

## ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΠΑΡΝΗΘΑΣ

Χατούπης Θ. και Φουντούλης Ι.

*Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής – Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, fountoulis@geol.uoa.gr*

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Για την κατανόηση της νεοτεκτονικής εξέλιξης της Β. Πάρνηθας πραγματοποιήθηκε λεπτομερής γεωλογική, τεκτονική-μορφοτεκτονική μελέτη στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης του Βοιωτικού Α-σσωπού στις βόρειες παρυφές της Πάρνηθας. Η μορφοτεκτονική ανάλυση έδωσε μια εικόνα ενός νέου υδρογραφικού δικτύου με επιμέρους ανωμαλίες που εστιάζονται κυρίως σε φαινόμενα “πειρατείας” και απότομες κάμψεις κλάδων. Οι τοπογραφικές τομές κατά μήκος των κύριων κλάδων της περιοχής και ο συσχετισμός των ροδωγραμμάτων διεύθυνσης των επιμέρους ρηγμάτων και κλάδων του δικτύου, φανερώνουν μια σαφή επιρροή του ρηξιγενούς ιστού (διεύθυνσης Α-Δ έως ΔΒΔ-ΑΝΑ) στο υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής (διεύθυνσης Α-Δ και Β-Ν), η οποία συνοδεύεται από φαινόμενα έντονης κατά βάθος διάβρωσης εγκάρσια στις μεγάλες νεοτεκτονικές ρηξιγενείς ζώνες. Η σημερινή δεξιόστροφη συνιστώσα ολίσθησης των κύριων ρηξιγενών ζωνών Μαλακάσας – Αυλώνας και Ωρωπού - Μήλεσι, αλλά και των μικρότερης τάξης ρηγμάτων, έχει επηρεάσει σε σημαντικό βαθμό τον αλπικό τεκτονικό ιστό της περιοχής, καθορίζοντας σε ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση τη σημερινή εξάπλωση της ανωκρητιδικής επίκλυσης και αλλάζοντας τη διεύθυνση των αξόνων των πτυχών του φλύσχη. Η γεωγραφική τέλος κατανομή των επιφανειών επιπέδωσης, σε συνδυασμό με τη κλιμακωτή παρουσία πλαγιοκανονικών ρηγμάτων ΔΒΔ-ΑΝΑ διεύθυνσης, φανερώνουν μια σύνθετη κινηματική εξέλιξη για το σύνολο των επιμέρους ρηξιγεμαχών, με κύρια χαρακτηριστικά τη σταδιακή ταπείνωση του αναγλύφου προς βορρά και την ταυτόχρονη περιστροφή της ορεινής νότιας περιοχής προς τα ΔΒΔ και του πεδινού ΒΑ τμήματος προς τα ΝΝΔ.

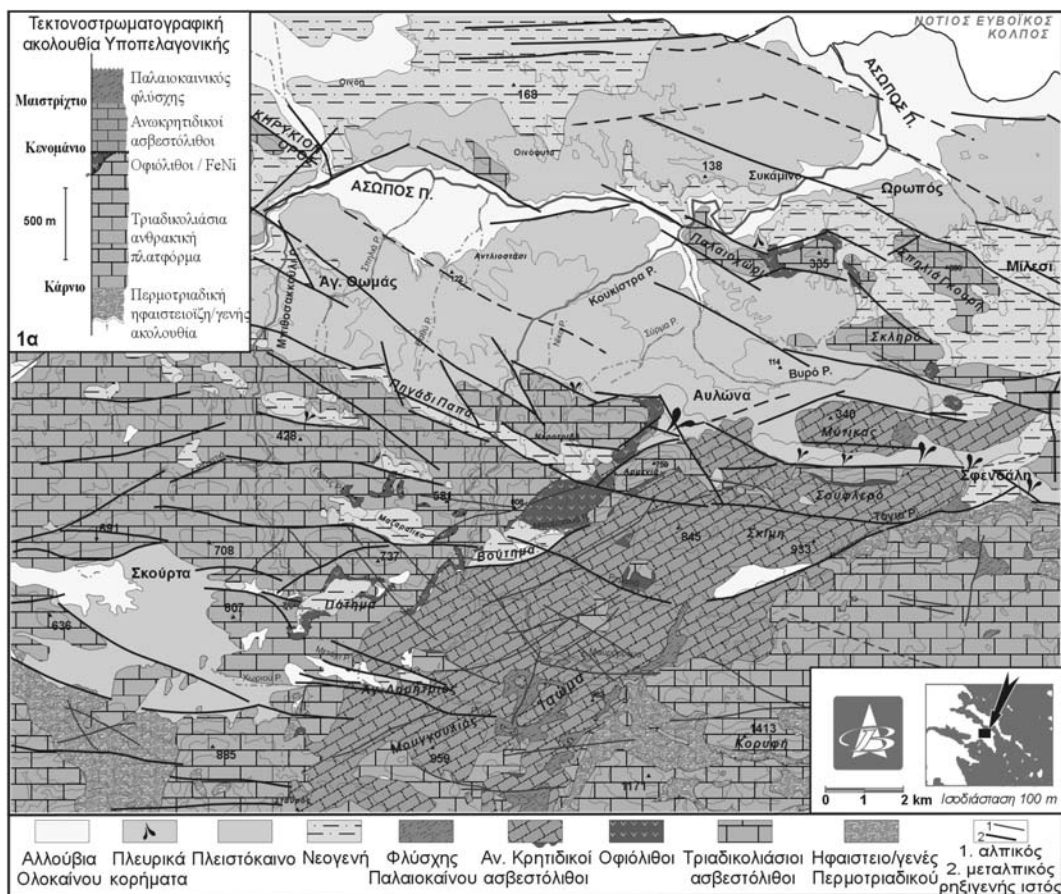
### 1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σύνθετος νεοτεκτονικός ρηξιγενής ιστός της βόρειας Πάρνηθας χαρακτηρίζεται από μια κλιμακωτή παρουσία υποπαράλληλων ρηγμάτων ΔΒΔ-ΑΝΑ διεύθυνσης, η οποία έχει καθορίσει σε σημαντικό βαθμό τη μορφή του υδρογραφικού δικτύου της ανατολικής λεκάνης του Βοιωτικού Α-σσωπού. Η σταδιακή αλλαγή της γεωμετρίας του αλπικού τεκτονικού ιστού που διαπιστώνεται κυρίως στα ιζήματα της ανωκρητιδικής επίκλυσης από νότο προς βορρά και που ταυτίζεται με μια μικρή αλλαγή της διεύθυνσης των νεοτεκτονικών ρηγμάτων, αποτέλεσε αφορμή μιας συστηματικής μορφοτεκτονικής ανάλυσης, η οποία συνδυάστηκε με μια λεπτομερή γεωλογική χαρτογράφηση υπαίθρου. Η περιοχή της έρευνας εντοπίζεται 40km βόρεια της Αθήνας, με τις μορφοτεκτονικές παραμέτρους να εξετάζονται στην ευρύτερη περιοχή της ανατολικής λεκάνης του Β. Ασσωπού, ενώ την αναλυτική εργασία υπαίθρου να εστιάζεται στο κεντρικό τμήμα μεταξύ Αυλώνας – Μαλακάσας – Μήλεσι και Συκάμινου.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν ο καθορισμός των επιμέρους μορφοτεκτονικών ενοτήτων και στη συνέχεια η νεοτεκτονική παραμόρφωση του αλπικού τεκτονικού ιστού, με κοινή συνισταμένη των δύο παραπάνω την προσέγγιση της κινηματικής και δυναμικής εξέλιξης των επιμέρους νεοτεκτονικών δομών της ευρύτερης περιοχής. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιελάμβανε: i) γεωλογική χαρτογράφηση σε κλίμακα 1/5.000, ii) μορφοτεκτονική ανάλυση και μορφομετρία του υδρογραφικού δικτύου, των επιφανειών επιπέδωσης και της κατά βάθος διάβρωσης, με τη χρήση των τοπογραφικών χαρτών της Γ.Υ.Σ. κλίμ. 1/50.000, iii) καταγραφή και συστηματική γεωμετρική ανάλυση των επιμέρους κινηματικών δεικτών των νεοτεκτονικών δομών, v) συνδυασμό μορφοτεκτονικής ανάλυσης, γεωλογικών και νεοτεκτονικών παρατηρήσεων υπαίθρου στην προσπάθεια κατανόησης της νεοτεκτονικής εξέλιξης της ευρύτερης περιοχής.

