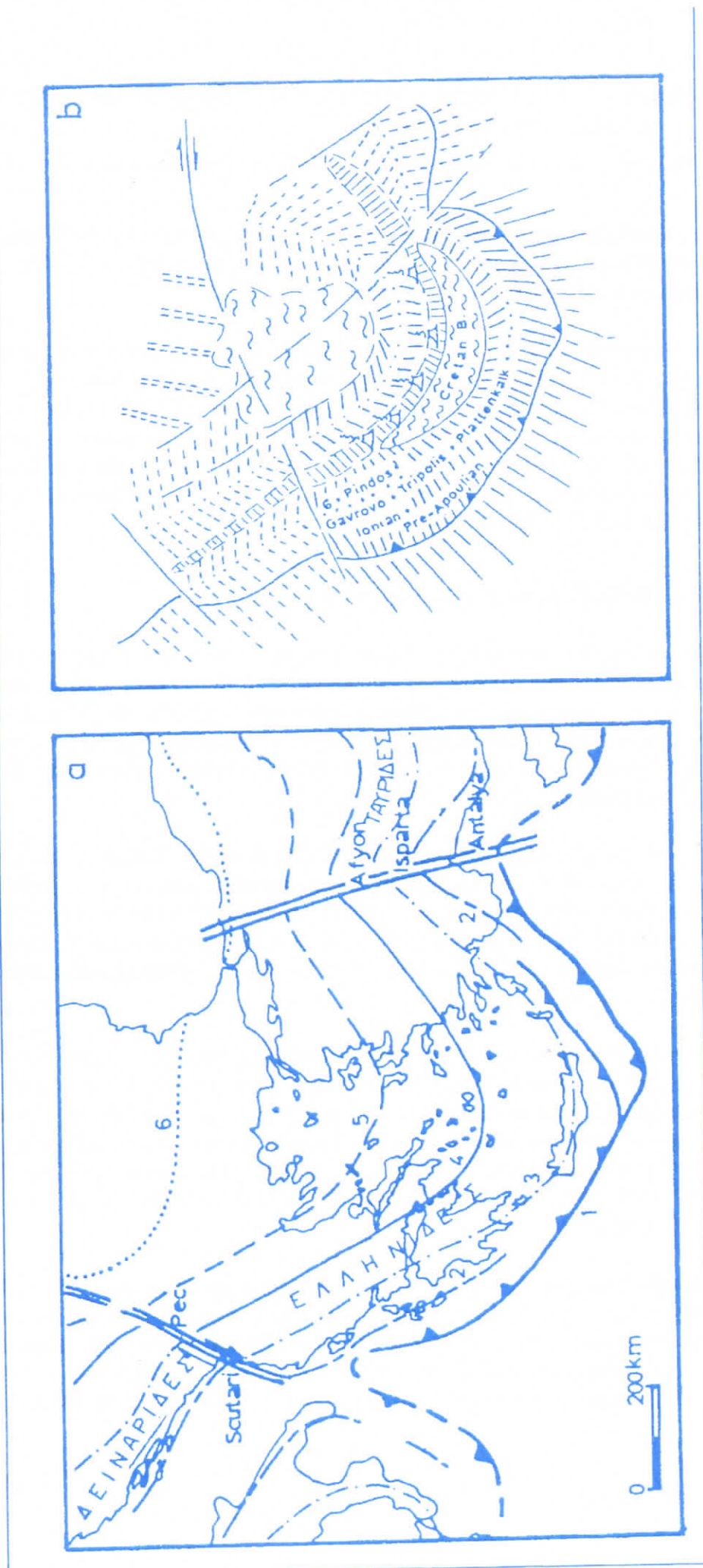
Είναι γνωστή η ιδιαιτερότητα του Ελληνικού τόξου, το οποίο αντιπροσωπεύει ένα τμήμα του Αλπικού συστήματος της Τηθύος όπου λαμβάνει ακόμα χώρα υποβύθιση του φλοιού της Ανατολικής Μεσογείου κάτω από το τόξο, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα τμήματα του αλπικού συστήματος όπου από το Μέσο Μειόκαινο έχει ήδη 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 Βορείου 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. 3-2).

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 εξαιτίας της σύγκρουσης της Αραβίας με την ΝΑ Μικρά Ασία και της επακόλουθης απομάκρυνσης του τεμάχους 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,





Εκ. 3-2. Το σημερινό ενεργό τμήμα του Ελληνικού Τόξου (από ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1986).

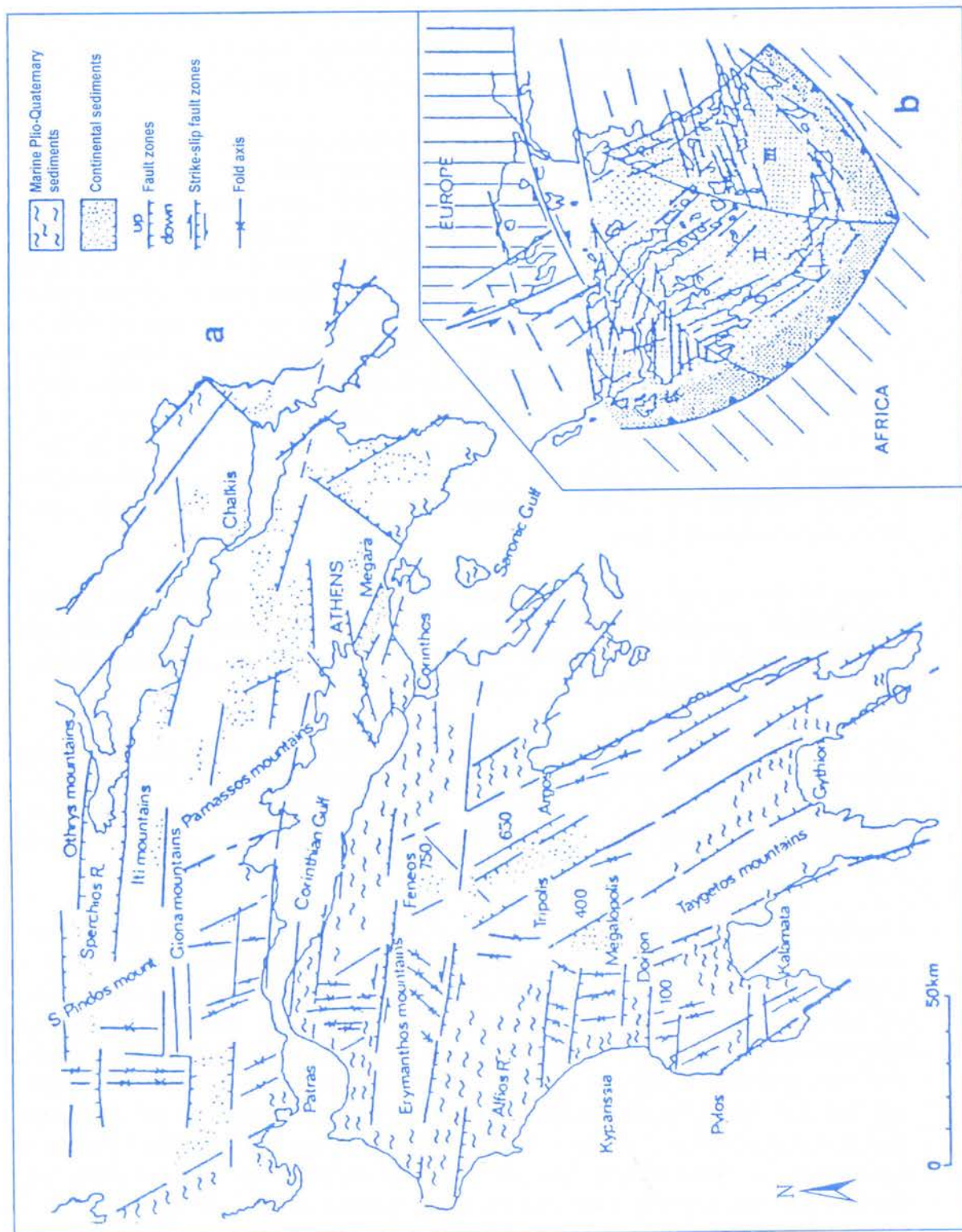
Le PICHON & ANGELIER 1979,1981, Le PICHON et al 1979). Αντίθετα στον υπόλοιπο χώρο πίσω από το τόξο επικρατούν εφελκυστικού τύπου δομές που όμως συχνά είναι φαινομενικές και συνυπάρχουν με σημαντικές οριζόντιες συνιστώσες.

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 πιο πολυσύνθετα γεωδυναμικά μοντέλα για την νεοτεκτονική εξέλιξη των μεταλλικών λεκανών που προϋποθέτουν την ύπαρξη εντατικών πεδίων τύπου "μέγα-διάτμησης" και "περίστρεψης" (MARIOLAKOS & PAPANIKOLAOU 1982, MARIOLAKOS et al 1985, ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ & ΣΤΕΙΡΟΣ 1986,1987, 1989 , ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1987, ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ 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 & BARTON 1981, BATH 1983).

Οι ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ (1982, 1987), έχουν εντοπίσει μία σχέση ανάμεσα σε ορισμένες περιοχές με υψηλή σεισμικότητα και ρήγματα διεύθυνσης Α-Δ (Δυτική Πελοπόννησος – Κορινθιακός – Στερεά Ελλάδα) και σε περιοχές με χαμηλή σεισμικότητα και ρήγματα διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ (Ανατολική Πελοπόννησος – Αττική – Νότια Εύβοια – Κυκλάδες), (Εικ. 3-3).

