

Χαρτογράφηση μορφοτεκτονικών στοιχείων του Ολύμπου με τη χρήση δορυφορικών εικόνων και Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (G.I.S.).

N. ΣΟΥΛΑΚΕΛΛΗΣ¹, Θ. ΑΣΤΑΡΑΣ², Σ. ΠΑΥΛΙΔΗΣ². και Δ. ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ²

ABSTRACT

The purpose of this study is on the use of LANDSAT-5/TM digital image processing and analysis and the geographical information system (GIS) methods for identification and delineation of faults, over Olympus Mt. Area, Macedonia, Greece.

Landsat-5/TM enhanced satellite images were visually interpreted in order to produce a new map presenting the lineaments which reflect the presence of faults. These lineaments were digitized, by the use of a GIS in order to exam their tectonic origin. In addition: a) Digital Elevation Model (DEM), b) slope map, c) slope aspect map and d) drainage network map, were produced.

By interpreting all the above mentioned data, the following seven fracture zones were detected at the Olympus Mt.: i. Fracture zone of "Bara", ii. Fracture zone of "Kokkinopilos", iii. Fracture zone of "Basement-Alluvial Fans", iv. Fracture zone of "Xerolakki valley", v. Fracture zone of "Enippeas valley", vi. Fracture zone of "Sparmos valley" and vii. Fracture zone of "Lazi Griva valley".

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στη παρούσα εργασία (η οποία αποτελεί τμήμα της διδακτορικής διατριβής του Ν.Σουλακέλλη, 1994), μελετάται η συμβολή: α) της ψηφιακής επεξεργασίας - ανάλυσης δορυφορικών εικόνων LANDSAT-5/TM στον εντοπισμό και τη χάραξη φωτογραμμώσεων του Ολύμπου και β) των Συστημάτων Γεωγραφικών Πληροφοριών στον έλεγχο του τεκτονικού χαρακτήρα των φωτογραμμώσεων αυτών.

Η οπτική ερμηνεία ψευδοέγχρωμων δορυφορικών εικόνων οδήγησε στην χάραξη των φωτογραμμώσεων της περιοχής μελέτης, οι οποίες στην συνέχεια ψηφιοποιήθηκαν με τη χρήση GIS για να ελεγχθεί ο τεκτονικός τους χαρακτήρας. Από την υλοποίηση του ελέγχου αυτού δημιουργήθηκαν και οι εξής νέοι χάρτες του Ολύμπου: α. ψηφιακός χάρτης υψομέτρων (Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου), β. ψηφιακός χάρτης κλίσεων, γ. ψηφιακός χάρτης προσανατολισμού των κλιτύων, και δ. ψηφιακός χάρτης του υδρογραφικού δικτύου.

Η αξιοποίηση όλων των παραπάνω ψηφιακών δεδομένων οδήγησε στον προσδιορισμό των παρακάτω επτά ρήξιγενών γραμμών στο όρος Όλυμπος:

i. Ρήξιγενής γραμμή Μπάρας, ii. Ρήξιγενής γραμμή Κοκκινόπηλου, iii. Ρήξιγενής ζώνη Οποβάθρου - Αλλουβιακών ριπιδίων, iv. Ρήξιγενής γραμμή του ρέματος Ξερολάκκι, v. Ρήξιγενής γραμμή Ανιππέα, vi. Ρήξιγενής γραμμή Οπαρμού, vii. Ρήξιγενής γραμμή του ρέματος Λαζή Γρίβα.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η περιοχή του όρους Όλυμπος έχει αποτελέσει αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας στο παρελθόν τόσο από γεωλογικής (Godfriaux 1968, Schmitt

1983, Κίλιας, και Μουντράκης, 1989, Μουντράκης Δ. 1983) όσο και από γεωμορφολογικής πλευράς (Faugeres 1975, Ψιλοβίκος 1981). Εντούτοις τα δεδομένα που υπάρχουν σήμερα για τη ρήξιγενή τε-

1. Τμήμα Γεωγραφίας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Καραντώνη 17, 81100 Μυτιλήνη, Λέσβος

2. Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54006 Θεσσαλονίκη.

κτονική της ευρύτερης περιοχής είναι εξαιρετικά περιορισμένα σε σύγκριση με τις γειτονικές περιοχές της Κεντρικής - Δυτικής Μακεδονίας και Θεσσαλίας, όπου πλήθος στοιχείων για τα νεοτεκτονικά ρήγματα έχουν ήδη δημοσιευτεί.

Στην παρούσα εργασία, ερμηνεύτηκαν οπτικά τα δεδομένα που προκύπτουν: α) από την ψηφιακή επεξεργασία δορυφορικής εικόνας Landsat-5/TM που κάλυπτε την περιοχή μελέτης και β) από τη χρήση Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (G.I.S.), με σκοπό να εξαχθούν ορισμένα βασικά στοιχεία, που αφορούν τη μορφοτεκτονική και τη ρηξιγενή τεκτονική του όρους Όλυμπος.

Αναλυτικότερα τα δεδομένα, που αναλύθηκαν (ερμηνεύτηκαν), είναι τα εξής: 1. οι ψευδοέγχρωμες δορυφορικές εικόνες Landsat-5/TM, 2. το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής, που προέκυψε από την ανάλυση επεξεργασμένων δορυφορικών εικόνων, 3. ο χάρτης "φωτογραμμώσεων", που προέκυψε από την ερμηνεία ψευδοέγχρωμων δορυφορικών εικόνων, 4. ο ψηφιακός χάρτης υψομέτρων του Ολύμπου, που δημιουργήθηκε με τη χρήση G.I.S., 5. ο ψηφιακός χάρτης κλίσεων του Ολύμπου, που δημιουργήθηκε με τη χρήση G.I.S. και 6. ο ψηφιακός χάρτης προσανατολισμού των κλιτύων, που δημιουργήθηκε με τη χρήση G.I.S.

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η δορυφορική εικόνα, η οποία χρησιμοποιήθηκε, ήταν η διαθέσιμη LANDSAT-5/TM (19/7/1987) (monable scene 100Km X 100Km) σε ψηφιακή μορφή, η οποία παραχωρήθηκε από το Τμήμα Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, Εργαστήριο Διαχειριστικής και Τηλεπισκόπησης του Α.Π.Θ. για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας. Από την εικόνα αυτή επιλέχθηκε, κατάλληλα, το τμήμα εκείνο το οποίο απεικονίζει το όρος Όλυμπος. Η κάθε φασματική ζώνη του τμήματος αυτού της εικόνας αποτελείται από 1000 X 1000 pixels. Δεν κατέστη δυνατή η απόκτηση της φασματικής ζώνης 6 (θερμική ζώνη) λόγω τεχνικού προβλήματος.

Η ψηφιακή επεξεργασία-ανάλυση της εικόνας TM, η οποία καλύπτει την ευρύτερη περιοχή Ολύμπου, πραγματοποιήθηκε αποκλειστικά στον Τομέα Γεωλογίας - Φυσικής Γεωγραφίας του Τμή-

ματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ.. Για τις ανάγκες της επεξεργασίας αυτής χρησιμοποιήθηκαν:

1. Ηλεκτρονικός υπολογιστής 4.86 IBM Compatible,
2. Έγχρωμη οθόνη υψηλής ανάλυσης (VGA-έγχρωμη, 1024 X 1024),
3. Λογισμικό πακέτο PC-IMEGA IM-X (release 3/1990),
4. Λογισμικό πακέτο (GIS - ΓΣΠ) IDRISI (version 4.0/1990) και
5. Έγχρωμος εκτυπωτής (HP/ Deskjet 500C)

Τα στάδια της ψηφιακής επεξεργασίας-ανάλυσης της εικόνας του Ολύμπου ήταν τα εξής:

Α. Στάδιο προεπεξεργασίας των εικόνων, κατά τη διάρκεια του οποίου προσδιορίστηκαν οι μέγιστες και ελάχιστες ραδιομετρικές τιμές όλων των φασματικών ζωνών και στη συνέχεια εφαρμόστηκε η μέθοδος "Ενίσχυση της Αντίθεσης" (contrast stretching), για να καταστεί δυνατή η καλύτερη οπτική παρουσίαση των εικόνων αυτών.