## 2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η περιοχή της έρευνας δομείται ως επί το πλείστον από αλπικούς σχηματισμούς της ενότητας της Ανατολικής Ελλάδας και συγκεκριμένα της Υποπελαγονικής, με τις μεταλλικές αποθέσεις να περιορίζονται στο βόρειο πεδινό τμήμα της λεκάνης του Βοιωτικού Ασωπού. Πιο συγκεκριμένα διαπιστώθηκε μια ασυνεχής στρωματογραφική ακολουθία (Σχ 1α), στη βάση της οποίας συναντά κανείς: το σχετικά αυτόχθονο σχηματισμό της Πάρνηθας με το ηφαιστειοϊζηματογενές σύμπλεγμα του Περμοτριάδικου, στη συνέχεια τους δολομίτες και ασβεστόλιθους του Τριαδικολιάσιου, στους οποίους επικάθεται κατά θέσεις η σχιστοψαμμιτοκερατολιθική ακολουθία του Ιουρασικού, το επωθημένο οφιολιθικό σύμπλεγμα, την ασυμφωνία των Ανωκρητιδικών ασβεστόλιθων με την κατά θέσεις παρουσία FeNi μεταλλεύματος και τέλος την παρουσία του Παλαιοκαινικού φλύσχη που κλείνει την αλπική στρωματογραφική σειρά.



Σχήμα 1. Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης.

Στον γεωλογικό χάρτη κλίμακας 1/50.000 (Σχ. 1) που παρά τις μικρές τροποποιήσεις βασίζεται στους χάρτες των Δούνα κ.α. (1978) και στο φύλλο ΑΘΗΝΑΙ – ΕΛΕΥΣΙΣ του ΙΓΜΕ (Κασιμάτσος κ.α. 1986), διαπιστώνεται ο σημαντικός ρόλος του νεοτεκτονικού ρηξιγενούς ιστού τόσο στις θέσεις εμφάνισης των μεταλλικών αποθέσεων όσο και στην εξάπλωση των επιμέρους αλπικών στρωματογραφικών ενότητων. Στην ορεινή μορφοτεκτονική ενότητα στο νότιο τμήμα του χάρτη, οι νεογενείς αποθέσεις περιορίζονται στα επιμέρους νεοτεκτονικά βυθίσματα των Σκούρτων, Βούτημα, Πάτημα, Πηγάδι Πατά διεύθυνσης περίπου Α-Δ, με την γεωλογική εικόνα να αντιστρέφεται βόρεια στην πεδινή μορφοτεκτονική ενότητα, όπου η παρουσία του αλπικού υποβάθρου περιορίζεται κατά μήκος των νεοτεκτονικών κεράτων Μύτικα, Σπηλιάς Γκουρή – Παλαιοχωρίου και Κυρήκιου όρους, διεύθυνσης ΔΒΔ-ΑΝΑ έως ΒΔ-ΝΑ. Παράλληλα διαπιστώνεται η σημαντική επικράτηση των Τριαδικοϊ-

ουρασικών ανθρακικών στο μεγαλύτερο μέρος της ορεινής νότιας περιοχής, με το ηφαιστειοϊζηματογενές υπόβαθρο να περιορίζεται στο νότιο αλλά κυρίως ΝΑ τμήμα κατά μήκος του επιφανειακού υδροκρίτη, και τους ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους να παρουσιάζουν μια χαρακτηριστική ΒΑ-ΝΔ εξάπλωση στο κεντρικό τμήμα.

Το κύριο ενδιαφέρον της σύνθετης αλπικής τεκτονικής δομής, εστιάζεται: i) στην αλλαγή της διεύθυνσης των αξόνων των πτυχών του φλύσχη από ΒΒΑ-ΝΝΔ στην ορεινή περιοχή της Πάρνηθας (θέση Ίσωμα) σε ΑΒΑ-ΔΝΔ στο πεδινό τμήμα μεταξύ Σφενδάλης – Μαλακάσας (Χατούπης θ. 2003 & Μαριολάκος κ.α. 2001), ii) στην τεκτονική αποκόλληση των Τριαδικών δολομιτικών ασβεστόλιθων πάνω στην αυτόχθονη ηφαιστειοϊζηματογενή ακολουθία (νότια της Μαλακάσας), iii) στη μεγάλη εφίππευση των Ιουρασικών ασβεστόλιθων πάνω στο οφιολιθικό σύμπλεγμα (περιοχές Σκληρού, Μαυροβουνίου, Αυλώνας), η οποία χαρακτηρίζεται από αποσφηνώσεις του μαλακού υποβάθρου (μικρολεπίψεις), iv) στην απευθείας τεκτονική επαφή του Παλαιοκαινικού φλύσχη με το ηφαιστειοϊζηματογενές σύμπλεγμα του Περμοτριάδικου νότια της Σφενδάλης, και v) στην τεκτονική αποκόλληση των ρουδιστοφόρων ασβεστόλιθων πάνω σε ανθρακικά του Ιουρασικού ΝΑ της Αυλώνας. Πρόκειται για τρεις επιμέρους υπο-οριζόντιες τεκτονικές δομές που διακόπτουν τη συνέχεια της στρωματογραφικής ακολουθίας και που φαίνεται να έχουν επαναδραστηριοποιηθεί κατά το Νεογενές, γεγονός που αποδεικνύεται τόσο από τα γεωλογικά όσο και από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους (παράλληλα με τον μεταλλικό ρηξιγενή ιστό).