Επειδή οι μηχανισμοί και οι διαδικασίες για τη μετάβαση από τη μία κατάσταση στην άλλη δεν έχουν μέχρι σήμερα διευκρινιστεί, κρίθηκε σκόπιμο να πραγματοποιηθεί 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 και τη συνδεόμενη σεισμική δραστηριότητα. Μέσα από την ανάλυση αυτή θα προκύψει και ο συσχετισμός για την ενδιάμεση περιοχή της Πάρνηθας και του Λεκανοπεδίου της Αθήνας.



**Εικ. 3-3.** Οι διευθύνσεις των κυριότερων περιθωριακών ρηξιγενών ζωνών που οριοθετούν τις μακροδομές της Στερεάς Ελλάδας και της Πελοποννήσου και οι τρεις Τομείς στους οποίους χωρίζονται (MARIOLAKOS et al. 1985).

Είναι επίσης σημαντικό ότι υπάρχουν ήδη διαθέσιμα τα στοιχεία από την κατασκευή των υποθαλάσσιων νεοτεκτονικών χαρτών για τους κόλπους Αργολικό, Σαρωνικό και Νότιο 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) και τους ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. (1997). 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.

Στοιχεία πάρθηκαν επίσης από την εργασία των ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΛΟΖΙΟΥ (1990), όπου παρουσιάζεται η νεοτεκτονική δομή τόσο των ηπειρωτικών όσο και των υποθαλάσσιων περιοχών στη ζώνη "Ανατολικός Κορινθιακός – Αττική – Νότια Εύβοια" (Εικ. 3-4 & 3-5).

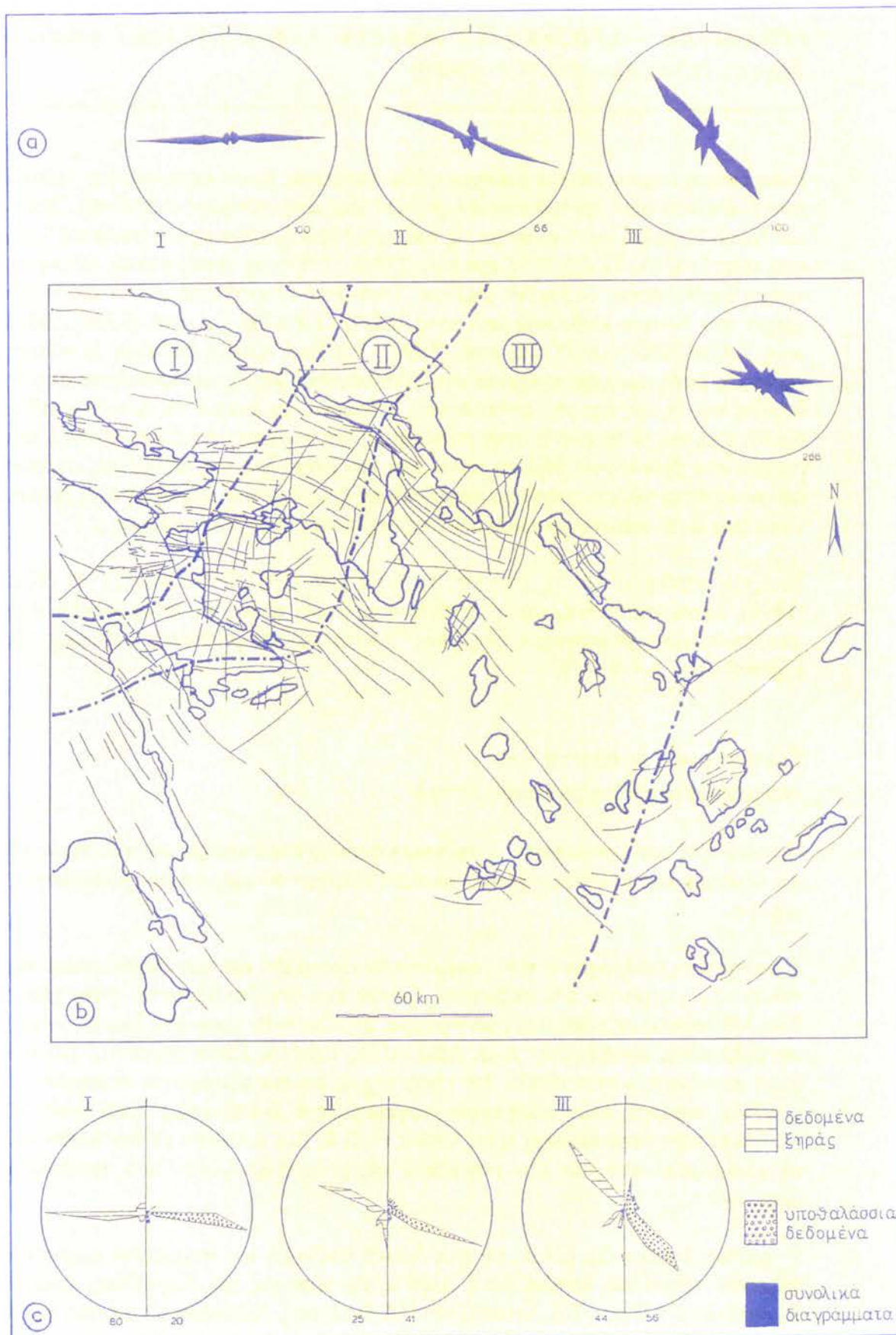
### **Γεωμετρική ανάλυση του νεοτεκτονικού ρηξιγενούς ιστού**

Η γεωμετρία του νεοτεκτονικού ρηξιγενούς ιστού 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 ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών που περιλαμβάνονται στον χάρτη της Εικ. 3-4 παρουσιάζονται στο ροδόγραμμα της Εικ.3-4b όπου ήδη διακρίνονται τρεις συγκεκριμένες διευθύνσεις: Α-Δ, ΔΒΔ-ΑΝΑ, ΒΔ-ΝΑ. 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 ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών που περιλαμβάνουν (Εικ. 3-4b):

Ο πρώτος Τομέας (I), βρίσκεται στη δυτική απόληξη του σημερινού ενεργού ηφαιστειακού τόξου και περιλαμβάνει κυρίως τις περιοχές της Κορινθίας, Ανατολικού Κορινθιακού κόλπου, ΒΔ Αττικής και ΝΑ Βοιωτίας. Χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ρηγμάτων και ρηξιγενών ζωνών με διεύθυνση Α-Δ που χωρίζουν την περιοχή σε επί μέρους ρηξιτεμάχη (κέρατα ή τάφρους), διαφόρων τάξεων με την ίδια διεύθυνση





**Εικ. 3-4.** Συσχετισμός υποθαλάσσιων δεδομένων και δεδομένων ξηράς για το χώρο Κορινθίας - Κυκλάδων (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΛΟΖΙΟΣ 1990).

Α-Δ (Εικ. 3-4aI, 3-4b). 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 (Α-Δ), με διεύθυνση κυρίως ΒΒΔ-ΝΝΑ αλλά και ΒΑ-ΝΔ (Εικ. 3-4b). Οι δομές αυτές χωρίζουν την περιοχή σε επί μέρους μεγάλης κλίμακας ρηξιτεμάχη 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 Ι είναι:

- Η ρηξιγενής ζώνη Κορίνθου – Δερβενακίων ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, που χωρίζει το βύθισμα της Δυτικής Κορίνθου από τη μια 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.
- Η ρηξιγενής ζώνη του Κορομπιλίου βορειότερα, με την ίδια διεύθυνση που χωρίζει το 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 ρηγματών και ρηξιγενών ζωνών όπως φαίνεται στο ροδόγραμμα της Εικ. 3-4cI, όσο και της γεωμετρίας των δομών που προκύπτουν (τάφροι και κέρατα με διεύθυνση Α-Δ). Όπως χαρακτηριστικά φαίνεται από το χάρτη της Εικ.3-4, τόσο η επικρατούσα διεύθυνση ρηγμάτων (Α-Δ), 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 (Ανατολικός Κορινθιακός – Ισθμός Κορίνθου – ΒΔ Σαρωνικός). Επί πλέον οι μακροδομές που προκύπτουν και στις δύο περιπτώσεις είναι παράλληλες μεταξύ τους (π.χ. 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 "μετα-