Β. Στάδιο βασικής επεξεργασίας των εικόνων, κατά τη διάρκεια του οποίου εφαρμόστηκαν οι μέθοδοι:

i. **Ανάλυση Κύριων Συνιστωσών - Principal Component Analysis (PCA)** και

ii. **"Λόγος Φασματικών Ζωνών" (Ratioing)**.

Με τη βοήθεια της μεθόδου "ενίσχυση της αντίθεσης", ενισχύθηκαν οπτικά, οι παραπάνω επεξεργασμένες εικόνες.

Γ. Στάδιο θεματικής αξιοποίησης των εικόνων, κατά τη διάρκεια του οποίου δημιουργήθηκαν οι τελικές ψευδοέγχρωμες συνθέσεις, οι οποίες ερμηνεύθηκαν για τον εντοπισμό των φωτογραμμώσεων με βάση κυρίως τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης (Πίνακας 1).

Με τη χρήση των παραπάνω κριτηρίων (Πιν. 1) στις επεξεργασμένες εικόνες (που καλύπτουν την ευρύτερη περιοχή του Ολύμπου), εντοπίζεται ένας σημαντικά μεγάλος αριθμός "φωτογραμμώσεων" (lineaments), οι οποίες πιθανότατα να αντι-

Πίνακας 1. Κριτήρια χάραξης των φωτογραμμώσεων του Ολύμπου.

ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΑ* ΣΤΟΙΧΕΙΑ	Μορφολογία	Υδρογραφικό Δίκτυο	Βλάστηση
ΚΡΙΤΗΡΙΟ 1^ο	Απότομη μεταβολή του υψομέτρου	Ευθυγράμμιση ρεμάτων	Ευθυγράμμιση της βλάστησης
ΚΡΙΤΗΡΙΟ 2^ο	Υπαρξη ασύμμετρων κοιλάδων	Μεταβολή της διεύθυνσης ροής ρεμάτων	Μεταβολή της βλάστησης
ΚΡΙΤΗΡΙΟ 3^ο	Υπαρξη τεκτονικών αναβαθμίδων	Ασύμμετρη ανάπτυξη δικτύου	Παρουσία ή μη βλάστησης
ΚΡΙΤΗΡΙΟ 4^ο	Αποκοπή γεωμορφολογικού σχηματισμού	Απότομη μεταβολή στην κλίση της κοίτης	

* Χρησιμοποιείται ο όρος "geotechnical elements" του Gupta (1991)

κατοπτρίζουν την ύπαρξη ρηγμάτων.

Στην παρούσα εργασία, ως φωτογραμμώσεις δεχόμαστε τον ορισμό του O'Leary et. al. (1976), όπου ως φωτογράμμιση ορίζεται ένα "χαρτογραφήσιμο, απλό ή σύνθετο γραμμικό στοιχείο της επιφάνειας της γης, το οποίο διαφέρει ευκρινώς από τα γειτονικά χαρακτηριστικά και υποθετικά αντανακλά ένα υπόγειο φαινόμενο". Με τον τρόπο αυτό, η κατηγορία αυτή περιλαμβάνει όλες τις τεκτονικές και γεωμορφολογικές (τοπογραφικές) ευθυγραμμίσεις, τα λιθολογικά όρια και τις γραμμώσεις της βλάστησης. Αυτός ο ορισμός, σύμφωνα με τον Gupta (1991), είναι ο πιο πρακτικός σε συνάρτηση με την ερμηνεία των δορυφορικών εικόνων.

Οι φωτογραμμώσεις αυτές μπορούν να ταξινομηθούν στις παρακάτω τρεις ομάδες, με βάση τις διευθύνσεις τους :

A. Φωτογραμμώσεις ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης.

Πρόκειται για την κύρια διεύθυνση φωτογραμμώσεων, η οποία επικρατεί στην περιοχή του Ολύμπου και κυρίως συναντώνται στο βορειοανατολικό-ανατολικό τμήμα αυτού. Οι γραμμώσεις αυτές παρουσιάζονται κατά μήκος των πλευρών των κοιλάδων και σε ορισμένες περιπτώσεις σχηματίζουν ομάδες από 2 έως 3 παράλληλες γραμμώσεις.

Οι φωτογραμμώσεις αυτές είναι πιθανόν να αντιπροσωπεύουν τα ρήγματα, τα οποία αποτελούν ασθενείς ζώνες διάβρωσης, κατά μήκος

των οποίων αναπτύχθηκαν κοιλάδες, ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης.

B. Φωτογραμμώσεις ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης.

Οι φωτογραμμώσεις ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης, απαντούν σ' ολόκληρο τον Όλυμπο, με σημαντική όμως συγκέντρωση στο ΝΔ τμήμα αυτού. Το μήκος τους είναι σημαντικά μικρότερο από αυτό των ΒΑ-ΝΔ φωτογραμμώσεων.

Γ. Φωτογραμμώσεις Α-Δ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ διεύθυνσης.

Οι φωτογραμμώσεις Α-Δ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ διεύθυνσης, απαντούν και αυτές σ' ολόκληρο τον Όλυμπο, έχουν μήκος το οποίο ποικίλλει, ενώ ο αριθμός τους είναι σαφέστατα μικρότερος από εκείνον τον οποίο έχουν οι φωτογραμμώσεις των προηγούμενων διευθύνσεων.

Με την αξιοποίηση όλων των παραπάνω δεδομένων προσδιορίστηκαν οι παρακάτω επτά ρηξιγενείς γραμμές στο όρος Όλυμπος:

I. ΡΗΞΙΓΕΝΗΣ ΓΡΑΜΜΗ ΜΠΑΡΑΣ

Η ρηξιγενής γραμμή, που εντοπίζεται στο Βόρειο-Βορειοδυτικό τμήμα του Άνω Ολύμπου, αποτελεί μια μεγάλου μήκους (περίπου 12 Km) ρηξιγενή γραμμή, η οποία μορφολογικά οριοθετεί το όρος από τη βόρειο-βορειοδυτική του πλευρά. Στις επεξεργασμένες δορυφορικές εικόνες αυτή η γραμμή παρουσιάζεται με τη μορφή 3-4 φω-



Σχήμα 1 .

Δορυφορική εικόνα Landsat-5 TM, φασματική ζώνη 4.

Φωτογραμμώσεις που συγκροτούν τη ρηξιγενή γραμμή Μπάρας [1].

Φωτογραμμώσεις που συγκροτούν τη ρηξιγενή γραμμή Κοκκινοπηλού [2].

Φωτογραμμώσεις που συγκροτούν τη ρηξιγενή ζώνη Υποβάθρου - Αλλουβιακών Ριπιδίων [3].

Φωτογραμμώσεις που συγκροτούν τη ρηξιγενή γραμμή του ρέματος Ξερολάκκι [4].

Φωτογραμμώσεις που συγκροτούν τη ρηξιγενή γραμμή της κοιλάδας του Ενιπέα [5].

Φωτογραμμώσεις που συγκροτούν τη ρηξιγενή γραμμή της κοιλάδας του Σπαρμού [6].

Φωτογραμμώσεις που συγκροτούν τη ρηξιγενή γραμμή του ρέματος Λαζή Γριβα [7].

τογραμμώσεων. Οι φωτογραμμώσεις αυτές έχουν σημαντικό μήκος και μπορεί να θεωρηθεί ότι η μια αποτελεί συνέχεια της άλλης, σχηματίζοντας έτσι όλες μαζί τη ρηξιγενή γραμμή Μπάρας, με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ (50°-55°) (βλ. σχήμα 1).