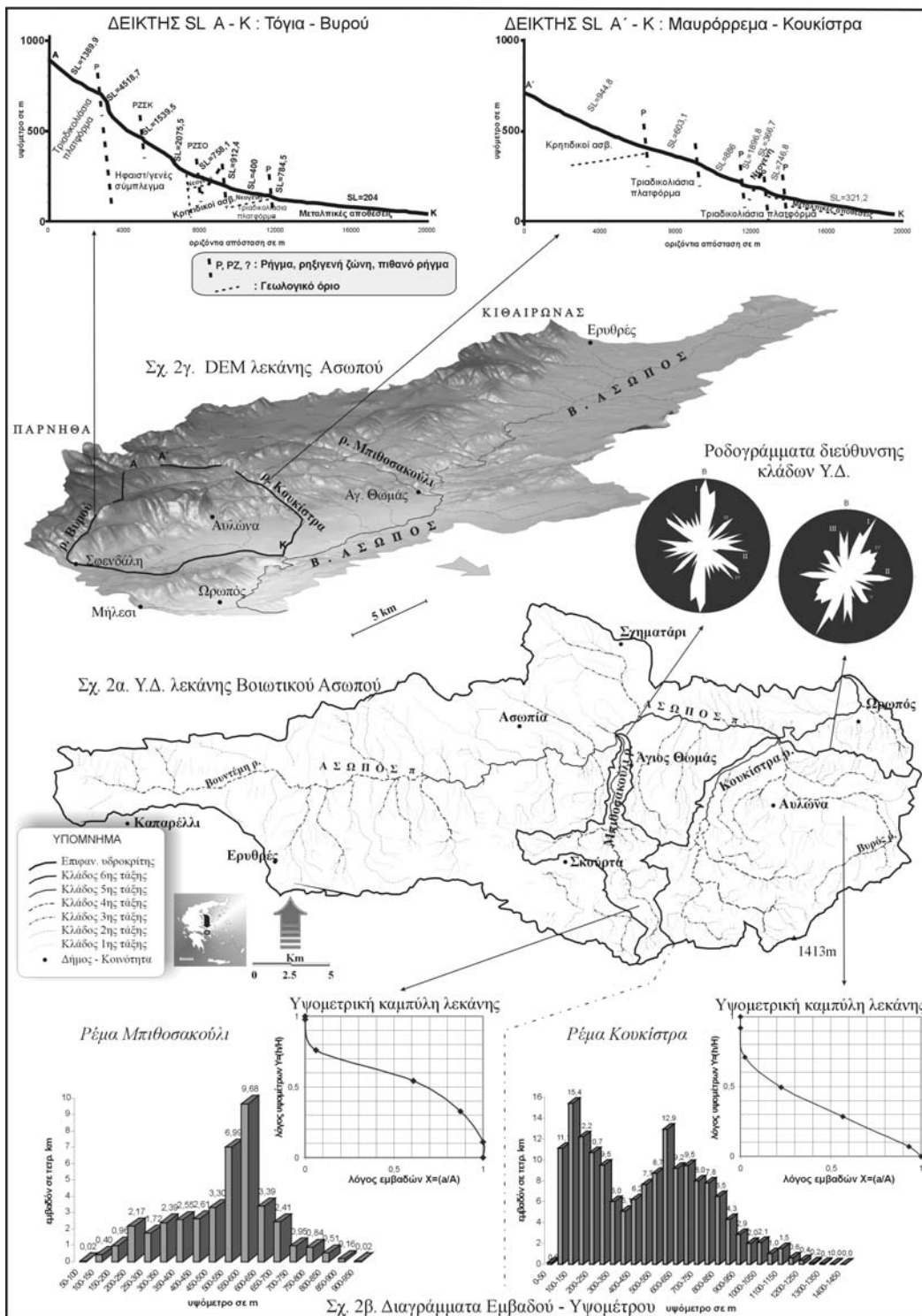
### 3 ΜΟΡΦΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ - ΜΟΡΦΟΜΕΤΡΙΑ

Η λεκάνη του Βοιωτικού Ασωπού με συνολική έκταση 690 km<sup>2</sup> περίπου και διεύθυνση ανάπτυξης περίπου Α-Δ, οριοθετείται νότια από το ορεινό σύστημα Πάρνηθας – Κιθαιρώνα, ενώ βόρεια συνορεύει με την λεκάνη του Βοιωτικού Κηφισού κατά μήκος μιας ημιορεινής λοφώδους περιοχής (Ψήλωμα κλπ). Ο κύριος κλάδος (6ης τάξης) που εκβάλλει στο Νότιο Ευβοϊκό χαρακτηρίζεται από μια μέση διεύθυνση ανάπτυξης Α-Δ, η οποία γίνεται προσωρινά ΒΑ-ΝΔ σε δύο κύρια σημεία βόρεια του Αγίου Θωμά και δυτικά του Ωρωπού (Σχ. 2α). Η μικρή ασυμμετρία του υδρογραφικού δικτύου στο δυτικό τμήμα της λεκάνης και βόρεια της κύριας κοίτης, ανατολικά δίνει τη θέση σε μια σαφώς ασύμμετρα ανάπτυξη της επιφανειακής απορροής σχεδόν αποκλειστικά νότια του κύριου κλάδου, με την ανάπτυξη των επιμέρους παραποτάμων 5<sup>ης</sup> τάξης Μπιθοσακούλι και Κουκίστρα.

Στη μορφομετρία των επιμέρους υπολεκανών 5ης τάξης για το ανατολικό τμήμα της λεκάνης του Ασωπού και σύμφωνα με τους Keller & Pinter 2001, έγινε: i) ανάλυση του Τοπογραφικού Αναγλύφου (Hypsometric Integral) απ' όπου κατασκευάστηκαν η υψομετρική καμπύλη και η καμπύλη κατανομής εμβαδού – απόλυτου υψομέτρου, ii) ταξινόμηση κατά Strahler (1957) και Horton (1945), iii) υπολογισμός των Δεικτών Ασυμμετρίας (AF) και Εγκάρσιας Τοπογραφικής Συμμετρίας (T), iv) κατασκευή τοπογραφικών τομών κατά μήκος των κύριων κλάδων και υπολογισμός του ρυθμού μεταβολής της κλίσης (Stream Length – Gradient Index), v) κατασκευή ροδογραμμάτων διεύθυνσης κλάδων της επιφανειακής απορροής και vi) κατασκευή χάρτη μορφολογικών κλίσεων.

Το ροδόγραμμα διεύθυνσης κλάδων έδωσε ένα τυπικό υδρογραφικό δίκτυο ορθογώνιου τύπου για το ρέμα Μπιθοσακούλι με διεύθυνση κλάδων Β-Ν και Α-Δ αντίστοιχα, γεγονός που εν μέρει διαπιστώθηκε και για το ρέμα Κουκίστρα, όπου κυρίως στο βόρειο πεδινό τμήμα επικρατούν οι κλάδοι ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης. Η υψομετρική καμπύλη όσο και η καμπύλη εμβαδού – απόλυτου υψομέτρου, έδειξαν στάδιο ωρίμανσης για την λεκάνη του Κουκίστρα και τυπικό στάδιο νεότητας – αναγέννησης για την λεκάνη του ρέματος Μπιθοσακούλι (Σχ. 2β). Η ιδιομορφία ωστόσο της καμπύλης εμβαδού – απόλυτου υψομέτρου για την ανατολική λεκάνη του Κουκίστρα, μαρτυρά μια πιο σύνθετη περίπτωση που οφείλεται στην παρουσία του ρέματος Βυρού, το οποίο έχει στραφεί προς τα δυτικά έχοντας ενσωματωθεί στη λεκάνη 5ης τάξης, αποτέλεσμα φαινομένου «πειρατείας» μεταξύ γειτονικών λεκανών το οποίο οφείλεται σε τεκτονικά αίτια και στη σημαντική ανύψωση της ανατολικής περιοχής.