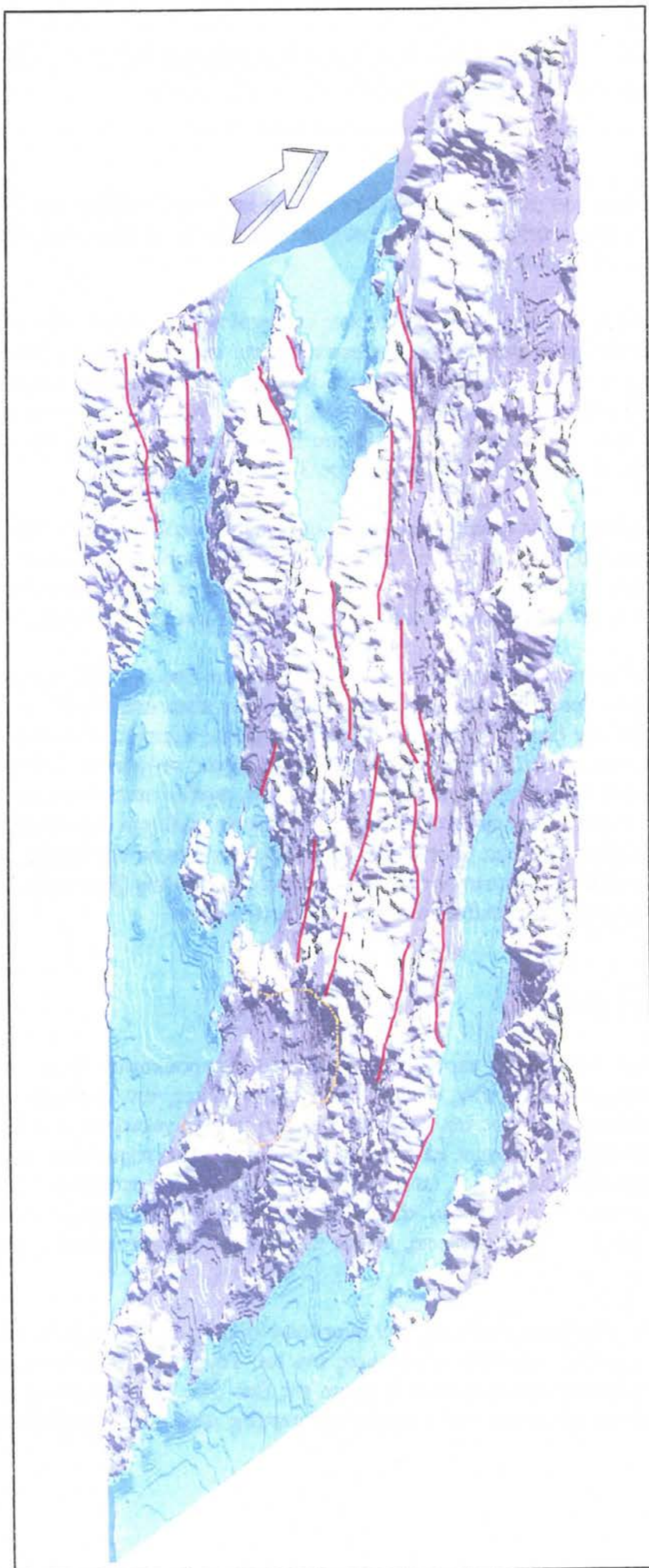
νάστευση" των ενεργών και σεισμικών ρηγμάτων προς τις υποθαλάσσιες περιοχές (κυρίως τα σημερινά ενεργά περιθώρια του Ανατολικού Κορινθιακού), σε αντίθεση με τον χερσαίο χώρο όπου ενεργά ρήγματα εντοπίζονται σε συγκεκριμένα μόνο ρηξιτεμάχη (π.χ. Ανατολική Κορινθία, ΝΔ Βοιωτία), ενώ άλλα από αυτά παρουσιάζονται σήμερα ως ανενεργά (π.χ. τεκτονικό βύθισμα Δυτικής Κορίνθου, τεκτονικό κέρασ Λύρκειου – Αρτεμίσιου κλπ.).

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 ΔΒΔ-ΑΝΑ διεύθυνσης που χωρίζουν την περιοχή σε επί μέρους ρηξιτεμάχη με την ίδια διεύθυνση (Εικ. 3-4αII, 3-4b). 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, κλπ.

Εγκάρσιες δομές-ρηξιγενείς ζώνες παρατηρούνται και στον Τομέα αυτό με χαρακτηριστική διεύθυνση Β-Ν 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 μια 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 Β-Ν (Μέθανα-Αίγινα-Σαλαμίνα) που ενώνει την Αργολίδα με την Αττική και χωρίζει τον Σαρωνικό κόλπο σε δύο τμήματα (Ανατολικό και Δυτικό, ΡΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 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 ΔΒΔ-ΑΝΑ όσο και των εγκάρσιων Β-Ν δομών, βλπ. ροδόγραμμα Εικ. 3-4cII), όσο και αντίστοιχης γεωμετρίας μακροδομές, τόσο στην ξηρά όσο και στις υποθαλάσσιες περιοχές (πχ. οι υποθαλάσσιες λεκάνες της Επιδαύρου και των Μεγάρων είναι παράλληλες με τις ηπειρωτικές λεκάνες των Μεγάρων, της Ελευσίνας και του Ωρωπού, κλπ.). 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 I), είναι σχετικά πιο σπάνιο το φαινόμενο οι ενεργές υποθαλάσσιες δομές να συνεχίζουν προς την μεριά





**Εικ. 3-5.** Στερεοδιάγραμμα της περιοχής Αν. Κορινθιακού - Αττικής (άποψη από Βορρά) όπου φαίνεται η αλλαγή στη διεύθυνση των ενεργών δομών από Α-Δ στον Αν. Σαρωνικό (Τομέας Ι) σε ΒΒΔ-ΝΝΑ στην περιοχή Πάρνηθας και Θριάσιου πεδίου (Τομέας ΙΙ). Με διακεκομμένη γραμμή σημειώνεται η περιοχή μελέτης.



της ξηράς, ιδίως όσο μεταβαίνουμε από το νότιο και δυτικό τμήμα του Τομέα (Αργολικός - ΝΔ Σαρωνικός) προς το βόρειο και ανατολικό (Ανατολικός Σαρωνικός - βόρειο τμήμα Ν. Ευβοϊκού).

Ο τρίτος Τομέας (III), περιλαμβάνει κυρίως την περιοχή της παλαιότερα ονομαζόμενης Αττικοκυκλαδικής ενότητας και χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη ρηγματών και ρηξιγενών ζωνών ΒΔ-ΝΑ 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, Ν. Αττικής και Ν. Εύβοιας (Εικ. 3-4aΠ,b).

Οι εγκάρσιες ρηξιγενείς ζώνες στον Τομέα αυτό έχουν διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (Εικ. 3-4) 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, κλπ.

Τόσο οι διευθύνσεις των ρηγματών (βλπ. ροδόγραμμα Εικ. 3-4cΠ), 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 ρηγματών. Επί πλέον στην περίπτωση αυτή τα ανενεργά ρήγματα εντοπίζονται σχεδόν αποκλειστικά στον υποθαλάσσιο χώρο, ενώ σπάνια μπορεί κανείς να παρακολουθήσει την συνέχεια των υποθαλάσσιων ρηγματών 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.

### **Κινηματική ανάλυση**

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 ρηγματών και τη μελέτη χαρακτηριστικών αλπικών δομών (κυρίως άξονες 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. 3-6. Τα παλαιότερα συστήματα ρηγματών χαρακτηρίζονται από γραμμές προστριβής με πολύ μικρή βύθιση, σχεδόν

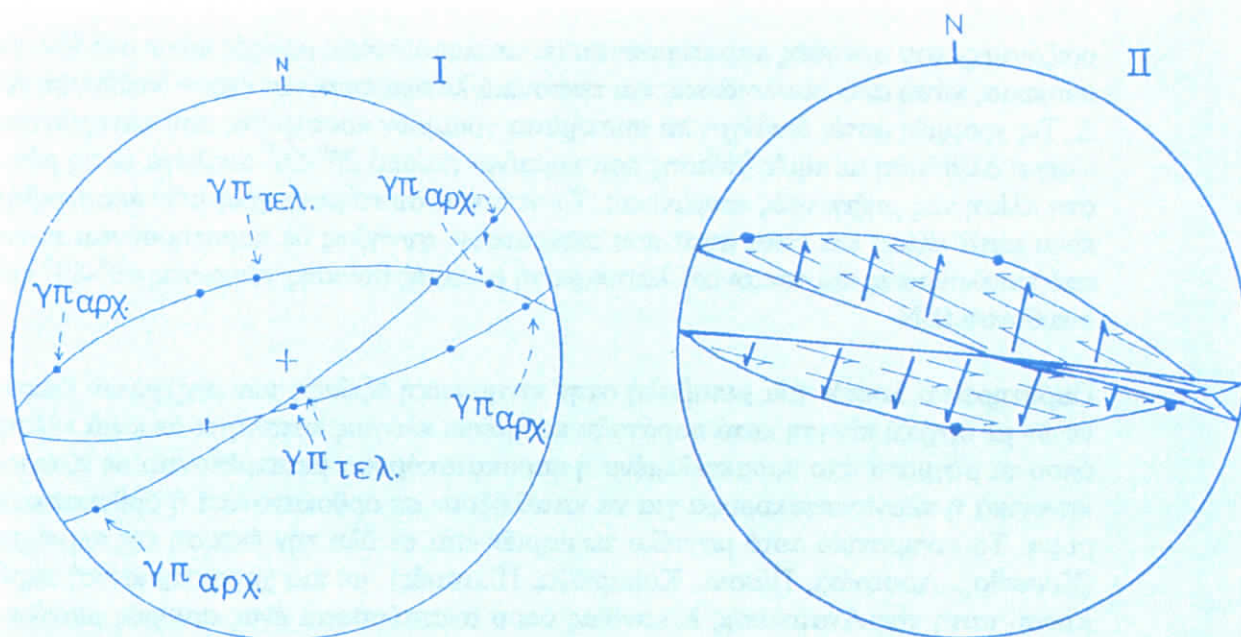
οριζόντιες, που συνήθως παρατηρούνται σε υπολειμματικές μορφές πάνω στο ίδιο το πέτρωμα, κάτω από επιφλοιώσεις και τεκτονικά λατυποπαγή και έχουν διεύθυνση Α-Δ. Τις γραμμές αυτές διαδέχονται συστήματα γραμμών προστριβής που φανερώνουν πλάγια ολίσθηση με τιμές βύθισης που κυμαίνονται από  $20^{\circ}$ - $50^{\circ}$  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  $60^{\circ}$ - $80^{\circ}$  και διεύθυνση Β-Ν.

Παρατηρείται λοιπόν μία μεταβολή στην κινηματική εξέλιξη των ρηξιγενών επιφανειών 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).