Η γεωλογική θέση της γραμμής αυτής προσδιορίζεται στο σχ. 2, στο οποίο φαίνεται ότι οριοθετείται από τη Βόρεια πλευρά την αυτόχθονη ανθρακική μάζα του Ολύμπου.

Πρόκειται για μια μεταπτωτικού χαρακτήρα ρηξιγενή γραμμή, με μετάπτωση προς τα ΒΔ, η οποία έχει προκαλέσει την αποκοπή και βύθιση των Ιουρασικών ηλικίας ασβεστολίθων, οι οποίοι καλύπτονται στη συνέχεια από τα Νεογενή - Τεταρτογενή ιζήματα. Η συνέχεια προς τα νοτιοδυτικά της ρηξιγενούς αυτής γραμμής φαίνεται να έχει επηρεάσει σημαντικά τόσο τους Κρητιδικής ηλικίας ασβεστόλιθους όσο και τον Ηωκαινικής ηλικίας Φλύσχη.

Από μορφολογική άποψη η ρηξιγενής αυτή γραμμή έχει διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του σημερινού αναγλύφου - τοπογραφίας της ευρύτερης περιοχής (Σχ. 5), λόγω της μετάπτωσης του ΒΔ τμήματος αυτής.

Η μετάπτωση αυτή, η οποία θα πρέπει να υπήρξε ιδιαίτερα σημαντική, προκάλεσε την ταπείνωση του βασικού επιπέδου των ρεμάτων του βόρειο-βορειοδυτικού Ολύμπου και κατά συνέπεια οδήγησε στην ανανέωση των προϋπαρχου-

σών κοιλάδων, νότια από τη ρηξιγενή γραμμή.

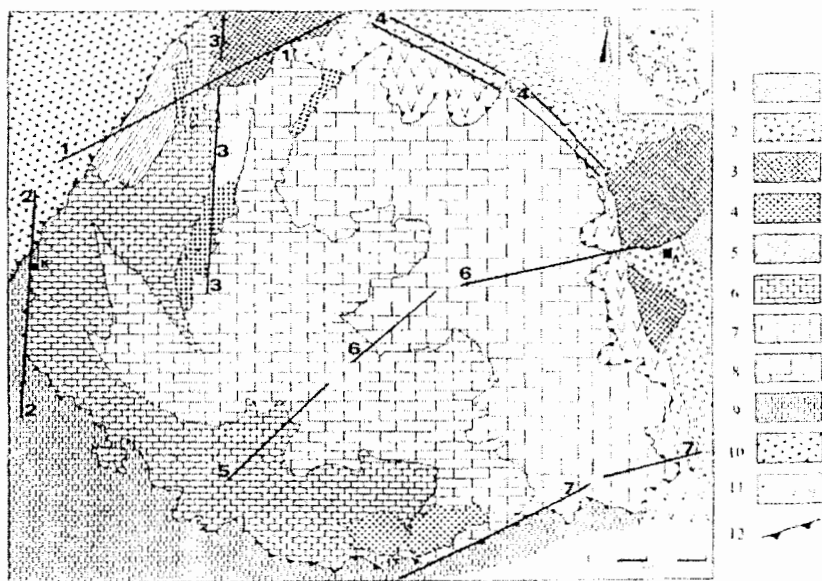
Μελετώντας τις τιμές των κλίσεων, εκατέρωθεν της ρηξιγενούς γραμμής της Μπάρας (Σχ. 5.6), παρατηρούμε την απότομη μεταβολή αυτών και συγκεκριμένα, την απότομη αύξηση της τιμής της κλίσης από τα ΒΔ προς τα ΝΑ, στη θέση όπου εντοπίζεται η ρηξιγενής γραμμή της Μπάρας.

II. ΡΗΞΙΓΕΝΗΣ ΓΡΑΜΜΗ ΚΟΚΚΙΝΟΠΗΛΟΥ

Η ρηξιγενής γραμμή Κοκκινοπηλού αποτελεί μια μεγάλου μήκους (περίπου 8 Km) ρηξιγενή γραμμή, η οποία οριοθετεί τον Όλυμπο από τη δυτική πλευρά. Στις δορυφορικές εικόνες εμφανίζεται με τη μορφή δύο φωτογραμμώσεων μεγάλου μήκους, με διεύθυνση Β-Ν περίπου (σχ. 1). Βόρεια η γραμμή αυτή φαίνεται να διακόπτεται από τη ρηξιγενή ζώνη Μπάρας.

Η γεωλογική θέση της γραμμής αυτής ταυτίζεται με τη γραμμή επώθησης των πετρωμάτων της ενότητας "Αμπελάκια" πάνω στην αυτόχθονη ανθρακική μάζα του Ολύμπου και συγκεκριμένα, πάνω στους ασβεστόλιθους και δολομίτες Κρητιδικής ηλικίας (Σχήμα 2).

Λαμβάνοντας υπόψη τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής αυτής, συμπεραίνουμε ότι η γραμμή επώθησης λειτουργεί σήμερα ως μια μεταπτωτικού χαρακτήρα ρηξιγενής γραμμή, με μετάπτωση προς τα δυτικά.



Σχήμα 2. Απλοποιημένο γεωλογικό σκαρίφημα της ευρύτερης περιοχής μελέτης, με γεωλογικά στοιχεία από Godfriaux 1968, Φιλοβίκος 1981, και Κίλιας & Μουντράκης 1987. [1]: χαλαρά ριπιδιοπαγή 3^{ης} γενιάς ριπιδίων (M-A Πλειστοκόαινο) [2]: εναλλαγές από συμπαγή και χαλαρά ριπιδιοπαγή 2^{ης} γενιάς ριπιδίων (K-M Πλειστοκόαινο), [3]: συμπαγή ριπιδιοπαγή 1^{ης} γενιάς ριπιδίων (Βιλαφράγκιο - Κάτω Πλειστοκόαινο), [4]: τεταρτογενείς αποθέσεις, [5]: φλύσχης Ηωκαίνου, [6]: ασβεστόλιθοι και δολομίτες Κρητιδικού - Ηωκαίνου, [7]: ασβεστόλιθοι και δολομίτες Ιουρασικού, [8]: ασβεστόλιθοι και δολομίτες Άνω Τριαδικού, [9]: πετρώματα της σειράς "Άμπελάκια", [10]: πετρώματα της Πελαγονικής ζώνης, [11]: οφιόλιθοι και συνοδά ιζήματα (Ηωελληνικό κάλυμμα) και [12]: γραμμή επώθησης. Κ=Κοκκινόπηλος, Λ=Λιτόχωρο.

Στο γεωλογικό αυτό σκαρίφημα παρουσιάζονται οι παρακάτω ρηξιγενείς γραμμές που εντοπίσθηκαν με τη χρήση ψηφιακής επεξεργασμένων δορυφορικών εικόνων LANDSAT-5/TM και Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών: **1.** Ρηξιγενής γραμμή Μπάρας, **2.** Ρηξιγενής γραμμή Κοκκινόπηλου, **3.** Ρηξιγενής γραμμή του ρέματος Ξερολάκκι, **4.** Ρηξιγενής ζώνη Υποβάθρου - Αλλουβιακών ριπιδίων, **5.** Ρηξιγενής γραμμή Σπαρμού, **6.** Ρηξιγενής γραμμή Ενιππέα, και **7.** Ρηξιγενής γραμμή του ρέματος Λαζή Γρίβα.

