

Πρακτικά		4ου Συνεδρίου		Μάιος 1988	
Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ. XXIII/3	σελ. 241-258		Αθήνα	1989
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.		Athens	

## ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΗΣ ΡΗΞΙΓΕΝΟΥΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΖΙΜΠΕΛΙ (ΑΝΑΤΟΛΙΚΑ ΤΗΣ ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ)

Η. ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΥ, Ε. ΛΟΓΟΥ, Σ. ΛΟΖΙΟΥ, Ι. ΦΟΥΝΤΟΥΛΗ \*

### Σ Υ Ν Ο Ψ Η

Η ρηξιγενής επιφάνεια του Ζίμπελι αποτελεί ίσως το μοναδικό παράδειγμα στον χώρο της νότιας Πελοποννήσου, γιατί πάνω της έχουν καταγραφεί πολλές φάσεις παραμόρφωσης της νεοτεκτονικής περιόδου. Η παρουσία γραμμών προστρίβης με διάφορες διευθύνσεις, τα διαδοχικά τεκτονικά λατυποπαγή, τα συστήματα των διαρρήξεων που τέμνουν την επιφάνεια σε μία εν echelon διάταξη και η καμπυλότητα που παρουσιάζει, μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η παραμόρφωση, τόσο της συγκεκριμένης περιοχής, όσο και του ευρύτερου χώρου είναι πλαστικο-θραυσίγενούς τύπου και πρέπει να συνδέεται με εντατικό πεδίο ζεύγους αντιρρόπων δυνάμεων που οδηγεί σε θλίψη και κάτω από την επίδραση του οποίου είναι δυνατόν να έχουμε κανονικά ρήγματα περίπου παράλληλα με τον άξονα της συμπίεσης.

### A B S T R A C T

The Zimbeli's fault surface constitutes a unique case at the area of south Peloponnisis, as many deformation phases of the neotectonic period have been expressed upon it. The slikenisides plunging in different directions, the successive tectonic breccias, the groups of the fractures that cut the fault surface in an "en echelon" arrangement, as well as the "curving" of this surface, lead us to the conclusion that the deformation both of the narrow and the major area, is of a brittle - ductile type produced under the action of a compressional stress field. Normal faults, caused by the same stress field striking parallel to the compression axis, can be also observed.

I. MARIOLAKOS - E. LOGOS - S. LOZIOS - J. FOUNTOULIS :  
Neotectonic deformation of the Zimbeli fault surface  
(east of Kalamata, south Peloponnisis).

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

\* Παν/μιο Αθήνας, Γεωλογικό Τμήμα

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### Γενικά

Η ρηξιγενής επιφάνεια του Ζίμπελι αποτελεί μία από τις ελάχιστες ίσως περιπτώσεις επιφάνειας, τουλάχιστον στον χώρο της νοτιοδυτικής Πελοποννήσου, που πάνω της έχουν καταγραφεί πάρα πολλά στοιχεία της παραμόρφωσης της νεο-τεκτονικής περιόδου σε διαδοχικά στάδια.



Εικ. 1. Η γεωγραφική θέση της περιοχής που μελετήθηκε.

Η μελετηθείσα περιοχή βρίσκεται ανατολικά της Καλαμάτας, περίπου 2 km ανατολικά του Ελαιοχωρίου και πάνω στον δρόμο που οδηγεί στο Μοναστήρι της Δίμιοβας (εικ. 1)

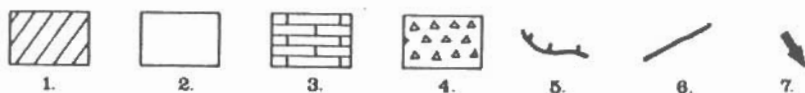
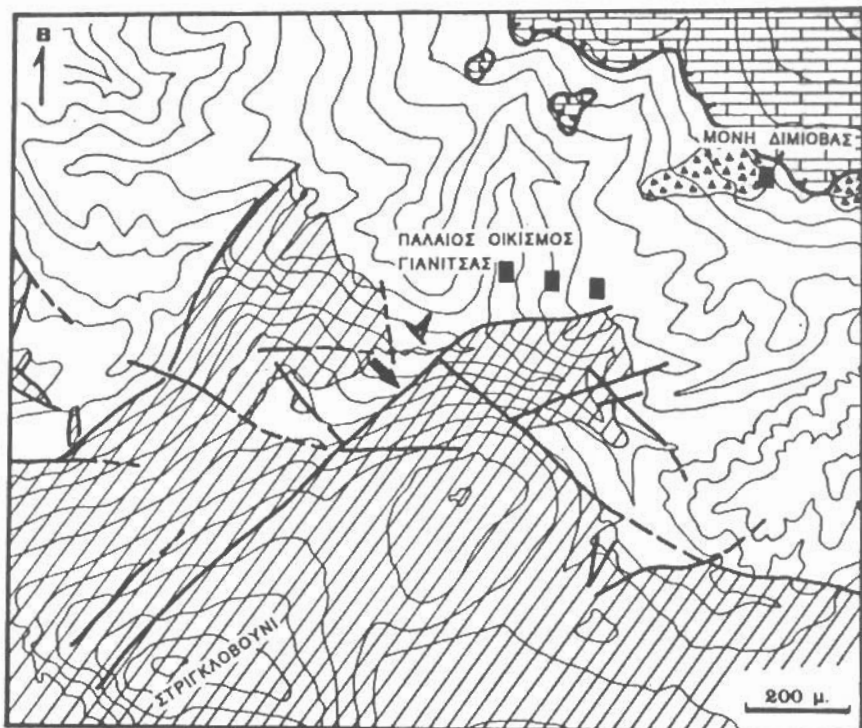
Η συγκεκριμένη ρηξιγενής επιφάνεια φέρνει σε επαφή τους ηκκαινικούς ασβεστολίθους της ενότητας της Τρίπολης (άστρωτοι - παχυστρωματώδεις, γκρι - λευκού χρώματος που διασχίζονται από ένα μεγάλο πλήθος διαρρήξεων), με τον κλαστικό σχηματισμό του φλύσχη της ίδιας ενότητας. Στην εικ. 2 δίνεται ένας λεπτομερής γεωλογικός χάρτης της περιοχής.