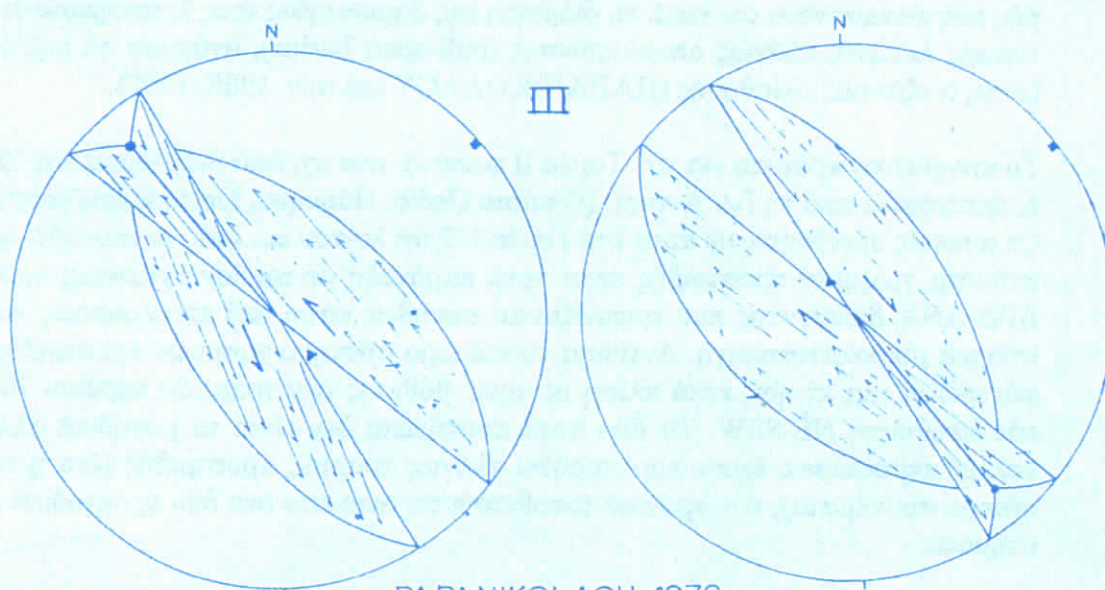
Το κινηματικό πρότυπο για τον Τομέα ΙΙ φαίνεται στο σχετικό διάγραμμα της Εικ. 3-6, προέρχεται από τη ΒΔ Αττική (Θριάσιο Πεδίο, Πάρνηθα, Ωρωπός) και παρουσιάζει αρκετές ομοιότητες με αυτό του Τομέα Ι. Έτσι λοιπόν και εδώ, τα παλαιότερα συστήματα γραμμών προστριβής είναι κατά παράταξη με σχεδόν οριζόντιες γραμμές ΔΒΔ-ΑΝΑ 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  $70^{\circ}$ - $80^{\circ}$  και διεύθυνση ΝΕ-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 Πάρνηθας – παραλιακής ζώνης Καλάμου, στο βορειοανατολικό όριο του Τομέα ΙΙ, 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. 3-6 παρουσιάζεται το πιο αντιπροσωπευτικό κινηματικό πρότυπο για τον ΙΙο Τομέα, είναι από την περιοχή της Αττικής και των



PAPANIKOLAOU et al 1990



PAPANIKOLAOU 1978

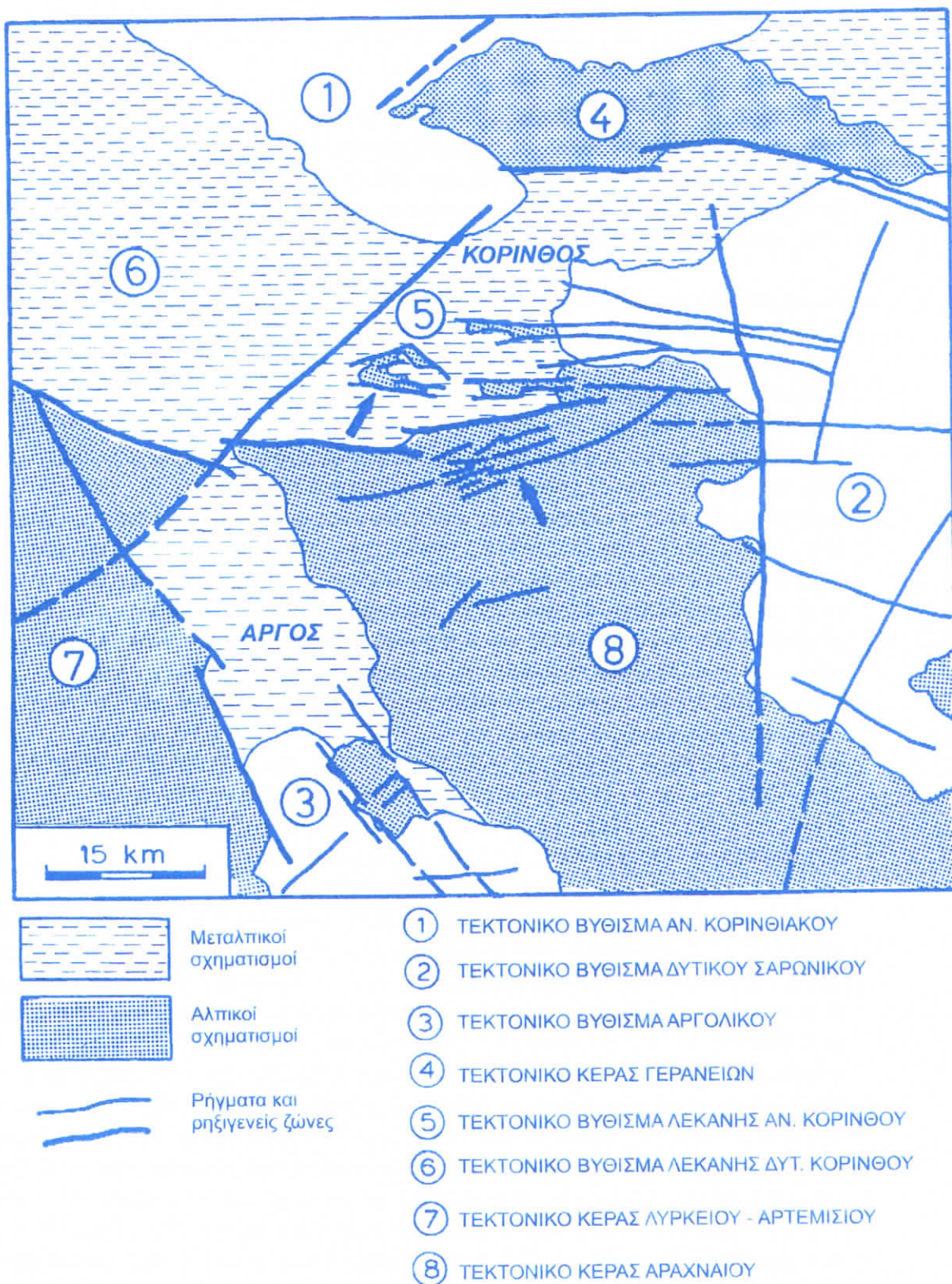
**Εικ. 3-6.** Τα κινηματικά πρότυπα όπως παρουσιάζονται για τον κάθε Τομέα χωριστά.

Κυκλάδων (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1978) και παρουσιάζει δύο συζυγή συστήματα ρηγμάτων με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και γραμμές προστριβής σχεδόν οριζόντιες και περίπου παράλληλες με τη γραμμή διατομής των δύο συζυγών επιφανειών. Οι γραμμές αυτές αντιπροσωπεύουν το παλαιότερο σύστημα μιας 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 πότε μια δεξιόστροφη και πότε μια αριστερόστροφη κίνηση, είτε για την ίδια ρηξιγενή επιφάνεια είτε για διαφορετικές. Πολλές φορές επίσης παρατηρείται το φαινόμενο οι περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες κάποιου ρηξιτεμαχούς να παρουσιάζουν διαφορετικό βαθμό οριζόντιας ολίσθησης, με ομόρροπη ή και αντίρροπη 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 πιο 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-Δερβενακίων φανερώνει μια δεξιόστροφη περιστροφή περί κατακόρυφο άξονα των βυθισμάτων Δυτικής και Ανατολικής Κορίνθου (πρώτης τάξεως μακροδομές), με ταυτόχρονη αριστερόστροφη φορά κίνησης της ρηξιγενούς ζώνης (Εικ. 3-7, ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. 1988) και με γενικότερη τάση για το βύθισμα Δυτικής Κορίνθου από την Α-Δ διεύθυνση, που συμπίπτει με αυτή του Κορινθιακού, να προσανατολισθεί στην ΒΔ-ΝΑ 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 πιο χαρακτηριστική περίπτωση είναι αυτή του Νότιου Ευβοϊκού, όπου η μελέτη της μεταβολής του πλάτους του κόλπου, που γίνεται συνήθως απότομα εκατέρωθεν των ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης ρηγμάτων, σε συνδυασμό με τη μεταβολή του αριθμού των ρηγμάτων ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης που περιλαμβάνονται κατά μήκος του βυθίσματος ανάμεσα στο κέρας της Αττικής και της Νότιας 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. 3-8). 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. 3-8, 8α, 8β).