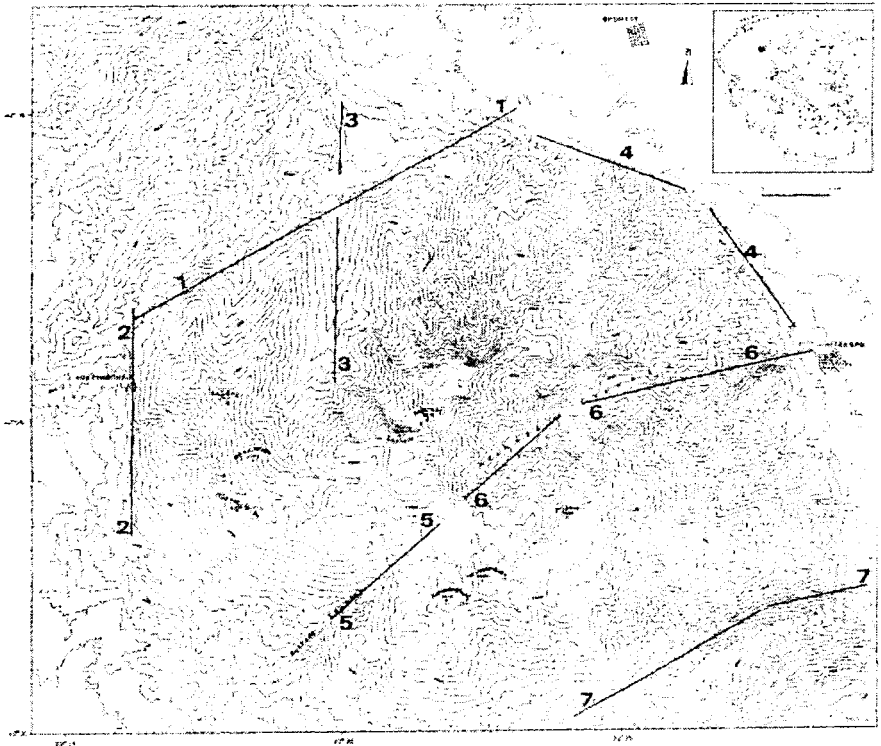
Η λειτουργία της γραμμής Κοκκινόπηλου, με μεταπτωτικό χαρακτήρα, είναι βέβαιο ότι προκάλεσε την ταπείνωση του βασικού επιπέδου των ρεμάτων, που αποστραγγίζουν το δυτικό τμήμα του Ολύμπου. Η ταπείνωση αυτή οδήγησε στην ανανέωση των προϋπαρχουσών κοιλάδων της περιοχής, πάνω από αυτή, λόγω αύξησης της διαβρωτικής τους ικανότητας (Σχ. 6).

Μελετώντας τις τιμές των κλίσεων εκατέρωθεν της γραμμής Κοκκινόπηλου παρατηρούμε την απότομη μεταβολή αυτών και, συγκεκριμένα, την απότομη αύξηση της τιμής της κλίσης από τα Δυτικά προς τα Ανατολικά.

III. ΡΗΞΙΓΕΝΗΣ ΖΩΝΗ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ - ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΩΝ ΡΙΠΙΔΙΩΝ

Η ρηξιγενής ζώνη υποβάθρου - αλλουβιακών ριπιδίων, στο βόρειο-βορειοανατολικό τμήμα του Ολύμπου, αποτελεί ίσως τη σημαντικότερη ρηξιγενή ζώνη, που εντοπίζεται στην ευρύτερη περιοχή του όρους, αφού φαίνεται να έχει διαδραματίσει σημαντικότατο ρόλο στην γεωμορφολογική εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής. Η ζώνη αυτή από τον Φιλοβίκο (1981) αναφέρεται ως ζώνη των περιθωριακών ρηγμάτων του Ολύμπου.

Η ρηξιγενής αυτή ζώνη είναι ιδιαίτερα εμφανής τόσο στις αρχικές φασματικές ζώνες της δορυφορικής εικόνας LANDSAT-5/TM όσο και



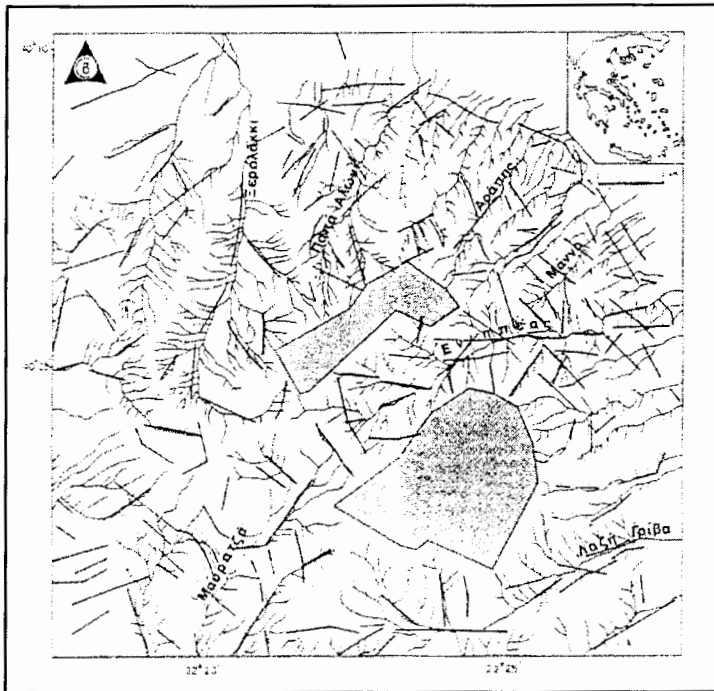
Σχίμα 3. Τοπογραφικό σκαρίφημα της ευρύτερης περιοχής μελέτης, στο οποίο παρουσιάζονται οι παρακάτω ρηξιγενείς γραμμές που εντοπίστηκαν με τη βοήθεια: α) των ψηφιακά επεξεργασμένων δορυφορικών εικόνων LANDSAT-5/TM και β) του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών. **1.** Ρηξιγενής γραμμή Μπράρας, **2.** Ρηξιγενής γραμμή Κοκκινόπηλου, **3.** Ρηξιγενής γραμμή του ρέματος Ξερολάκκι, **4.** Ρηξιγενής ζώνη Υποβάθρου - Αλλουβιακών ριπιδίων, **5.** Ρηξιγενής γραμμή Σπαρμού, **6.** Ρηξιγενής γραμμή Ενιπέα, και **7.** Ρηξιγενής γραμμή του ρέματος Λαζή Γρίβα

στις πολυφασματικές (False Colour Composites / FCC) εικόνες, που δημιουργήθηκαν και ερμηνεύτηκαν στην παρούσα εργασία. Πιο συγκεκριμένα η ζώνη αυτή παρουσιάζεται με τη μορφή πολυάριθμων φωτογραμμώσεων, οι οποίες έχουν σημαντικά μικρότερο μήκος σε σύγκριση με τις φωτογραμμώσεις των άλλων ρηξιγενών γραμμών, που εντοπίζονται στον Ολύμπο. Η έντονη εμφάνιση της ζώνης αυτής, στις δορυφορικές εικόνες, αποδίδεται στο γεγονός ότι "οι μεταπτωτικές κινήσεις των ρηγμάτων έχουν προκαλέσει βύθιση του υποβάθρου ή έχουν δημιουργήσει μια ζώνη ισχυρής μωλυντίωσης πάνω σ' αυτό" (Ψιλοβίκος 1981), με αποτέλεσμα οι περιοχές αυτές να παρουσιάζουν σημαντικές διαφορές στις ραδιο-

μετρικές τους τιμές.

Στο βόρειο τμήμα του Ολύμπου, οι φωτογραμμώσεις εμφανίζονται κατά ζεύγη και έχουν διεύθυνση περίπου Α-Δ, ενώ στο βορειοανατολικό-ανατολικό τμήμα αυτού η διεύθυνση των φωτογραμμώσεων αλλάζει σταδιακά και γίνεται ΒΔ-ΝΑ (Σχήματα 1, 2, 3, και 4).