### Νεοτεκτονικό πλαίσιο της ευρύτερης περιοχής

Η πρώτη τάξης (και μεγαλύτερη) νεοτεκτονική μακροδομή, στην οποία ανήκει η περιοχή που μελετήθηκε, είναι το μεγάλο τεκτονικό βύθισμα Καλαμάτας - Κυπαρισσίας (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ et al 1987). Το τεκτονικό αυτό βύθισμα (εικ. 3), καθορίζεται στα περιθώριά του από μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες με τα εξής χαρακτηριστικά:

- i) Οι διευθύνσεις των επί μέρους ρηγμάτων δεν είναι σταθερές σε όλο το μήκος των περιθωρίων
- ii) Τα ρήγματα δεν είναι συνεχή, αλλά διακόπτονται από άλλα ρήγματα που αν και ανήκουν στην ίδια ρηξιγενή ζώνη, εν τούτοις έχουν άλλη διεύθυνση.

Αποτέλεσμα των ανωτέρω είναι να έχουμε μία κλιμακωτή - τύπου en echelon - διάταξη των περιθωριακών ρηγμάτων, που έχει σαν

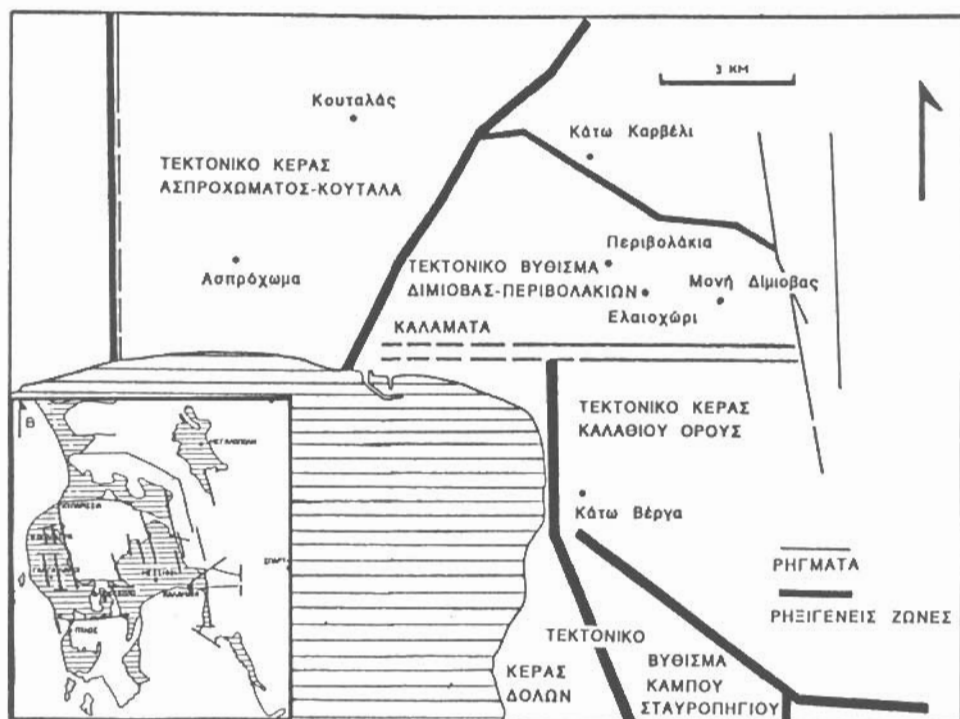


Εικ. 2. Λεπτομερής γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής (από Α. ΑΛΕΒΟΠΟΥΛΟ - Γ. ΔΑΝΑΜΟ).  
 1. Ασβεστόλιθοι της ενότητας της Τρίπολης, 2. Φλύσχη της ίδιας ενότητας, 3. Ασβε-  
 στόλιθοι της ενότητας της Πίνδου, 4. Κορήματα, 5. Επώθηση, 6. Ρήγμα, 7. Θέση της  
 μελετηθείσας περιοχής.