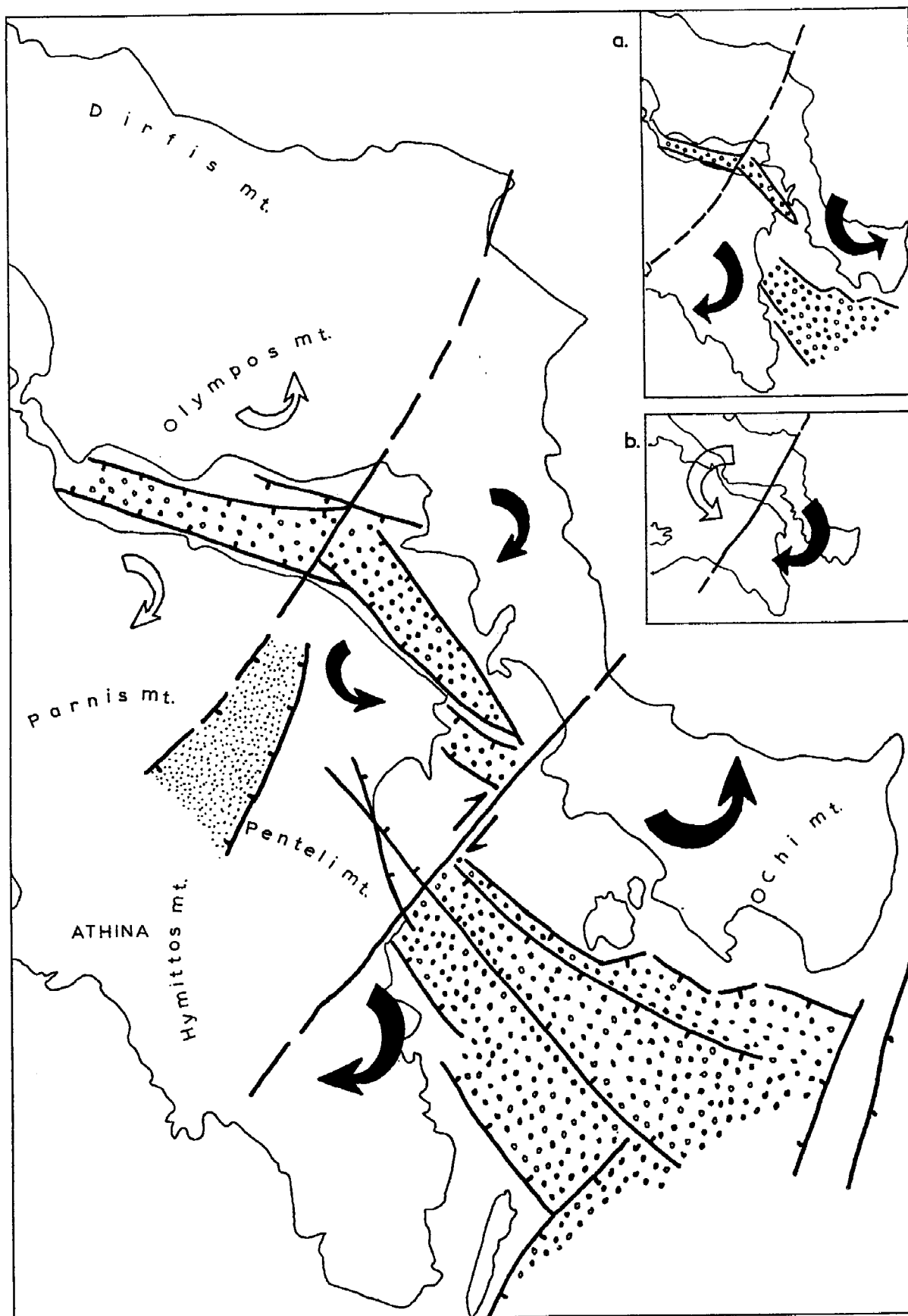




**Εικ. 3-7.** Οι τεκτονικές μακροδομές της ευρύτερης περιοχής του Αν. Κορινθιακού και τα ενεργά ρήγματα από τα οποία οριοθετούνται (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. 1991).

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 διπλών (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. 3-9).

- 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, ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. 1997), μας φανερώνει μια περιστροφή, τόσο της μακροδομής του Κορινθιακού κόλπου όσο και του μεγάλου ρηξιτεμάχους της Πελοποννήσου, περί οριζόντιο άξονα Α-Δ διεύθυνσης και φορά προς Νότο (Εικ. 3-9α).
- 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 Ονείων, Μαύρης Ωρας, Αραχναίου και οι λεκάνες που παρεμβάλλονται ανάμεσα), περί οριζόντιο άξονα Α-Δ 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 Α-Δ διεύθυνσης (Εικ. 3-9b).
- Άλλο ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι αυτό της λεκάνης των Μεγάρων και των τεκτονικών κεράτων των Γερανείων και του Πατέρα, αλλά και αυτό του βυθίσματος του Θριάσιου Πεδίου και του τεκτονικού κέρατος της Πάρνηθας όπου ο ποσοτικός προσδιορισμός του συνολικού κατακόρυφου άλματος των ρηξιγε



**Εικ. 3-8.** Το κινηματικό πρότυπο των μακροδομών Αττικής και Νότιας Εύβοιας.

νών ζωνών μας φανερώνει μία πολύπλοκη ασυμμετρία των μακροδομών με περιστροφές περί οριζόντιο άξονα, τόσο προς Νότο όσο και προς τα νοτιοανατολικά (Εικ. 3-9c).

- Από την περιοχή της 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 ΑΝΑ-ΔΒΔ διεύθυνσης, των επί μέρους ρηξιτεμαχών που καθορίζουν οι κλιμακωτές ρηξιγενείς ζώνες με διεύθυνση ΕSΑ-ΔΝW (Εικ. 3-9d).

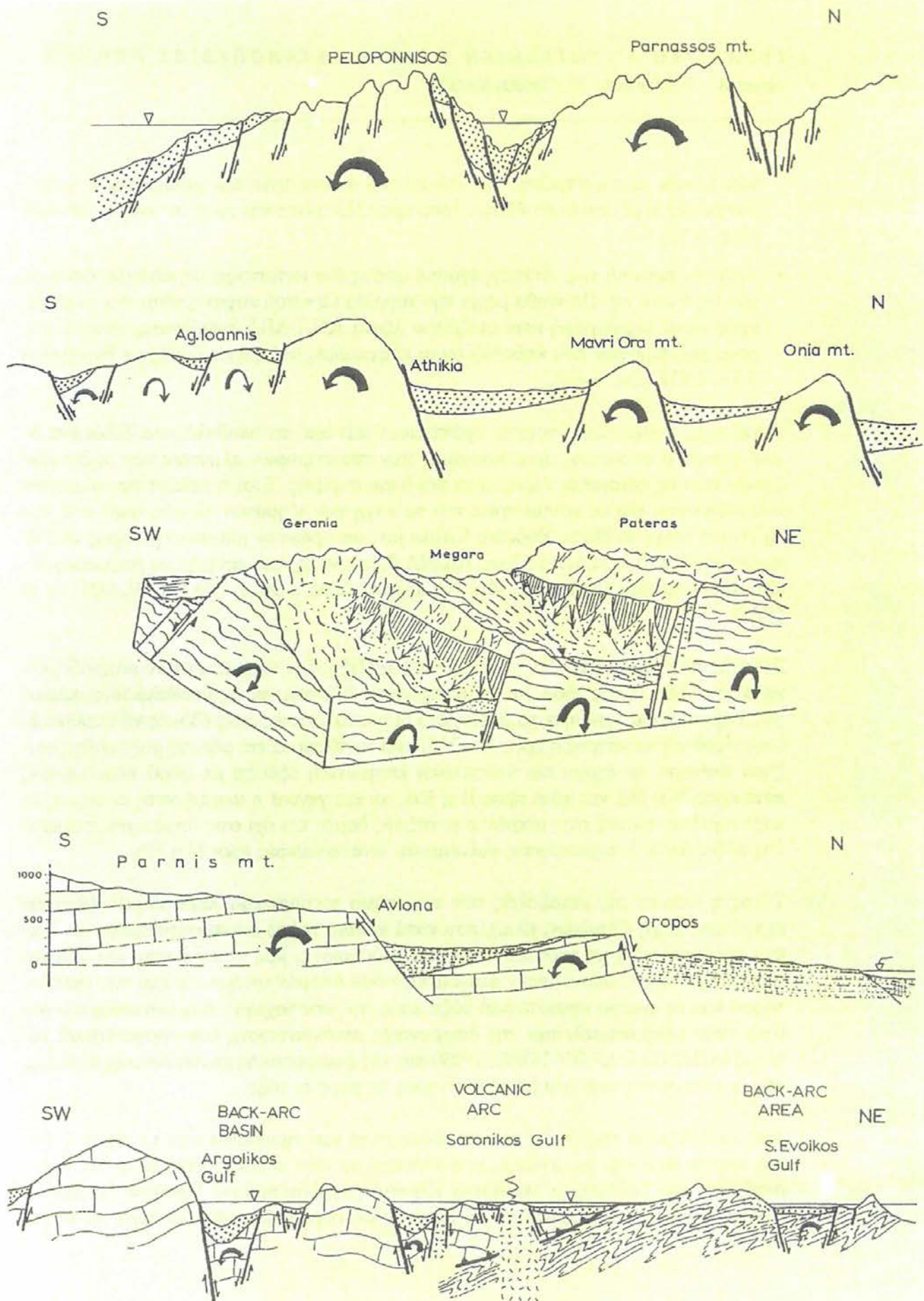
Αντίστοιχα κινηματικά στοιχεία προκύπτουν και από τα υποθαλάσσια δεδομένα όπου φυσικά ο ποσοτικός προσδιορισμός των κατακορύφων αλμάτων των ρηξιγενών ζωνών από τις σεισμικές τομές είναι πολύ πιο ακριβής. Έτσι η μελέτη των αλμάτων των ρηγμάτων και οι ασυμμετρίες και τα πάχη των ιζημάτων σε μία τομή από τον Αργολικό μέχρι το Νότιο Ευβοϊκό Κόλπο μας φανερώνουν μία σταθερή προς τα SW περιστροφή, περί οριζόντιο άξονα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης, των επί μέρους ρηξιτεμαχών, είτε πρόκειται για βυθίσματα είτε για κέρατα (Εικ. 3-9e, PAPANIKOLAOU et al 1988).