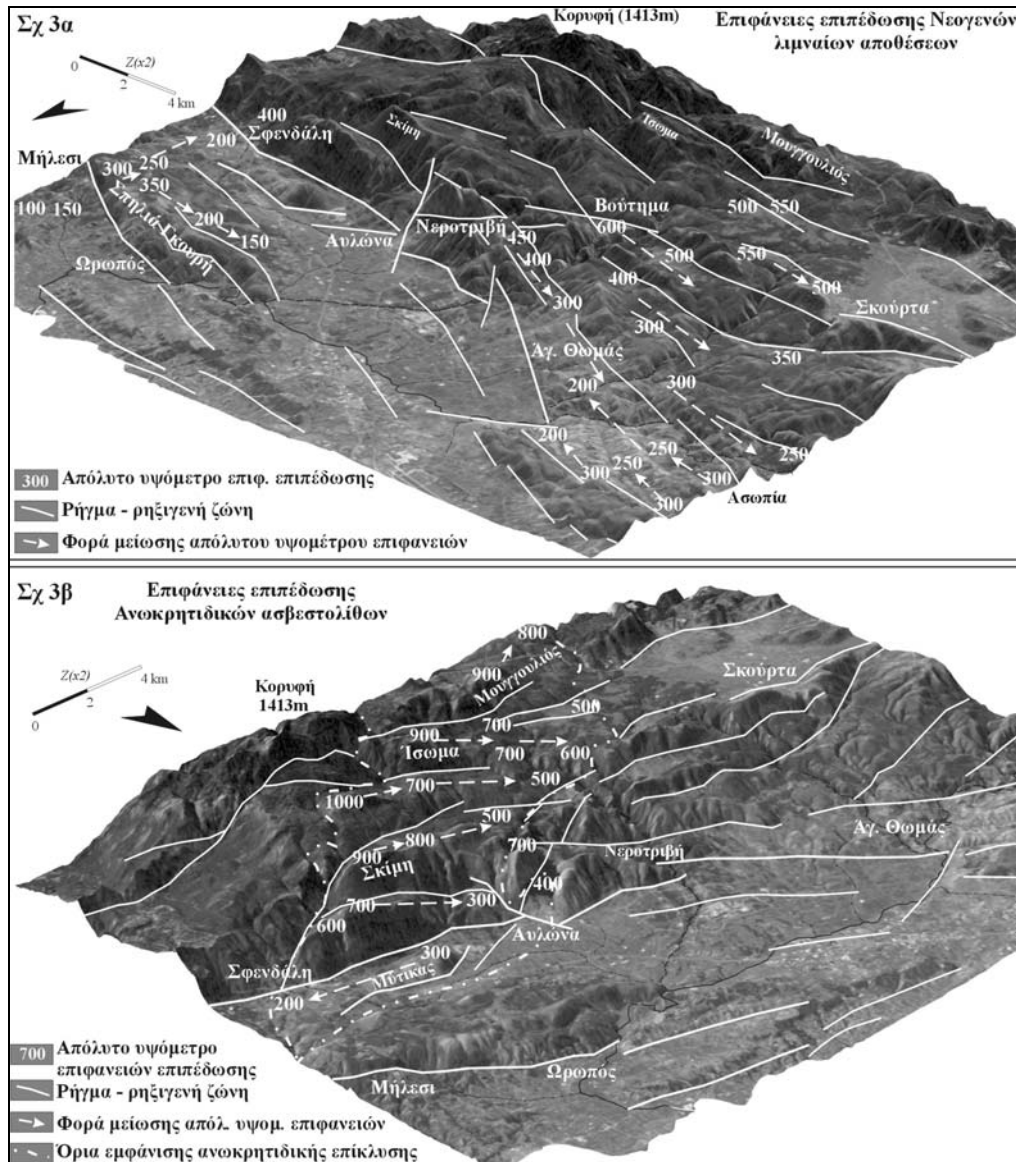
Ανάλογη εικόνα διαφορικής ανύψωσης προέκυψε και από τις τομές κατά μήκος των κύριων κλάδων των παραπάνω λεκανών 5<sup>ης</sup> τάξης, όπου υπολογίστηκε παράλληλα και ο επιμέρους δείκτης του ρυθμού μεταβολής της κλίσης (SL). Από τις 2 ενδεικτικές μηκοτομές που παρουσιάζονται των παραποτάμων του Κουκίστρα, διακρίνεται τόσο η σημαντική κατακόρυφη μετατόπιση των κοιτών στη θέση της μεγάλης περιθωριακής ζώνης Σφενδάλης – Αυλώνας, όσο και οι επιμέρους μετατοπίσεις (knick points) στις θέσεις των μικρότερης τάξης υποπαράλληλων ρηξιγενών ζωνών διεύθυνσης ΔΒΔ-ΑΝΑ (Σχ. 2γ).



Σχήμα 2. Μορφοτεκτονική ανάλυση ανατολικής λεκάνης Βοιωτικού Ασωπού.

Παράλληλα γίνεται αισθητή η σταδιακή μείωση της μέσης κλίσης του τοπογραφικού αναγλύφου από τα ανατολικά προς τα δυτικά (μεγαλύτεροι ρυθμοί ανύψωσης ανατολικά), γεγονός που ενισχύ-

εται και από την έντονη κατά βάθος διάβρωση, η οποία εντοπίζεται σχεδόν σε όλο το μήκος των ρεμάτων Βυρού και Κουκίστρα ανατολικά, ενώ φαίνεται να περιορίζεται σημαντικά στα δυτικά, κυρίως στο νότιο τμήμα της λεκάνης του ρέματος Μπιθοσακούλι (Σχ. 2γ). Μεγάλη ασυμμετρία οπότε και σημαντική διαφορική ανύψωση για την περιοχή, έδωσαν και οι δείκτες ασυμμετρίας AF και εγκάρσιας τοπογραφικής συμμετρίας T. Η σημαντική ανύψωση του ανατολικού τμήματος που συνεπάγεται στρέψη της ευρύτερης περιοχής προς τα ΔΒΔ, αποτυπώθηκε καθαρά στην έντονη ασυμμετρία της ανατολικής λεκάνης του Κουκίστρα, όπου υπολογίστηκαν οι παράγοντες  $AF=78,7\%$  και  $T=0,77$  με αζιμούθιο μετατόπισης τις  $302^\circ$ , όταν αντίστοιχα για την δυτική λεκάνη του ρέματος Μπιθοσακούλι ήταν μόλις  $AF=46,6\%$  και  $T=0,39$  με μέση φορά μετατόπισης τις  $274^\circ$ .

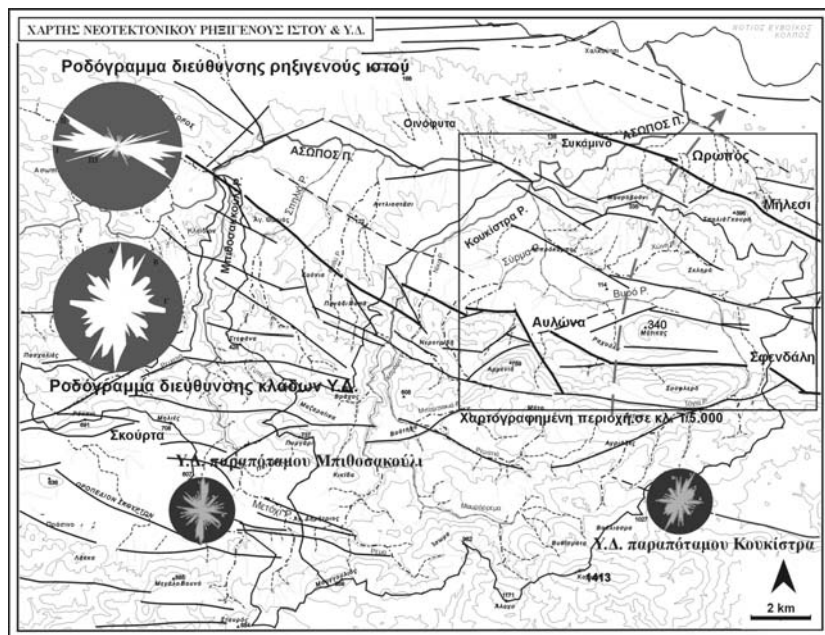


Σχήμα 3. Τρισδιάστατη δορυφορική απεικόνιση της βόρειας Πάρνηθας με την γεωγραφική κατανομή και τις μεταβολές του απόλυτου υψόμετρου των επιφανειών επιπέδωσης.