Όλα τα ρήγματα της ρηξιγενούς αυτής ζώνης φαίνεται να έχουν μεταπτωτικό χαρακτήρα, με μετάπτωση προς τα Β έως ΒΑ. Η μετάπτωση αυτή θα πρέπει να θεωρηθεί ιδιαίτερα σημαντική, η οποία σύμφωνα με τον Ψιλοβίκο (1981) δημιούργησε τις προϋποθέσεις για την απόθεση των μεταφερόμενων από τα ρέματα υλικών και τον αρχικό σχηματισμό των ριπιδίων.



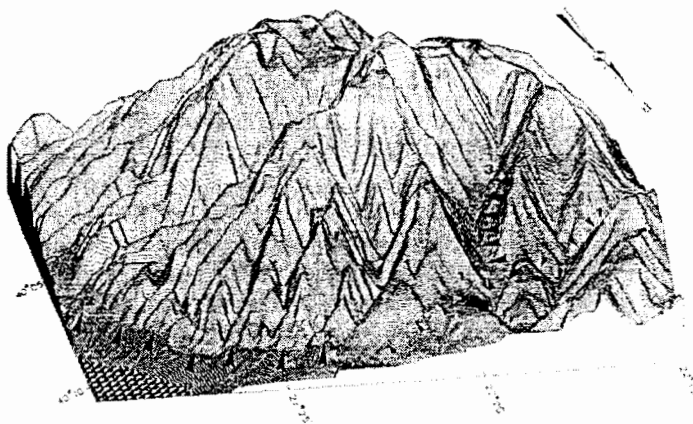
Σχήμα 4. Χάρτης του υδρογραφικού δικτύου του Ολύμπου, που προέκυψε από την ερμηνεία της δορυφορικής εικόνας PCA. Πάνω σ' αυτόν προστέθηκαν τα ρήγματα της περιοχής, που εντοπίστηκαν με τη βοήθεια των ψηφιακά επεξεργασμένων δορυφορικών εικόνων LANDSAT-5/TM και του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών.

Η δράση των ρηγμάτων αυτών είχε ως συνεπακόλουθο την ανανέωση όλης της Α-ΒΑ πλευράς του Ολύμπου, η οποία παρουσιάζει χαρακτηριστικές νεότητας, αφού το ανάγλυφο είναι ιδιαίτερα τραχύ (υψηλές τιμές κλίσης) (Σχ. 3 και Σχ. 4) με έντονα τα φαινόμενα διάβρωσης. Το γεγονός αυτό από μορφολογική άποψη διαφοροποιεί σημαντικά το τμήμα αυτό του Ολύμπου σε σύγκριση με

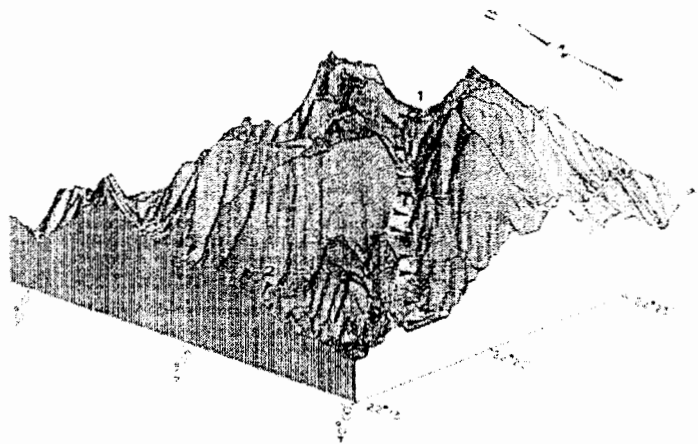
το ΝΝΔ τμήμα αυτού, που χαρακτηρίζεται από ομαλότερο ανάγλυφο (Σχ. 3).

IV. ΡΗΞΙΓΕΝΗΣ ΓΡΑΜΜΗ ΤΟΥ ΡΕΜΑΤΟΣ ΞΕΡΟΛΑΚΚΙ

Η ρηξιγενής γραμμή κατά μήκος της ασύμμετρης κοιλάδας του ρέματος Ξερολάκκι, στο βόρειο τμήμα του όρους Όλυμπος, αποτελεί μια α-



Σχήμα 5. Τρισδιάστατη παρουσίαση του "ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου" (ΨΜΑ) της περιοχής του Ολύμπου, το οποίο δημιουργήθηκε με τη χρήση του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών. Σ' αυτό εντοπίζονται: η ρηξιγενής γραμμή της Μπάρας [1], η ρηξιγενής ζώνη Υποβάθρου - Αλλοβιακών ριπιδίων [2] και η ρηξιγενής γραμμή του ρέματος Ξερολάκκι [3].



Σχήμα 6. Τρισδιάστατη παρουσίαση του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου της περιοχής του Ολύμπου, το οποίο δημιουργήθηκε με τη χρήση του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών. Σ' αυτό εντοπίζονται: η Ρηξιγενής γραμμή του Σαρμού [1] και η Ρηξιγενής ζώνη Κοκκινόπηλου [2].

πό τις μεγαλύτερες ρηξιγενείς γραμμές μέσα στο χώρο της σχετικά αυτόχθονης ανθρακικής μάζας του Ολύμπου.

Το στόμιο της κοιλάδας αυτής καταλήγει στη ρηξιγενή ζώνη ΒΔ του Ολύμπου και με διεύθυνση περίπου Β-Ν κατευθύνεται μέχρι το κεντρικό τμήμα αυτού (Σχ. 3).

Τόσο στις επεξεργασμένες (βελτιωμένες) όσο και στις αρχικές φασματικές ζώνες της εικόνας LANDSAT-5/TM, η ρηξιγενής γραμμή του ρέματος Ξερολάκκι είναι εξαιρετικά ευδιάκριτη. Παρουσιάζεται με τη μορφή μεγάλου μήκους (περίπου 8Km) φωτογραμμώσεων τόσο κατά μήκος της κοιλάδας όσο και με διάφορες γωνίες προς αυτή (βλ. σχ. 1).

Από τη σύγκριση του υδρογραφικού δικτύου με τις φωτογραμμώσεις (Σχ. 4) προκύπτει ότι η ρηξιγενής τεκτονική αποτέλεσε έναν σημαντικό παράγοντα δημιουργίας της κοιλάδας του ρέματος Ξερολάκκι.

Στο χώρο της κοιλάδας επικρατεί η Β-Ν διεύθυνση ρηξιγενής γραμμή, κατά μήκος αυτής, η οποία παρουσιάζει μεταπτωτικό χαρακτήρα, με μετάπτωση του δυτικού τμήματος αυτής, γεγονός που επιτρέπει το συσχετισμό - παραλληλισμό της με την ρηξιγενή γραμμή του Κοκκινόπηλου.

Η γεωλογική θέση της ζώνης αυτής φαίνεται στο Σχήμα 2, από το οποίο προκύπτει ότι πιθανότατα αυτή αποτελεί το όριο μεταξύ των Ιουρασιακής ηλικίας με τους Κρητιδικής ηλικίας ασβεστόλιθους, το οποίο βρίσκεται σήμερα κάτω

από τις τεταρτογενείς αποθέσεις.