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 Ν ή ΝΔ, ενώ αντίθετα τα επί μέρους ρηξιτεμάχια στη ξηρά φαίνεται να έχουν πιο πολύπλοκη κινηματική εξέλιξη με φορά περιστροφής πότε προς Ν ή ΝΔ και πότε προς Β ή ΒΑ, αν και γενικά η μεικτή αυτή ασυμμετρία παρατηρείται κυρίως στις μικρότερης τάξεως δομές και όχι στις δομές (ρηξιτεμάχια) 1ης τάξης όπου οι περιστροφές φαίνεται ότι είναι σταθερές προς Ν ή ΝΔ.

Τέλος η μελέτη της μεταβολής των παραπάνω κινηματικών παραμέτρων (άλματα ρηγμάτων, πάχη ιζημάτων, κλπ.), 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





**Εικ. 3-9.** Κινηματική ανάλυση με περιστροφές περί οριζόντιο άξονα για τα επιμέρους ρηξιτεμάχη των τριών Τομέων I, II και III.

ιζήματα (λεκάνη Μεγάρων), για να καταλήξουμε σε λεκάνες με κυρίως χερσαία και λιμναία ιζήματα (Θριάσιο Πεδίο, λεκάνη Ασωπού ποταμού).

Από τα υποθαλάσσια δεδομένα η μεταβολή αυτή στο βαθμό της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης είναι πολύ πιο 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. 3-9ε, 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 μεταλπικών 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.

### Παρατηρήσεις στη δυναμική ανάλυση

Από το σύνολο των ανωτέρω 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". Εξάλλου:

- 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 διπλών σε μεγασκοπική κλίμακα που αντιπροσωπεύουν μορφές κατακόρυφης διάτμησης (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ 1975, ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1987),
- iii) το πρότυπο ρηξιγενούς παραμόρφωσης σε ήδη διερρηγμένη 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 νεώτερα δεδομένα όπως, in situ μετρήσεις του εντατικού πεδίου (PAQUIN et al 1982), πα-

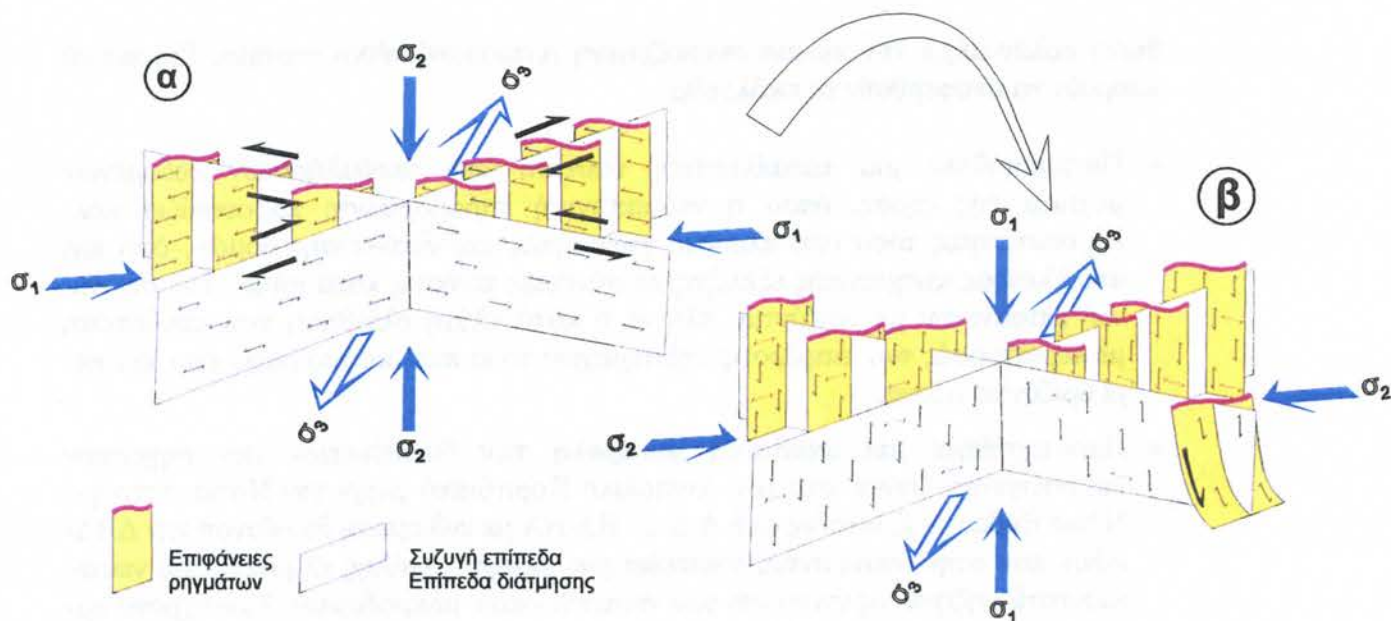
λαιομαγνητικά δεδομένα για το Νεογενές-Τεταρτογενές (LAJ et al 1982), μηχανισμοί γένεσης των σεισμών (Mc KENZIE 1972,1978, RITSEMA 1974, DRAKOPOULOS & DELIBASIS 1982, PAPAZACHOS et al 1984), και τέλος μετρήσεις της μεταβολής του ηλεκτρικού πεδίου στο Ελληνικό τόξο που επάγονται από μαγνητοτελουρικές διαταραχές (LAZARIDOU-VAROTSOU & PAPANIKOLAOU 1987), προϋποθέτουν την ύπαρξη πιο σύνθετων εντατικών πεδίων με διάτμηση και περιστροφή 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  $\sigma_2$  κατακόρυφο ή περίπου κατακόρυφο (ανάλογα με το αν οι ρηξιγενείς επιφάνειες είναι κατακόρυφες ή κεκλιμένες), και ένα  $\sigma_1$  και  $\sigma_3$  περίπου οριζόντιους με διαφορετική φυσικά διεύθυνση για κάθε τομέα (Εικ. 3-10a).

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  $\sigma_1$  παίρνει η  $\sigma_2$  και το αντίθετο (Εικ. 3-10b).

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





**Εικ. 3-10.** Δυναμική ανάλυση και διαχρονική μεταβολή του τοπικού εντατικού πεδίου που ισχύει και για τους τρεις Τομείς (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ και συν. 1990).

(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-κνίκ) 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.

### Συζήτηση - Συμπεράσματα

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 Κοριν-



θιακό 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 Νότια Αττική – Νότια Εύβοια – Κυκλάδες από Α-Δ σε ΒΔ-ΝΑ με ενδιάμεση διεύθυνση την ΔΒΔ-ΑΝΑ 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 ΒΒΔ-ΝΝΑ διεύθυνση στην περιοχή του Κορινθιακού σταδιακά μεταπίπτουν σε ΒΑ-ΝΔ 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 Α-Δ και έντονη δραστηριότητα σε αυτά με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και ασθενή δραστηριότητα. Τα γεγονότα αυτά πρέπει να συνδέονται άμεσα με την **αναθώλωση** που παρατηρείται στην περιοχή της Αττικοκυκλαδικής (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 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 ενοτή-

των της Αν.Ελλάδας (KATSIKATSOS et al 1976, PAPANI-KOLAOU 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, κλπ.) 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  $\sigma_1$  και  $\sigma_2$  μεταξύ τους με σταθερό τον  $\sigma_3$ , 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 ανυκτά προβλήματα.
  - Εστιάζοντας την προσοχή μας στην περιοχή του λεκανοπεδίου και με βάση την ανάλυση που έγινε στα προηγούμενα εξάγεται το συμπέρασμα ότι η συγκεκριμένη περιοχή (Τομέας II) παρουσιάζει μικρότερη νεοτεκτονική παραμόρφωση –και άρα και αναμενόμενη σεισμικότητα– σε σχέση με την περιοχή του Ανατολικού Κορινθιακού (Τομέας I). Η μειωμένη αυτή νεοτεκτονική παραμόρφωση εξάλλου επικυρώνεται και από τη σημερινή θέση της περιοχής σε σχέση με το σημερινό ενεργό ηφαιστειακό τόξο.

### **Σεισμικά σενάρια με βάση τη σημερινή ενεργό τεκτονική**

Με βάση όσα αναφέρθηκαν στα προηγούμενα, για τις κυριότερες περιοχές που περιβάλλουν το Λεκανοπέδιο και "φιλοξενούν" στο χώρο τους σεισμικά και ενεργά ρήγματα, αλλά λαμβάνοντας υπόψη και ορισμένες άλλες περιπτώσεις πιο απομακρυσμένων σεισμογόνων χώρων, που μπορεί να επηρεάσουν το Λεκανοπέδιο, μπορούν να γίνουν ορισμένες παρατηρήσεις για την πιθανή επίδραση που μπορεί να έχει η δραστηριοποίηση κάποιων ρηγμάτων, από συγκεκριμένους γεωδυναμικούς χώρους, στο πολυεδομικό συγκρότημα των Αθηνών.

Δεδομένου, λοιπόν, ότι οι τοπικές εδαφικές συνθήκες είναι μια σταθερή παράμετρος, ενώ, αντίθετα, η γένεση του σεισμού εξαρτάται από ποιο ρήγμα, σε ποια απόσταση,

σε ποιο βάθος και με ποιο μηχανισμό γένεσης θα δραστηριοποιηθεί, είναι δυνατό να διαμορφωθούν "σεισμικά σενάρια" για το Λεκανοπέδιο.