Εξετάζοντας τις επιφάνειες επιπέδωσης των ανωμειοκαινικών λιμναίων αποθέσεων, διαπιστώνεται μια ΔΒΔ-ΑΝΑ γεωμετρία ανάπτυξης, σαφώς επηρεασμένη από το νεοτεκτονικό ρηξιγενή ιστό

(Σχ. 3α). Στο ορεινό νότιο τμήμα της ευρύτερης περιοχής (θέση Βούτημα), χαρακτηρίζονται από μια σταδιακή μείωση του απόλυτου υψομέτρου από τα ανατολικά προς τα δυτικά και μέχρι την περιοχή της κύριας κοίτης του Ασωπού, δυτικά του χωριού Άγ. Θωμάς. Στην ίδια περιοχή διαπιστώνεται παράλληλα μια μεγαλύτερη και πιο απότομη μεταβολή του απόλυτου υψομέτρου των νεογενών με φορά από νότο προς βορρά και εγκάρσια στην κλιμακωτή παρουσία των υποπαράλληλων ρηξιγενών δομών διεύθυνσης ΔΒΔ-ΑΝΑ, αποτέλεσμα της κινηματικής εξέλιξης των επιμέρους δομών κατά το Νεογενές, η κατακόρυφη μετατόπιση των οποίων φτάνει τα 100 με 150 μέτρα. Λιγότερο σαφή αλλά ανάλογη μεταβολή εντοπίζεται επίσης και στο ΒΑ ημιπεδινό τμήμα της Σπηλιάς Γκουρή, όπου εκτός από τη σταδιακή μείωση του απόλυτου υψομέτρου των νεογενών από τα ΑΝΑ προς τα ΔΒΔ, παρατηρείται μια απότομη κατακόρυφη μεταβολή από νότο προς βορρά της τάξης των 150 μέτρων, αποτέλεσμα της ενεργούς κινηματικής εξέλιξης της ρηξιγενούς ζώνης Μήλεσι – Ωρωπού, ΑΝΑ – ΔΒΔ διεύθυνσης. Παρόμοια εικόνα δίνουν και οι επιφάνειες επιπέδωσης των ανωκρητιδικών ασβεστόλιθων, η λιγότερο διακριτή γεωμετρία ανάπτυξης των οποίων, ΔΒΔ-ΑΝΑ διεύθυνσης, επίσης καθορίζεται από τον υφιστάμενο ρηξιγενή ιστό (Σχ. 3β). Οι επιφάνειες που αναπτύσσονται στο ίδιο ρηξιτέμαχος στην νότια ορεινή μορφοτεκτονική ενότητα (θέσεις Ίσωμα – Σκύμη), παρουσιάζουν μια σταδιακή μείωση του απόλυτου υψομέτρου από τα ΑΝΑ προς τα ΔΒΔ. Ταυτόχρονα είναι χαρακτηριστική και η κλιμακωτή μορφολογική ταπείνωσή τους από τα ΝΔ προς τα ΒΑ, αποτέλεσμα της δράσης των επιμέρους υποπαράλληλων ρηξιγενών δομών ΔΒΔ-ΑΝΑ διεύθυνσης. Οι κατακόρυφες μεταβολές τις τάξης των 200 μέτρων που εντοπίζονται στο ανατολικό τμήμα της ορεινής περιοχής, στην περιοχή της Σφενδάλης και λόγω της ρηξιγενούς ζώνης Αυλώνας – Σφενδάλης ξεπερνούν τα 400 μέτρα, ένδειξη της σημαντικής κατακόρυφης μετατόπισης.

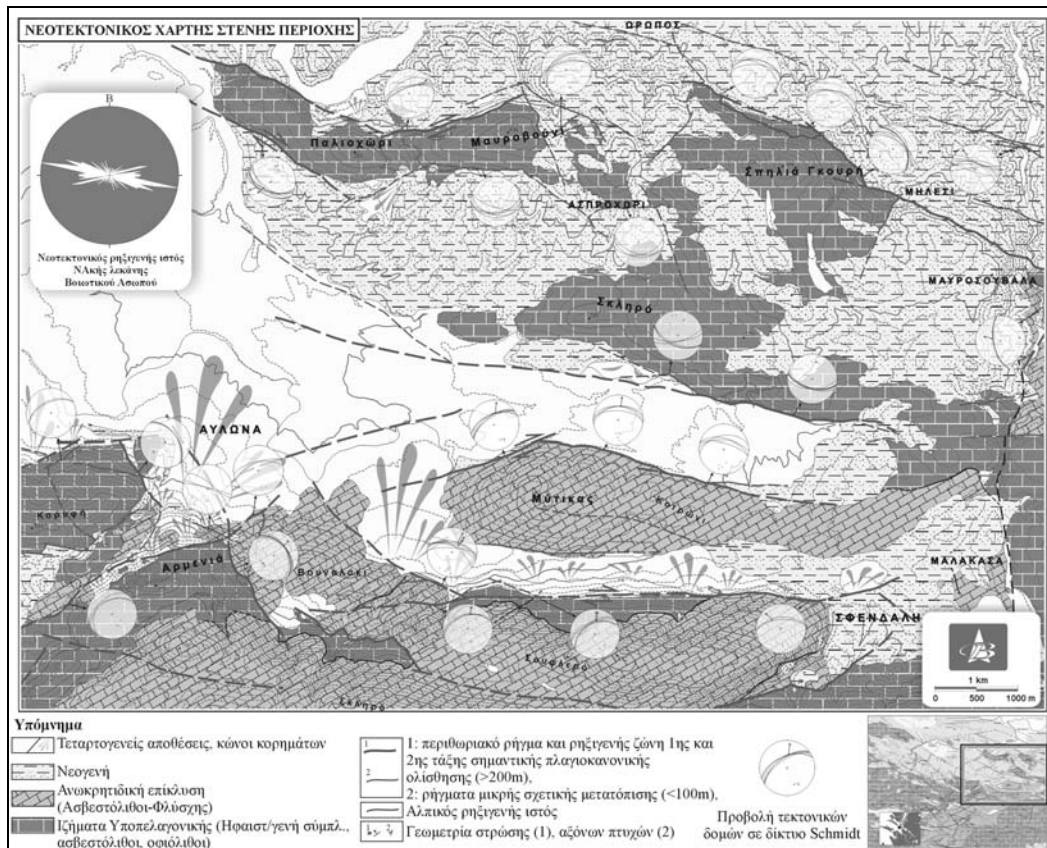
Σχήμα 4. Χάρτης νεοτεκτονικού ρηξιγενούς ιστού και υδρογραφικού δικτύου (ΙΓΜΕ, Δούνας κ.α 1978, Μέττος Α. 1992 με τροποποιήσεις).