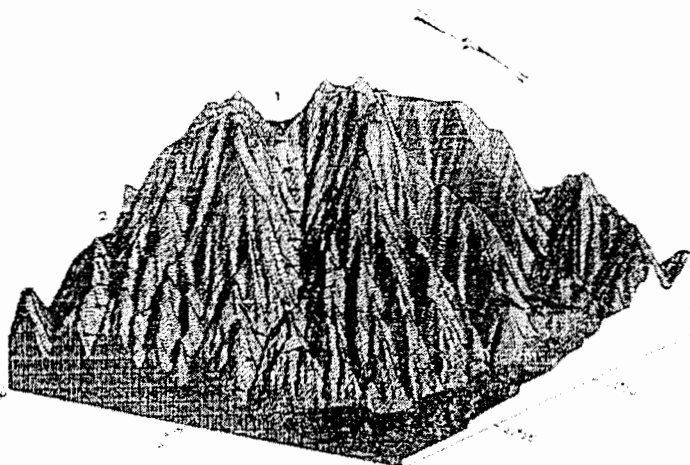
Ν. ΡΗΞΙΓΕΝΗΣ ΓΡΑΜΜΗ ΕΝΙΠΠΕΑ

Η ρηξιγενής γραμμή του Ενιππέα, στο ανατολικό τμήμα του Ολύμπου, αποτελεί την κυριότερη και πολυπλοκότερη ρηξιγενή γραμμή της περιοχής μελέτης. Στις ψηφιακά επεξεργασμένες δορυφορικές εικόνες είναι ιδιαίτερα εμφανής, αφού εντοπίζονται σ' αυτές φωτογραμμώσεις μεγάλου μήκους και ποικίλης διεύθυνσης (σχ. 1).

Στο κεντρικό τμήμα του Ολύμπου, μέσα στην κοιλάδα του Ενιππέα, εντοπίζονται μεγάλου μήκους φωτογραμμώσεις με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, παράλληλες δηλαδή με εκείνες των ρηξιγενών γραμμών της Μπάρας και του Σαρμού. Ταυτόχρονα όμως, εντοπίζονται και φωτογραμμώσεις σχετικά μεγάλου μήκους (περίπου 3 Km), με διεύθυνση Α-Δ, οι οποίες διακόπτονται και επηρεάζονται άμεσα τις προηγούμενες φωτογραμμώσεις (Σχ. 1), ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης.

Στο ανατολικό τμήμα του Ολύμπου η κοιλάδα του Ενιππέα έχει διεύθυνση Α-Δ και στις δορυφορικές εικόνες "δεσπόζουσα θέση" κατέχουν οι φωτογραμμώσεις της ίδιας διεύθυνσης, οι οποίες μερικές φορές παρουσιάζονται ως παράλληλα ζεύγη. Ταυτόχρονα όμως στην ίδια περιοχή εντοπίζεται και ένας σημαντικός αριθμός φωτογραμμώσεων με διευθύνσεις ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ (Σχ. 1).

Οι φωτογραμμώσεις ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης ταυτίζονται με τα ρήγματα, που παρουσιάζει ο γεωλογικός χάρτης του Godfriaux (1968). Αντίθετα, οι φωτογραμμώσεις, ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, εντοπίζονται κατά μήκος ασύμμετρων κοιλάδων (Σχ. 4),



Σχήμα 7. Τρισδιάστατη παρουσίαση του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου της περιοχής του Ολύμπου, το οποίο δημιουργήθηκε με τη χρήση του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών. Σ' αυτό εντοπίζονται η [1]: Ρηξιγενής γραμμή του Ενιπέα και [2]: Ρηξιγενής ζώνη του ρέματος Λαζή Γριβα.

γεγονός το οποίο επιτρέπει να υποθέσουμε ότι πιθανόν πρόκειται για ρήγματα.

Όπως προκύπτει και από το Σχήμα 2, η ρηξιγενής ζώνη του Ενιπέα ξεκινάει από τα Ιουραϊκής ηλικίας ανθρακικά πετρώματα και στη συνέχεια αναπτύσσεται αποκλειστικά στους ασβεστόλιθους και δολομίτες Τριαδικής ηλικίας. Η συνέχεια αυτής επηρεάζει τόσο τους οφιόλιθους και τα συνοδά τους ιζήματα Ηωελληνικό κάλυμμα όσο και τα αλλουβιακά ριπίδια στους πρόποδες του όρους.

Τέλος, από μορφολογική άποψη η ρηξιγενής ζώνη του Ενιπέα φαίνεται να διχοτομεί τον Όλυμπο σε δύο τμήματα. Στο βόρειο τμήμα, όπου επικρατούν κοιλάδες ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, και στο νότιο τμήμα, όπου οι διευθύνσεις των κοιλάδων είναι ΑΒΑ-ΔΝΔ (Σχήματα 3 και 4).

VI. ΡΗΞΙΓΕΝΗΣ ΓΡΑΜΜΗ ΣΠΑΡΜΟΥ

Η ρηξιγενής γραμμή του Σπαρμού, κατά μήκος της κοιλάδας του ρέματος Μαυρατζά, στο νότιο-νοτιοδυτικό τμήμα του Ολύμπου αποτελεί μια σημαντικού μήκους, ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, ρηξιγενή γραμμή.

Στις δορυφορικές εικόνες η ζώνη αυτή παρουσιάζεται με τη μορφή σχετικά μεγάλου μήκους (περίπου 4 Km), ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης φωτογραμμώσεις κατά μήκος της κοιλάδας Σπαρμού. Ταυτόχρονα, μικρότερου μήκους και διαφορετικών διευθύνσεων (ΑΒΑ-ΔΝΔ, ΒΒΔ-ΝΝΑ) φωτογραμμώσεις (σχ. 1) εντοπίζονται στην ευρύτερη περιοχή και δείχνουν να Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

επηρεάζουν σημαντικά τη γραμμή αυτή.

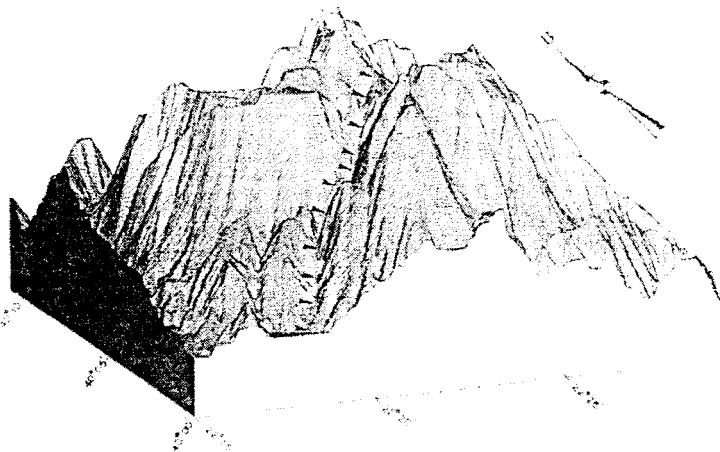
Η ρηξιγενής γραμμή Σπαρμού εντοπίζεται τόσο μέσα στους Ιουραϊκής όσο και μέσα στους Κρητιδικής ηλικίας ασβεστόλιθους και δολομίτες, ενώ συνεχίζει νοτιότερα στα πετρώματα της ενότητας "Αμπελάκια" (Σχ. 2).

Συνδυάζοντας τη ρηξιγενή ζώνη Σπαρμού με το δυτικό τμήμα της ρηξιγενούς ζώνης Ενιπέα, με ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση, είναι δυνατόν να υποθέσουμε ότι οι ζώνες αυτές αποτελούσαν μια κοινή ρηξιγενή γραμμή, ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, της οποίας η συνέχεια βρίσκεται κατά μήκος της κοιλάδας του ρέματος Μάννα. Η μεγάλη αυτή ρηξιγενής γραμμή, ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, διχοτομούσε ολόκληρο το όρος Όλυμπος.

Η ρηξιγενής αυτή γραμμή, με ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση, είναι παράλληλη με τις δύο άλλες μεγάλες γραμμές: α) της Μπάρας και β) του ρέματος Λαζή Γριβα, οι οποίες οριοθετούν από το βορρά και από το νότο την ορεινή ανθρακική μάζα του Ολύμπου (Σχ. 2).