Υποθέτοντας ότι είναι πιθανό να ενεργοποιηθεί ένα συγκεκριμένο ρήγμα, το οποίο μπορεί να δώσει ένα συγκεκριμένο μέγεθος σεισμού και με συγκεκριμένο μηχανισμό γένεσης, που κατά κανόνα είναι γνωστός από την προηγούμενη τεκτονική του ιστορία, είναι δυνατό, γνωρίζοντας τη γενική γεωλογική και τεκτονική δομή της ευρύτερης περιοχής και έχοντας τα λεπτομερή στοιχεία από μια μικροζωνική μελέτη, να εκτιμηθεί η συμπεριφορά των διαφόρων εδαφικών ζωνών στο συγκεκριμένο σεισμό από το συγκεκριμένο ρήγμα και, επομένως, να εκτιμηθούν οι ενδεχόμενες ζημιές στις κατασκευές.

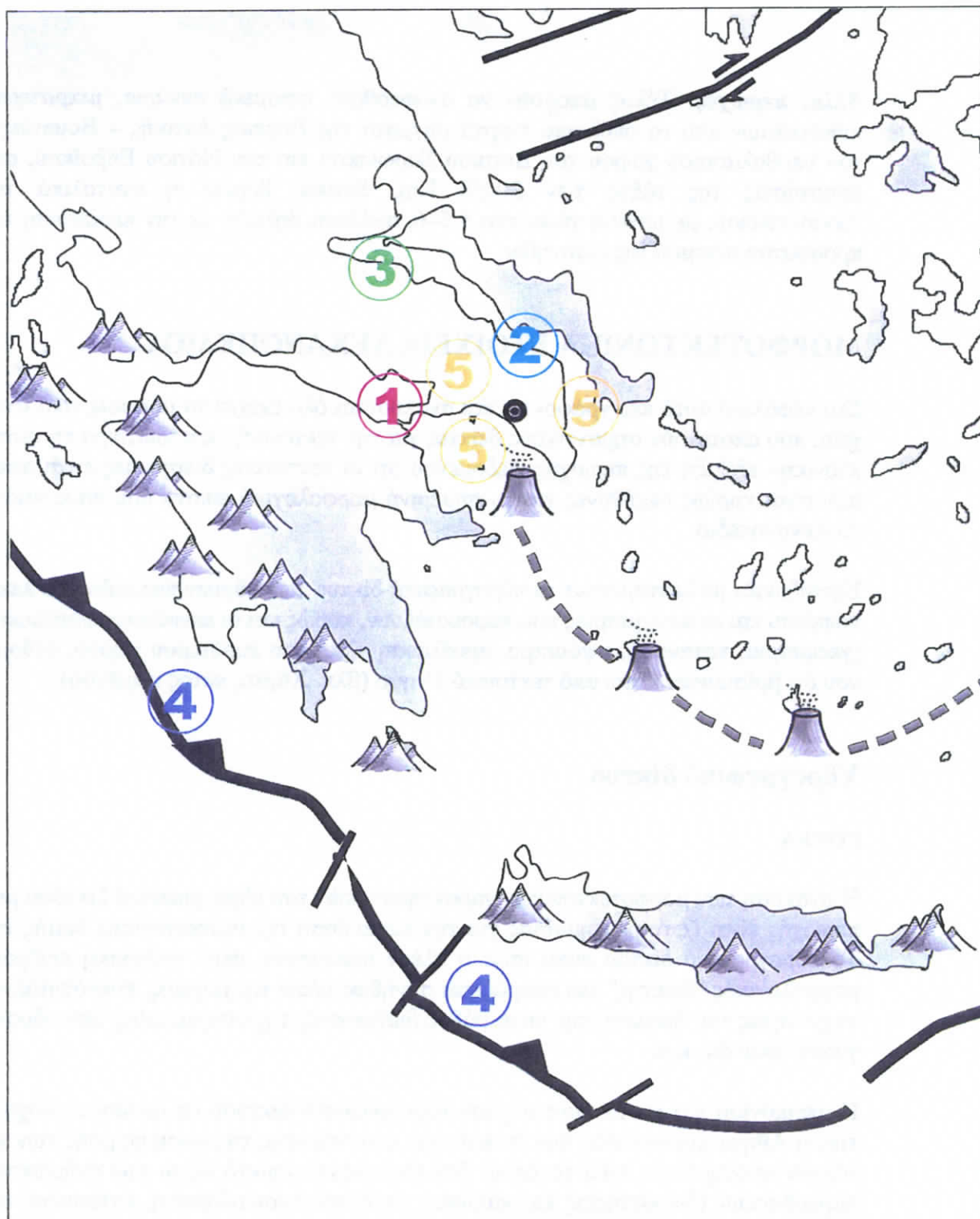
Στην περίπτωση του Λεκανοπεδίου, είναι δυνατό να διερευνηθούν συγκεκριμένα σεισμικά σενάρια με βάση τα μεγάλα ρήγματα και ρηξιγενείς ζώνες που την απειλούν, για καθένα από τα οποία αναμένονται διαφορετικές εντάσεις και μάλιστα όχι κατ' ανάγκη με ομοιόμορφη αυξομείωση στις εδαφικές ζώνες. Τα σενάρια αυτά είναι τα ακόλουθα (Εικ. 3-11):

**Ανατολικός Κορινθιακός:** Το πιο πιθανό σενάριο είναι ένας επιφανειακός σεισμός από την περιοχή Κορίνθου – Λουτρακίου, σε απόσταση 70 περίπου Km ανατολικά του Λεκανοπεδίου, με μέγεθος γύρω στο 6,5, όπως δηλαδή η περίπτωση του 1981. Αν υπάρχουν επαρκή στοιχεία από μικροζωνική μελέτη θα μπορούσαμε να διαπιστώσουμε σε ποιες ζώνες αναμένονται εντάσεις VII, VIII ή και IX της κλίμακας Mercalli.

**Ωρωπός:** Δεύτερο σενάριο θα μπορούσε να είναι η περίπτωση του ρήγματος του Ωρωπού, σε απόσταση περίπου 50 Km βόρεια, με μέγεθος γύρω στο 6, όπως δηλαδή ο σεισμός του 1938, ο οποίος αντίστοιχα μπορεί να δώσει σε κάποιες ζώνες εντάσεις VI, VII ή και VIII.

**Αταλάντη:** Τρίτο σενάριο είναι η περίπτωση του ρήγματος της Αταλάντης, σε απόσταση 120 Km ΒΒΔ του Λεκανοπεδίου, με μέγεθος γύρω στο 7, όπως η περίπτωση του μεγάλου σεισμού το 1894, που αντίστοιχα μπορεί να επηρεάσει μερικές ζώνες.

**Ελληνική τάφρος:** Τέταρτο είναι ένα άλλο πιο δύσκολο σενάριο, λόγω της μεγάλης απόστασης και της μη λεπτομερούς γνώσης του ελληνικού φλοιού σε όλη του την έκταση, που είναι σεισμός μεγέθους 7,5 από την Ελληνική τάφρο, σε απόσταση, δηλαδή, 300–400 Km ΝΔ ή Ν του Λεκανοπεδίου, ο οποίος μπορεί να επηρεάσει συγκεκριμένους τύπους κτιρίων σε συγκεκριμένες ζώνες, όπως π.χ. έγινε στην περίπτωση της πόλης του Μεξικού (1985), όπου επλήγησαν μόνο συγκεκριμένα πολυώροφα κτίρια που ήταν κτισμένα σε μια παλιά λίμνη.



**Εικ. 3-11.** Οι κυριότεροι σεισμογόννοι χώροι, με σεισμικά και ενεργά ρήγματα, που μπορεί να πλήξουν το Λεκανοπέδιο.



**Άλλες περιοχές:** Τέλος μπορούν να αναφερθούν σεισμικά σενάρια, μικρότερων πιθανοτήτων από τα υπόλοιπα ενεργά ρήγματα της Βόρειας Αττικής – Βοιωτίας ή του υποθαλάσσιου χώρου του Δυτικού Σαρωνικού και του Νότιου Ευβοϊκού, από αποστάσεις της τάξης των 30–50 Km, δυτικά, βόρεια ή ανατολικά του Λεκανοπεδίου, με μεγέθη γύρω στο 5,5–6, ανάλογα δηλαδή με την περίπτωση του πρόσφατου σεισμού της Πάρνηθας.

## ΜΟΡΦΟΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΕΚΑΝΟΠΕΔΙΟΥ

Στο κεφάλαιο αυτό περιγράφονται και αναλύονται όλα εκείνα τα μορφολογικά στοιχεία, που αποτελούν σημαντικούς δείκτες για την τεκτονική –και ιδιαίτερα τη νεοτεκτονική– εξέλιξη της περιοχής, δεδομένου ότι οι τεκτονικές διεργασίες είναι αυτές που είναι κυρίως υπεύθυνες για τη σημερινή μορφολογική εικόνα που παρουσιάζει το Λεκανοπέδιο.

Εξετάζονται με λεπτομέρεια τα υδρογραφικά δίκτυα των κύριων ποταμών του λεκανοπεδίου και οι ασυμμετρίες που παρουσιάζουν, καθώς και οι επιφάνειες επιπέδωσης (γεωμετρία, κατανομή, υψόμετρο, προέλευση κλπ.) του ευρύτερου χώρου, δεδομένου ότι βρίσκονται κάτω από τεκτονικό έλεγχο (βλ. Χάρτες εκτός κειμένου).