#### 4 ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΟΣ ΡΗΞΙΓΕΝΗΣ ΙΣΤΟΣ

Στον χάρτη του νεοτεκτονικού ρηξιγενούς ιστού (Σχ. 4), όπως προέκυψε από τους υφιστάμενους χάρτες του ΙΓΜΕ, των Δούνας κ.α. 1978 και Μέττος Α (1992) με τροποποιήσεις, διαπιστώνει κανείς τρεις επιμέρους ομάδες ρηγματών με σαφή χωρική κατανομή, η διεύθυνση των οποίων είναι: i) Α-Δ έως ΔΒΔ-ΑΝΑ για το νότιο ορεινό τμήμα της περιοχής, ii) ΒΔ-ΝΑ για το δυτικό και βόρειο τμήμα της πεδινής περιοχής και iii) ΔΝΔ-ΑΒΑ για έναν μικρό αριθμό ρηγματών στο κεντρικό τμήμα. Στα ροδόγραμμα διεύθυνσης ρηξιγενούς ιστού και ανάπτυξης υδρογραφικού δικτύου για το ανατολικό τμήμα της λεκάνης του Β. Ασωπού, διακρίνεται ο άμεσος ρόλος της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης στην επιφανειακή απορροή, με την επικράτηση των κλάδων διεύθυνσης Β-Ν έως ΒΒΑ-

ΝΝΔ να καθορίζεται από την εγκάρσια ανάπτυξη των τεκτονικών δομών διεύθυνσης Α-Δ έως ΔΒΔ-ΑΝΑ. Παράλληλα για το ανατολικό τμήμα διαπιστώνεται μια σταδιακή αλλαγή της διεύθυνσης των ρηγμάτων από Α-Δ σε ΒΔ-ΝΑ και όσο κινούμαστε από νότο προς βορρά, αντίστοιχη με αυτή των αξόνων των πτυχών του φλύσχη από ΒΒΑ-ΝΝΔ σε ΑΒΑ-ΔΝΔ, γεγονός που δηλώνει ταυτόχρονα με την δυναμική νεοτεκτονική εξέλιξη και μια αλλαγή της γεωμετρίας των νεοτεκτονικών και αλπικών δομών, αποτέλεσμα ενός σύνθετου κινηματικού καθεστώτος με περιστροφές ρηξιμαχών γύρω από κατακόρυφο άξονα (Παπανικολάου κ.α. 1988, Παπανικολάου & Λόζιος 1990).



Σχήμα 5. Νεοτεκτονικός χάρτης της στενής περιοχής.

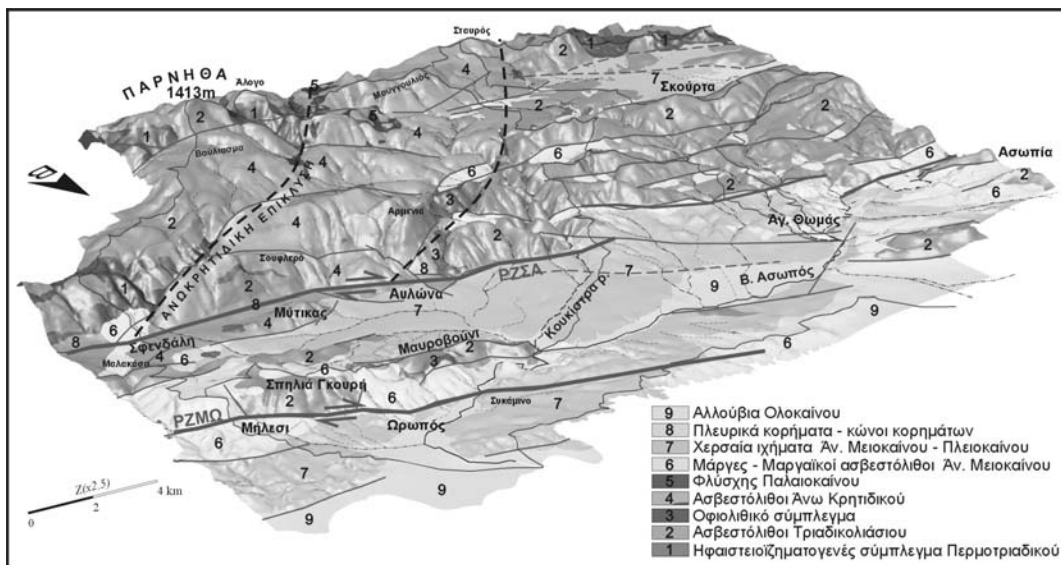
Από την λεπτομερή νεοτεκτονική χαρτογράφηση της ανατολικής περιοχής, διαπιστώθηκε ο χαρακτήρας των κύριων ρηξιγενών ζωνών Αυλώνας – Σφενδάλης και Μίλεια – Ωρωπού αλλά και των επιμέρους μικρότερων νεοτεκτονικών δομών (Σχ. 5). Η μεγάλη ρηξιγενής ζώνη Σφενδάλης – Αυλώνας οριοθετεί την ορεινή από την πεδινή μορφοτεκτονική ενότητα με ρήγματα διεύθυνσης Α-Δ έως ΔΝΔ-ΑΒΑ ( $60^\circ/355^\circ$  &  $50^\circ/345^\circ$ ), τα οποία στα δυτικά παρουσιάζουν κλιμακωτή διάταξη με αντίστοιχες δομές ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης ( $45^\circ/055^\circ$ ). Οι γραμμές ολίσθησης με εξαίρεση την παλιά κατοπτρική επιφάνεια στην περιοχή της Σφενδάλης, δείχνουν ένα σαφή και κοινό πλαγκιοκανονικό – δεξιόστροφο κινηματικό χαρακτήρα, κάτι που απαντάται βορειότερα τόσο στο βόρειο περιθώριο του λόφου Μύτικα, όσο και στις μικρότερης τάξης νεοτεκτονικές εξάρσεις του πεδινού τμήματος. Η ρηξιγενής επαφή των ανωκρητιδικών ασβεστόλιθων με τις μεταλπικές αποθέσεις στο ΒΔ περιθώριο του Μύτικα, έχει στοιχεία  $65^\circ/326^\circ$  με μια χαρακτηριστική πλαγκιοκανονική δεξιόστροφη συνιστώσα ολίσθησης (γραμμές προστριβής  $50^\circ/006^\circ$ ). Μελετώντας τις κατοπτρικές επιφάνειες των ρηγμάτων του βόρειου περιθωρίου με στοιχεία  $60^\circ/005^\circ$  και γραμμές ολίσθησης  $44^\circ/010^\circ$ , διαπιστώθηκε ο ίδιος κινηματικός χαρακτήρας με το παραπάνω γειτονικό ρήγμα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, γεγονός που αναδεικνύει ίδιο κινηματικό καθεστώς. Ανάλογη εικόνα προέκυψε στο νότιο και στο βόρειο περιθώριο του νεοτεκτονικού κέρατος Παλιόχωριου – Μαυροβουνίου, στην επαφή Ιουρασικών ανθρακικών και

οφιολίθων με νεογενή, όπου εντοπίστηκαν τεκτονικές επιφάνειες με στοιχεία  $45^{\circ}/216^{\circ}$  και  $70^{\circ}/338^{\circ}$  οι κινηματικοί δείκτες των οποίων ( $35^{\circ}/248^{\circ}$  και  $45^{\circ}/053^{\circ}$  αντίστοιχα) έδωσαν επίσης μια σημαντική δεξιόστροφη πλαγιοκανονική συνιστώσα ολίσθησης.