VII. ΡΗΞΙΓΕΝΗΣ ΓΡΑΜΜΗ ΤΟΥ ΡΕΜΑΤΟΣ ΛΑΖΗ ΓΡΙΒΑ

Η ρηξιγενής ζώνη κατά μήκος της κοιλάδας του ρέματος Λαζή Γριβα, στο ανατολικό τμήμα του Ολύμπου, αποτελεί μια πολύ μεγάλο μήκους γραμμή, η οποία παράλληλα έως υποπαράλληλα προς την ρηξιγενή ζώνη του Ενιπέα, (Σχ. 7) και νοτιότερα από αυτή, επηρεάζει σημαντικά το νότιο τμήμα των αυτόχθονων ανθρακικών πετρωμά-



Σχήμα 8. Τρισδιάστατη παρουσίαση του ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου της περιοχής του Ολύμπου, το οποίο δημιουργήθηκε με τη χρήση Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών. Σ' αυτό εντοπίζεται η Ρηξιγενής γραμμή του Σπαρμού (με βέλη).

των της σειράς του Ολύμπου.

Στις δορυφορικές εικόνες η γραμμή αυτή εντοπίζεται ως μια συνεχόμενη φωτογράμμωση μεγάλου μήκους (περίπου 16 Km) (σχ. 1).

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον Όλυμπο εντοπίζεται ένας σημαντικά μεγάλος αριθμός ρηγμάτων, που έχουν διαδραματίσει σημαντικό - καθοριστικό ρόλο στη σημερινή διαμόρφωση του αναγλύφου. Τα ρήγματα αυτά εντοπίστηκαν με τη χρήση:

α) μεθόδων ψηφιακής επεξεργασίας της δορυφορικής εικόνας LANDSAT-5/TM, που κάλυπτε την περιοχή του Ολύμπου όρους και

β) του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών (IDRISI), με το οποίο ελέγχθηκε ο τεκτονικός χαρακτήρας των φωτογραμμώσεων.

Τα ρήγματα αυτά με βάση τις διευθύνσεις τους θα μπορούσαν να ομαδοποιηθούν στις παρακάτω ομάδες:

A. Ρήγματα B-N και BBD-NNΑ διεύθυνσης.

Πρόκειται για ολιγάριθμα ρήγματα, μεγάλου μήκους, τα οποία συναντώνται σχεδόν αποκλειστικά στη δυτική πλευρά του Ολύμπου. Τα κυριότερα και μεγαλύτερα από αυτά συγκροτούν τις ρηξιγενείς γραμμές του Κοκκινόπηλου και του ρέματος "Ξερολάκκι".

Τα ρήγματα αυτά παρουσιάζουν μεταπτωτικό χαρακτήρα, με μετάπτωση του δυτικού τμήματος

αυτών, και είναι πολύ πιθανό να έχουν δεχτεί στη συνέχεια την επίδραση των BA-NA, ΒΔ-NA και Α-Δ διεύθυνσης ρηγμάτων.

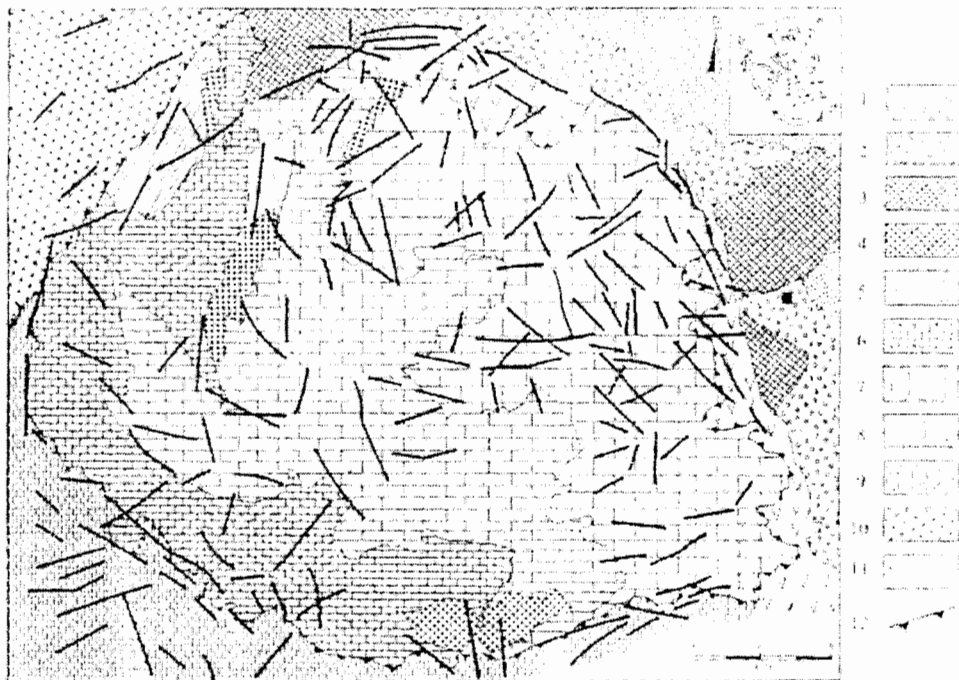
Ρήγματα διεύθυνσης Β-Ν έως ΒΒΔ-ΝΝΑ έχουν βρεθεί - μελετηθεί σε σχετικά γειτονικές περιοχές, τόσο στη λεκάνη Φλώρινας - Βεγορίτιδας - Πτολεμαΐδας (Παυλίδης 1985) όσο και νοτιότερα στη Θεσσαλία (Caruto 1990) και αποδίδονται σε μία Ανωτέρου Μειοκαινού-Πλειοκαινού νεοτεκτονική "φάση" με διεύθυνση εφελκυσμού ΒΑ-ΝΔ. Σύμφωνα με τους Ψιλοβίκος et al. (1981) στα ρήγματα αυτά αποδίδεται η δημιουργία των κεντρικών βυθισμάτων Φλώρινας, Αμυνταίου, Πτολεμαΐδας, Κοζάνης - Σερβίων κ.ά.

B. Ρήγματα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης.

Πρόκειται για πολυάριθμα ρήγματα, μεγάλου μήκους, που εντοπίζονται σ' ολόκληρη την έκταση του Ολύμπου, αλλά η κυριότερη συγκέντρωσή τους παρατηρείται στο βορειοανατολικό τμήμα αυτού.

Στα ρήγματα αυτά οφείλεται, κατά πάσα πιθανότητα, η ανάπτυξη των κοιλάδων ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, των ρεμάτων Αράπλακκος, Αράπης, Μάννα, Μαυρατζά και Ενιππέα. Τα σημαντικότερα από αυτά συγκροτούν: α) το δυτικό τμήμα της ρηξιγενούς γραμμής Ενιππέα, β) τη ρηξιγενή γραμμή Σπαρμού, γ) τη ρηξιγενή γραμμή Μπάρας και δ) τη ρηξιγενή γραμμή Λαζή Γρίβα.

Η δημιουργία των ρηγμάτων, ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης, στην ευρύτερη περιοχή του Πελαγονικού τε-



Σχήμα 9. Απλοποιημένο γεωλογικό σκαρίφημα της ευρύτερης περιοχής μελέτης, με στοιχεία από τους : Godfriaux 1986, Ψιλοβίκος 1981, Κίλιας & Μουντράκης 1987 και Κίλιας 1991. [1]: χαλαρά ριπιδιοπαγή 3^{ης} γενιάς ριπιδίων (M-A Πλειστόκαινο) [2]: εναλλαγές από συμπαγή και χαλαρά ριπιδιοπαγή 2^{ης} γενιάς ριπιδίων (K-M Πλειστόκαινο), [3]: συμπαγή ριπιδιοπαγή 1^{ης} γενιάς ριπιδίων (Βιλλαφρόγκιο - Κάτω Πλειστόκαινο), [4]: τεταρτογενείς αποθέσεις, [5]: φλύσξης Ηωκαίνου, [6]: ασβεστόλιθοι και δολομίτες Κρητιδικού - Ηωκαίνου, [7]: ασβεστόλιθοι και δολομίτες Ιουρασικού, [8]: ασβεστόλιθοι και δολομίτες Άνω Τριαδικού, [9]: πετρώματα της σειράς "Άμπελάκια", [10]: πετρώματα της Πελαγονικής ζώνης, [11]: οφειόλιθοι και συνοδά ιζήματα (Ηωελληνικό κάλυμμα) και [12]: γραμμή επώθησης. Κ=Κοκκινόπηλος, Λ=Λιτόχωρο.