## Υδρογραφικό δίκτυο

### ΓΕΝΙΚΑ

Η ανάλυση των μορφοτεκτονικών χαρακτηριστικών του υδρογραφικού δικτύου μιας περιοχής είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση της νεοτεκτονικής δομής της. Το υδρογραφικό δίκτυο είναι ίσως ο πλέον ευαίσθητος στην τεκτονική επίδραση μορφολογικός "δείκτης" και εκφράζεται συνήθως μέσω της μορφής, πυκνότητας και συχνότητας του δικτύου, της κατά βάθος διάβρωσης, της ασυμμετρίας των υδρολογικών λεκανών, κ.α.

Η απεικόνιση και χαρακτηρισμός του υδρογραφικού δικτύου σε αστική περιοχή όπως η Αθήνα προϋποθέτει την δυνατότητα αναγνώρισης της φυσικής ροής των ποτάμιων συστημάτων, κάτι το οποίο δεν είναι πάντα εφικτό λόγω των ανθρώπινων παρεμβάσεων (διευθετήσεις και καλύψεις ρεμάτων, ανοικοδόμηση, κατασκευή οδικών αρτηριών, κ.ο.κ.).

Οι δραστηριότητες αυτές έχουν εξαλείψει μια σειρά ποιοτικών χαρακτήρων των ποταμών που θα χρησίμευαν στην εξαγωγή συμπερασμάτων αναφορικά με τη επήρεια

της τεκτονικής στη ροή του ποταμού, αλλά και γενικότερα, στο να υπάρχει ολοκληρωμένη εικόνα για τη μορφή του υδρογραφικού δικτύου. Για να υπερπηδηθεί το εμπόδιο αυτό, έγινε χρήση των αεροφωτογραφιών της Γ.Υ.Σ., με έτη λήψης τα 1938-39 και σε κλίμακα 1:18.000, ώστε να γίνει δυνατή η αποτύπωση του δικτύου πριν την ανθρώπινη παρέμβαση. Δυστυχώς, ακόμη και στην περίπτωση αυτή, συχνά η ποιότητα των αεροφωτογραφιών είναι κακή και η παρατήρηση αδύνατη, ενώ δεν είναι καλυμμένο το λεκανοπέδιο στο σύνολό του. Σε αυτές τις περιπτώσεις έγινε χρήση αεροφωτογραφιών μεταγενέστερων λήψεων, πλην όμως η ανοικοδόμηση είχε σε πολλές περιπτώσεις εξαλείψει σε πολλές περιοχές τη φυσική ροή του ποτάμιου συστήματος.

Σημειωτέον επίσης ότι στις περιοχές όπου τα ποτάμια συστήματα αναπτύσσονται επί αποθέσεων κλιτύων (ριπίδια, κώνοι, πλευρικά κορήματα) το δίκτυο είναι συνήθως διαλείπων, και συχνά με πεπλεγμένες κοίτες, καθιστώντας δύσκολη την ιχνηθέτηση της επιφανειακής ροής. Τούτο συμβαίνει τόσο στο ριπίδιο των Θρακομακεδόνων, όσο και σε αυτό της Γλυφάδας και σε μικρότερο βαθμό στις ανατολικές υπώρειες του Αιγάλεω.

#### **ΚΗΦΙΣΟΣ ΠΟΤΑΜΟΣ**

Ο ποταμός Κηφισός είναι 5<sup>ης</sup> τάξης κατά Horton με έκταση υδρολογικής λεκάνης περίπου 370 km<sup>2</sup> και αποστραγγίζει το 85% του λεκανοπεδίου. Η ροή του είναι αξονική, με καλά αναπτυγμένο κεντρικό κλάδο. Δεν παρουσιάζει σημαντικές ιδιαιτερότητες που να φανερώνουν τεκτονικό έλεγχο στη ροή του, τουλάχιστον άμεσα. Η μορφή του υδρογραφικού δικτύου του είναι συνολικά δενδριτική, με λίγες τοπικές διαφοροποιήσεις στις υπώρειες της Πάρνηθας και της Πεντέλης, όπου είναι επιμήκης δενδριτική.

Στην περιοχή Αχαρνών ("Λίμνη") η ροή είναι διαλείπουσα και δεν υπάρχει σαφώς εκφρασμένο υδρογραφικό δίκτυο. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει, σε μικρότερο βαθμό στην περιοχή Αμαρουσίου – Φιλοθέης. Η δε συμμετρία στη ροή του διαταράσσεται εν μέρει από την ανάπτυξη της υδρολογικής λεκάνης του Ιλισσού στα ΝΑ. Το σημείο αυτό θα αναλυθεί παρακάτω και σε συνδυασμό με τα δύο αξιοσημείωτα χαρακτηριστικά του ποτάμιου συστήματος του Κηφισού που αναπτύσσονται στη συνέχεια.

Το πρώτο αφορά την κεντρική του κοίτη, που ρέει από ΒΒΑ προς ΝΝΔ, αξονικά όπως προαναφέρθηκε στο λεκανοπέδιο, και η οποία από τα ανάντη ρέει μαιανδρικά, διαβρώνοντας, τόσο τις νεογενείς αποθέσεις του λεκανοπεδίου, όσο και τις τεταρτογενείς αναβαθμίδες του ποταμού. Η μαιανδρική μορφή της κοίτης όμως διακόπτεται απότομα περί τα 5 Km πριν την εκβολή του στο Σαρωνικό κόλπο. Στην περιοχή αλλαγής της μορφής της κοίτης, και πριν την είσοδο του ποταμού στο καθεαυτό αλ-

λουβιακό πεδίο, σημειώνεται έντονη κατά βάθος διάβρωση, ενώ δεν εντοπίζονται αποθέσεις αναβαθμίδων. Πέραν αυτού του σημείου και προς τα κατάντη ο ποταμός δεν έχει σαφώς εκφρασμένη ροή, με διαλείπουσες κοίτες, ενίοτε πεπλεγμένες (braided), ρέοντας σε περιοχή καλυπτόμενη από εποχιακά έλη και τέλματα. Εννοείται ότι τα παραπάνω αναφέρονται στη φυσική κατάσταση του ποταμού, πριν τις ανθρώπινες παρεμβάσεις.

Το δεύτερο αφορά τον κύριο παραπόταμο του Κηφισού τον Ποδονίφτη, που αποτελεί συνέχεια του "ρέματος Χαλανδρίου". Ο συγκεκριμένος κλάδος πηγάζει από την Πεντέλη με κατεύθυνση προς τα ΝΝΑ. Στο ύψος της Φιλοθέης κάμπτεται κατά ορθή γωνία προς ΔΒΔ, ακολουθώντας τους βόρειους πρόποδες των Τουρκοβουνίων και αφού διανύσει μια απόσταση περί τα 4 km κάμπτεται εκ νέου προς ΝΝΑ πριν συμβάλει με τον Κηφισό. Αποθέσεις αναβαθμίδας για τον κλάδο αυτό εντοπίζονται κυρίως εντός του Χαλανδρίου.

Τα δύο παραπάνω σημεία συνδυαζόμενα συνηγορούν υπέρ της άποψης για την ύπαρξη ενός "φράγματος" το οποίο κατά κάποιον τρόπο είχε εγκλωβίσει τον ποταμό στο βόρειο τμήμα του τωρινού λεκανοπεδίου, δημιουργώντας ένα βασικό επίπεδο σε υψόμετρο περί τα 100–140 μ. ψηλότερα από το σημερινό. Κατά την περίοδο ύπαρξης αυτού το βασικού επιπέδου ο ποταμός είχε αποκτήσει σχετική ισορροπία, γεγονός που αντανακλάται στη μαιανδρική μορφή και τις αποθέσεις αναβαθμίδων του.

Σε κάποια χρονική περίοδο όμως, πιθανά κατά το Μέσο Πλειστόκαινο, το φράγμα αυτό διασπάστηκε και ο Κηφισός έπρεπε να προσαρμοστεί σε νέο, χαμηλότερο βασικό επίπεδο. Έτσι, άρχισε να διαβρώνει τις αποθέσεις του, όπου αυτές υπήρχαν, ή το νεογενές ή προ-νεογενές υπόβαθρο, όπου δεν υπήρχαν αποθέσεις του ποταμού.

Η κάμψεις του Ποδονίφτη επίσης συναρτώνται με την ύπαρξη ενός «φράγματος», το οποίο παρεμπόδιζε την περαιτέρω ροή του κλάδου προς ΝΝΑ και τη συμβολή του με τον Ιλισό. Έτσι ο ποταμός, συναντώντας τον όγκο των Τουρκοβουνίων τον παρακάμπτει από τα ΒΔ. Η παράκαμψη αυτή πιθανότατα οφείλεται στη λιθολογική διαφορά μεταξύ των ευδιάβρωτων νεογενών σχηματισμών και των πιο ανθεκτικών ανωκρητιδικών στ Τουρκοβούνια.

Η λιθολογική αυτή διαφορά με τη σειρά της πιθανόν οφείλεται στη ύπαρξη ρήγματος – ρηξιγενούς ζώνης με διεύθυνση περίπου ΔΒΔ-ΑΝΑ και η οποία κατεβάζει το βόρειο της τέμαχος, δημιουργώντας την πεδινή περιοχή Αμαρουσίου – Χαλανδρίου, όπου αναπτύσσεται το ομώνυμο ρέμα. Η δεύτερη κάμψη του ποταμού φαίνεται να ταυτίζεται με το ρήγμα Ν. Φιλαδέλφειας – Ν. Χαλκηδόνας, διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ, το οποίο αναπτύσσεται περίπου πάνω στο ίχνος της μεγάλης τεκτονικής επαφής που διατρέχει το λεκανοπέδιο.