Ανάλογης τάξης νεοτεκτονικό περιθώριο με αυτό της Αυλώνας – Σφενδάλης, φαίνεται να αποτελεί και η ρηξιγενής ζώνη Μήλεσι – Ωρωπού. Η επώθηση των οφιολίθων πάνω στους ασβεστολίθους του Λιάσιου που απαντάται στο βόρειο περιθώριο του ρηξιτεμάχου της Σπηλιάς Γκουρή, έχει ενεργοποιηθεί κατά το Νεογενές με μια σημαντική πλαγιοκανονική συνιστώσα ολίσθησης. Η ΔΒΔ-ΑΝΑ διεύθυνσή της ( $45^{\circ}/014^{\circ}$ ) σταματά στο ΒΑ τμήμα του περιθωρίου και κόβεται από νεότερη τεκτονική δομή ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης στην επαφή Ιουρασικών ασβεστολίθων με νεογενή ( $47^{\circ}/055^{\circ}$ ). Η αλλαγή αυτή της διεύθυνσης των νεότερων δομών, διαπιστώθηκε και στο εσωτερικό των μεταλλικών αποθέσεων κατά μήκος του ρέματος της Μαυροσουβάλας (βόρεια του Μήλεσι). Κανονικές διαρρήξεις στις Ανω-Μειοκαινικές μάργες και ασβεστομάργες με διεύθυνση περίπου Α-Δ, δίνουν την θέση τους σε ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης ( $70^{\circ}/034^{\circ}$ ) τα οποία φέρνουν σε επαφή τις λιμναίες αποθέσεις με τα υπερκείμενα χερσαία και ποταμοχερσαία ιζήματα του Πλειοκαίνου.

## 5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Συνοψίζοντας τα νεοτεκτονικά και γεωλογικά στοιχεία υπαίθρου, διαπιστώνουμε δύο κύριες μορφοτεκτονικές ενότητες 1<sup>ης</sup> τάξης: i) της ορεινής Πάρνηθας και ii) της πεδινής λεκάνης του ανατολικού Β. Ασωπού, οι οποίες διαχωρίζονται από τη μεγάλη ρηξιγενή ζώνη Σφενδάλης – Αυλώνας (ΡΖΣΑ), σημαντικής δεξιόστροφης συνιστώσας ολίσθησης (Σχ. 6).

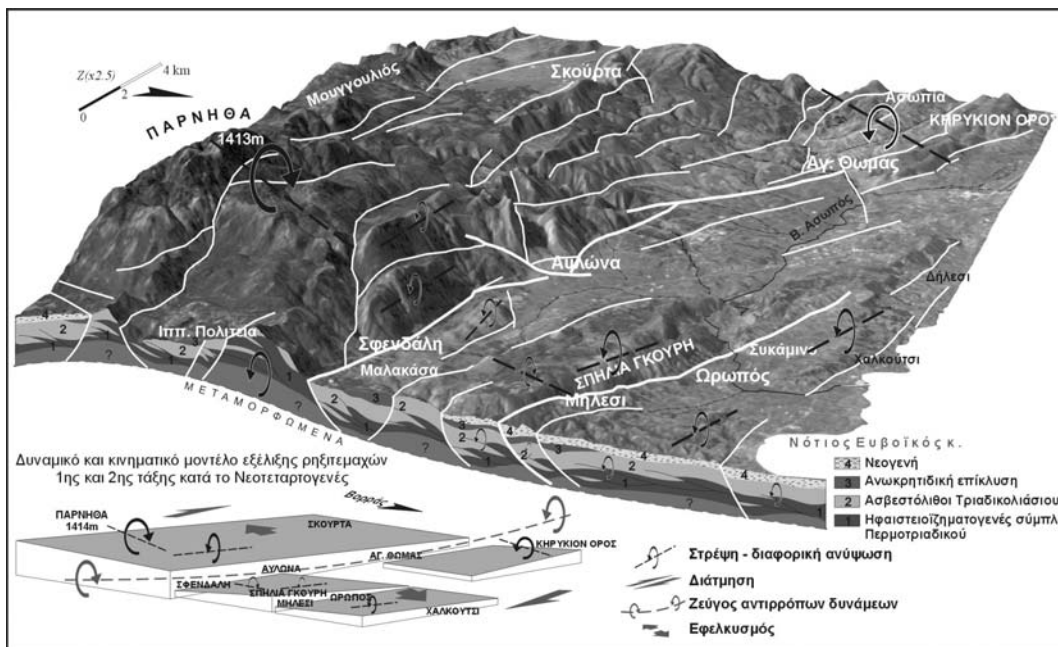


Σχήμα 6. Τρισδιάστατη ψηφιακή απεικόνιση της γεωλογίας στην ανατολική λεκάνη του Β. Ασωπού.

Στην ορεινή μορφοτεκτονική ενότητα διακρίνεται μια κλιμακωτή παρουσία υποπαράλληλων ρηγμάτων διεύθυνσης Α-Δ, τα οποία διαμορφώνουν επιμέρους τεκτονικά μπλοκ (τάφρους και κέρατα), κύριο χαρακτηριστικό των οποίων είναι η σταδιακή υψομετρική ταπείνωση προς τα ΒΒΑ. Η πεδινή μορφοτεκτονική ενότητα ΔΒΔ-ΑΝΑ διεύθυνσης, χαρακτηρίζεται επίσης από την παρουσία υποπαράλληλων τεκτονικών κεράτων. Η μεγάλη ρηξιγενής ζώνη Μήλεσι – Ωρωπού (ΡΖΜΩ), που αποτελεί το βόρειο περιθώριο του τεκτονικού κέρατος Σπηλιάς Γκουρή – Μαυροβουνίου και που επίσης χαρακτηρίζεται από μια σημαντική οριζόντια συνιστώσα ολίσθησης, διαχωρίζει το πεδινό τμήμα σε δύο επιμέρους ρηξιτεμάχη 2<sup>ης</sup> τάξης: i) στο νότιο με τις μικρότερες παράλληλες νεοτεκτονικές δομές του Μύτικα και του Κηρύκιου όρους και ii) στο βόρειο παραθαλάσσιο τμήμα της Σκάλας Ωρωπού – Χαλκουσίου, το βόρειο ρηξιγενές περιθώριο του οποίου έχει εντοπιστεί στον υποθαλάσσιο χώρο του Ν. Ευβοϊκού (Περισσοράτης κ.α. 1989, Παπανικολάου κ.α. 1989).



Ο συνδυασμός των μορφομετρικών και μορφοτεκτονικών δεδομένων με τα γεωλογικά και τεκτονικά στοιχεία υπαίθρου, δείχνει τα ακόλουθα: i) την ασυμμετρία του υδρογραφικού δικτύου κυρίως στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης του Β. Ασωπού (ρ. Κουκίστρα), ii) τις μεταβολές του απόλυτου υψομέτρου των επιφανειών επιπέδωσης τόσο στα νεογενή όσο και στα ανωκρητιδικά ιζήματα με χαρακτηριστική μείωση του υψομέτρου προς τα ΔΒΔ στο ορεινό τμήμα και προς τα ΝΝΔ στο ΒΑ πεδινό τμήμα της ευρύτερης περιοχής, iii) την έντονη κατά βάθος διάβρωση σε συνδυασμό και με τις γραμμικές μορφολογικές ασυνέχειες σαφώς πιο ανεπτυγμένες στην ανατολική περιοχή, iv) τη χαρακτηριστική παρουσία του αλπικού ηφαιστειοϊζηματογενούς υποβάθρου στα ανατολικά που σχετίζεται και με την χαρακτηριστική τεκτονική αποκόλληση του φλύσχη και των ανωκρητιδικών ασβεστόλιθων. Τα στοιχεία αυτά συνθέτουν μια εικόνα, η κινηματική εξέλιξη της οποίας μπορεί να αναλυθεί: i) στη διαφορική ανύψωση της ορεινής μορφοτεκτονικής ενότητας, η οποία ταυτίζεται με μια περιστροφή προς τα ΔΒΔ γύρω από οριζόντιο άξονα ΒΒΑ-ΝΝΔ διεύθυνσης, ii) στις περιστροφές των τεκτονικών ρηξιτεμαχίων μικρότερης τάξης προς τα ΝΝΔ, τόσο για το ορεινό όσο κυρίως για το πεδινό ΒΑ τμήμα της περιοχής, iii) στο σύνθετο χαρακτήρα των πλαγιοκανονικών ρηγμάτων σημαντικής δεξιόστροφης συνιστώσας ολίσθησης.