μάχους αποδίδεται στη "φάση" εφελκυσμού του Τεταρτογενούς (Ψιλοβίκος et al. 1989). Τα ρήγματα αυτά προκάλεσαν τη δημιουργία εξαρμάτων και βυθισμάτων, που εμφανίζονται σχεδόν εγκάρσια στην αρχική επιμήκη διεύθυνση (BA-NA).

Γ. Ρήγματα Α-Δ και ΑΒΑ-ΔΝΔ διεύθυνσης.

Πρόκειται για ρήγματα με ποικίλο μήκος, το πλήθος των οποίων είναι σημαντικά μικρότερο από τα ρήγματα ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης. Εντοπίζονται σ' ολόκληρο τον Όλυμπο, ενώ η σημαντικότερη συγκέντρωσή τους παρατηρείται στο ανατολικό τμήμα αυτού.

Τα περισσότερα από αυτά παρατηρούνται κατά

μήκος των κοιλάδων του ανατολικού τμήματος του Ολύμπου και, αναμφίβολα, έχουν διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη σημερινή μορφολογική εικόνα αυτού. Πιο συγκεκριμένα, με βάση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά - γεωμετρία των κοιλάδων προκύπτει ότι η δράση των ρηγμάτων αυτών μετέβαλε την αρχική ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση των κοιλάδων, που παρατηρείται στο κεντρικό τμήμα του Ολύμπου, με αποτέλεσμα σήμερα οι κοιλάδες αυτές να καταλήγουν, στο ανατολικό τμήμα με διεύθυνση Α-Δ.

Είναι επίσης βέβαιο ότι τα ρήγματα, Α-Δ διεύθυνσης, που μελετήθηκαν σ' ολόκληρο το χώρο του Αιγαίου, να χαρακτηρίζονται ως τα νεότερα, τα οποία επηρεάζουν τις προϋπάρχουσες τεκτο-

νικές γραμμές άλλων διευθύνσεων και που συνδέονται με το σημερινό εφελκυστικό πεδίο Β-Ν, που επικρατεί στο βορειοελλαδικό χώρο από το Κάτω - Μέσο Τεταρτογενές.

Δ. Ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης.

Πρόκειται για πολυάριθμα ρήγματα, με μήκος το οποίο ποικίλλει, αλλά που είναι σημαντικά μικρότερο σε μήκος από εκείνο των ΒΑ-ΝΔ ρηγμάτων. Αυτά εντοπίζονται τόσο στο χώρο της παρασυτόχθονης ανθρακικής μάζας του Ολύμπου όσο και στο βορειοανατολικό περιθώριο αυτού.

Στο γεωλογικό αυτό σκαρίφημα παρουσιάζονται τα ρήγματα που εντοπίσθηκαν με τη χρήση: α) της ψηφιακής επεξεργασίας δορυφορικών εικόνων LANDSAT-5/TM και β) του Συστήματος Γεωγραφικών Πληροφοριών.

Η παρουσία αυτών των ρηγμάτων στο κεντρικό τμήμα του όρους Όλυμπος συνδέεται άμεσα με τη δημιουργία ασύμμετρων κοιλάδων (βλ. χάρτη υδρογραφικού δικτύου και ρηγμάτων Σχ. 4) και, κατά συνέπεια, θα πρέπει, λόγω του μεταπτωτικού τους χαρακτήρα, να ευνόησαν το σχηματισμό βυθισμάτων και εξαρμάτων. Τα βυθίσματα αυτά με τη σειρά τους ευνόησαν τη δημιουργία παγετώνων ("ζώνες τροφοδοσίας" παγετώνων, Σωτηριάδης 1984), η διαβρωτική δράση των οποίων διαδραμάτισε σημαντικό ρόλο στη σημερινή μορφολογία στην υψηλότερη ζώνη του Ολύμπου.

Η παρουσία των ρηγμάτων στο βορειοανατολικό περιθώριο του όρους είναι ιδιαίτερα σημαντική, αφού αυτά συγκροτούν την ρηξιγενή ζώνη Υποβάθρου-Αλλουβιακών ριπιδίων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- CAPUTO, R. (1990). Geological and structural study of the recent and active brittle deformation of the neogene - quaternary basins of Thessaly (Central Greece). *Ph. D. Thesis, Arist. Univ. of Thessaloniki*, 252p.
- FAUGERES, L. (1975). Recherches geomorphologique en Grece septentrionale (Macedoine centrale, Macedoine occidentale). *These Univ. de Paris, IV*, 849p.
- GODFRIAUX, I. (1968). Etude geologique de la region de l' Olympe (Grece). *Ann. Geol. Pays Hellen.*, 19, 1-280.
- GUPTA, R.P. (1991). Remote Sensing Geology. *Springer - Verlag, Berlin*, 356p.
- ΚΙΛΙΑΣ, Α. και ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. (1989). Το τεκτονικό κάλυμμα της Πελεγονικής. Τεκτονική, μεταμόρφωση και μαγματισμός. *Πρακτικά του 4^{ου} Συνεδρίου της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας*, XXIII/1, σελ. 29-46.
- ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. (1983). Η γεωλογική δομή της Βόρειας Πελαγονικής ζώνης και η γεωτεκτονική εξέλιξη των Εσωτερικών Ελληνίδων. *Πραγματεία για Υψηγεία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*, σελ. 289.
- O'LEARY, D., FRIEDMAN, J., and POHN, H. (1976). Lineament, linear, lineation, some proposed new standards for old terms. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 87, 1403-1469.
- ΠΑΥΛΙΔΗΣ, Σ. (1985). Νεοτεκτονική εξέλιξη της λεκάνης της Φλώρινας - Βεγορίτιδας - Πτολεμαΐδας (Δ. Μακεδονία). *Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*, σελ. 265.
- SCHMITT, A. (1983). Nouvelles contributions a l' etude geologique des Pieria de l' Olympe et de l' Ossa (Grece du Nord). *These Doctorat Univ. Mons*, 400p.
- ΣΟΥΛΑΚΕΛΜΗΣ, Ν., (1994). Συμβολή της ανάλυσης δορυφορικών εικόνων LANDSAT-5/TM και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών -GIS, στην τεκτονική - γεωμορφολογία περιοχών του Βορειοελλαδικού χώρου, *Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*, σελ. 233.
- ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ, Λ. (1984). Μαθήματα Φυσικής Γεωγραφίας. *Αριστοτέλειο Παν/μιο Θεσσαλονίκης*, 330 σελ.
- ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α. (1981). Γεωμορφολογικές, μορφογενετικές, τεκτονικές, ιζηματολογικές και κλιματικές διεργασίες που οδήγησαν στο σχηματισμό και στην εξέλιξη σύνθετων αλλουβιακών ριπιδίων στον Όλυμπο. *Πραγματεία για Υψηγεία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης*, 158 σελ.
- ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ Α., ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. και ΠΑΥΛΙΔΗΣ, Σ. (1989). Μορφολογικές και τεκτονικές συσχετίσεις στο χώρο του "Πελαγονικού Τεμάχους". *Πρακτικά του 4ου Συνεδρίου της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας*, XXIII, σελ.271-278.