Σχήμα 7. Ψηφιακή τρισδιάστατη δορυφορική απεικόνιση της ανατολικής λεκάνης του Β. Ασωπού.

Φαίνεται λοιπόν ότι ο καθολικός πλαγιοκανονικός χαρακτήρας της ολίσθησης που συνδυάζεται με ένα σύνθετο καθεστώς διαφορικής ανύψωσης – περιστροφής των επιμέρους ρηξιτεμαχίων 1<sup>ης</sup> και 2<sup>ης</sup> τάξης, οφείλεται σε ένα διεφελκυστικό εντατικό πεδίο, η διάτμηση του οποίου γίνεται σε διεύθυνση περίπου Α-Δ, συνοδευόμενο και από ένα ζεύγος αντίρροπων δυνάμεων περιστροφικού χαρακτήρα (Σχ. 7). Συνοψίζοντας αναφέρουμε ότι η ανατολική λεκάνη του Β. Ασωπού αποτελεί τμήμα ενός ενεργού νεοτεκτονικού περιθωρίου, η κινηματική και δυναμική διαχρονική εξέλιξη του οποίου έχει αποτυπωθεί στις επιμέρους μορφοτεκτονικές ενότητες τόσο της ορεινής περιοχής της Πάρνηθας όσο και της πεδινής λεκάνης του Ασωπού. Μπορεί η σημερινή σεισμική δραστηριότητα να εντοπίζεται κυρίως στο υποθαλάσσιο χώρο του Ν. Ευβοϊκού, η παραμόρφωση ωστόσο φαίνεται ότι γίνεται όχι μόνο στον Ν. Ευβοϊκό αλλά και στον ευρύτερο χώρο της Αττικο-Βοιωτίας, γεγονός που έχει διαπιστωθεί από πρόσφατες γεωδαιτικές παρατηρήσεις (Billiris et al 2002), εντασσόμενη στο ευρύτερο νεοτεκτονικό καθεστώς του κεντρικού Αιγαίου (Goldsworthy et al 2002).

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Billiris, H., Galanis, I., Marinou, A., Papazissi, C., Paradissis, D., Raptakis, C., Veis, G. 2002. Tectonic displacements along the Aegean and from the Alkyonides Islands to Parnitha and Atalanti. Proc. 11<sup>th</sup> General Assembly of the Wegener Project 2002, Athens.
- Δούνας, Α., Καλλέργης, Γ., Μόρφης, Α., Παγούνης, Μ. 1978. *Υδρογεωλογική έρευνα λεκάνης μέσου ρου του Ασωπού ποταμού*. Αθήνα, Εκδόσεις Ι.Γ.Μ.Ε.
- Goldsworthy, M., Jackson, J., Haines, J. 2002. The continuity of active fault systems in Greece. *Geophysics* 148, p.596-618
- Κασιμάτσος, Γ., Μέττος, Α., Βιδάκης, Μ., Δούνας, Α. 1986. *Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος, φύλλο ΑΘΗΝΑΙ-ΕΛΕΥΣΙΣ*, κλίμακας 1/50.000. Αθήνα, Εκδόσεις Ι.Γ.Μ.Ε.
- Keller, E. & Pinter, N. 2001. *Active Tectonics, Earthquakes, Uplift and Landscape, Earth Sciences Series*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1-338.
- Μαριολάκος, Η., Φουντούλης, Ι., Σίδηρης, Χρ., Χατούπης, Θ. 2001. Μορφοτεκτονική δομή του όρους Πάρνηθα Αττικής. *Ε.Γ.Ε.*, Τόμος XXXIV/1, σελ. 183-190.
- Mariolakos, I. & Papanikolaou, D. 1982. The neogene Basins of the Aegean Arc from the Paleogeographic and the Geodynamic point of view. *Intern Symp. Hell. Arc and Trench*, Proceedings 1, p. 383-399, Athens.
- Μέττος, Α. (1992). *Γεωλογική και παλαιοντολογική μελέτη των ηπειρωτικών νεογενών και τεταρτογενών σχηματισμών ΒΑ Αττικής και ΝΑ Βοιωτίας*. Διδακτορική διατριβή Παν/μιου Αθηνών
- Παπανικολάου, Δ., Μαριολάκος, Η., Λέκκας, Ε., Λόζιος, Σ. 1988. Μορφοτεκτονικές Παρατηρήσεις στη Λεκάνη του Ασωπού και την παραλιακή ζώνη Ωρωπού. Συμβολή στη Νεοτεκτονική της Βόρειας Αττικής. *Ε.Γ.Ε.*, Τόμος XX, σελ 251-267.
- Παπανικολάου, Δ. & Λόζιος, Σ. 1990. Συγκριτική νεοτεκτονική δομή έντονης (Κορινθία) και ασθενούς (Αττική – Κυκλάδες) δραστηριότητας. *Ε.Γ.Ε.*, Τόμος XXVI, σελ 47-65.
- Παπανικολάου, Δ., Χρόνης, Γ., Λυκούσης, Β., Παυλακάκης, Π., Ρουσσάκης, Γ., Συσκάκης, Δ. 1989. *Υποθαλάσσιος νεοτεκτονικός χάρτης Νότιου Ευβοϊκού κόλπου*. Έκδοση ΟΑΣΠ-ΕΚΘΕ-ΤΔΤΕΓ.
- Περισοράτης, Κ., Μέττος, Α., Van Andel, T. 1989. Στρωματογραφία και Τεκτονική του Νότιου Ευβοϊκού Κόλπου και της ευρύτερης Νεογενούς Λεκάνης. *Ε.Γ.Ε.* Τόμος XXIII/1, σελ. 209-221.
- Χατούπης Θ. 2003. *Γεωλογική έρευνα για τη δυνατότητα τεχνητού εμπλουτισμού του καρστικού υδροφορέα της Βόρειας Πάρνηθας (ΝΑ λεκάνη Βοιωτικού Ασωπού)*. Μεταπτυχιακή διατριβή ειδίκευσης Παν/μιου Αθηνών.

## ABSTRACT

### NEOTECTONIC DEFORMATION OF NORTH PARNIS

Chatoupis Th. and Fountoulis I.

*Department of Dynamic Tectonic and Applied Geology, School of Geology, National and Kapodistrian University of Athens, 15784, Athens, fountoulis@geol.uoa.gr*

The morphotectonic analysis in the eastern part of Biotic Asopos river catchment, results to an explicit picture of a new drainage network with individual abnormalities that are focused mainly in phenomena of "piracy" and abrupt knick points. Topographic sections along the main streams and correlation between rose diagrams of faults and stream network reveal an influence of the drainage network (E-W and N-S direction) from the active tectonic structure of E-W to WNW-ESE direction, which is accompanied by phenomena of intense depth erosion transversely to the main active tectonic faults. The important dextral slip component of the main active fault zones (Sfendali-Avlona and Milesi-Oropos) has influenced the alpine tectonic structure, determining the current NE-SW spread of Upper Cretaceous limestones and changing the direction of flysch axes from NNE-SSW in mountainous Parnis area to ENE-WSW in the flat area of Malakasa. The distribution of planation surfaces in combination with the presence of en echelon oblique slip faults of WNW-ESE direction, reveal a complex kinematic evolution, with main characteristics the progressive rotation of tectonic blocks to the WNW for the mountainous south area and to the SSW for the NE area of low relief.