επακόλουθο την αποδοχή μίας διαφορετικής ερμηνείας της κινηματικής και κατ' επέκταση και της δυναμικής της παραμόρφωσης από εκείνη που έπρεπε να δεχθεί κανείς, αν περιοριζόταν στην ανάλυση των επί μέρους ρηγμάτων, που πρόκειται για κανονικά ρήγματα.

Άλλο ένα χαρακτηριστικό του μεγάλου βυθίσματος Καλαμάτας - Κυπαρισσίας, είναι η ύπαρξη νεοτεκτονικών μακροδομών (βυθίσματα ή κέρατα), μικρότερης τάξης, που αναπτύσσονται τόσο στο εσωτερικό όσο και στα περιθώρια του βυθίσματος και είναι είτε παράλληλα, είτε εγκάρσια προς την μεγαλύτερης τάξης νεοτεκτονική μακροδομή (εικ.3). (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ et al 1987).

Η μελετηθείσα περιοχή ανήκει στο τεκτονικό βύθισμα Δίμοβας -



Εικ. 3. Το μεγάλο τεκτονικό βύθισμα Καλαμάτας - Κυπαρισσίας και οι 2ης τάξης νεοτεκτονικές μακροδομές στο ανατολικό του περιθώριο.

Περιβολακίων, που αποτελεί μία δεύτερης τάξης νεοτεκτονική μακροδομή στα ανατολικά περιθώρια του μεγάλου βυθίσματος Καλαμάτας - Κυπαρισσίας (εικ.3).

Τα περιθώρια του βυθίσματος αυτού καθορίζονται από μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες, με κύρια χαρακτηριστικά την επ echelon διάταξη των επί μέρους ρηγμάτων και το διαφορετικό συνολικό άλμα κατά μήκος των ζωνών λόγω περιστροφής ολόκληρου του χώρου του βυθίσματος γύρω από ένα άξονα διεύθυνσης N-S που διέρχεται από το ανατολικό του περιθώριο (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ et al 1987).

Εκτός από τις περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες, διαρρήξεις και μεγάλες ρηξιγενείς επιφάνειες, διαφόρων διευθύνσεων, συναντάμε και στο εσωτερικό του βυθίσματος.

Μια τέτοια ακριβώς επιφάνεια αποτελεί και αυτή στην οποία αναφέρεται η παρούσα μελέτη.

## Η ΡΗΞΙΓΕΝΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΖΙΜΠΕΛΙ

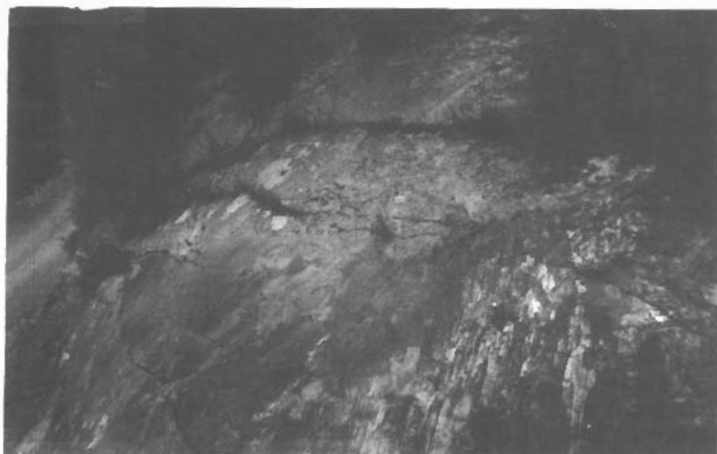
### Γενικά - Περιγραφή

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, η ρηξιγενής επιφάνεια του Ζίμπελι φέρνει σε επαφή τους ηωκαινικούς ασβεστολίθους της ενότητας της Τρίπολης με τον φλύσχη της ίδιας ενότητας (εικ. 2).

Ένα από τα γνωρίσματα της ρηξιγενούς αυτής επιφάνειας είναι ότι δεν έχει σταθερή διεύθυνση. Έτσι νότια από την Μονή της Δίμιοβας, ακριβώς στον παλιό εγκαταλελειμμένο οικισμό της Γιάννιτσας (Ελαιοχώρι), έχει διεύθυνση ENE-WSW, ενώ μόλις διασχίσει τον μικρό χείμαρρο που περνάει νότια από το Ελαιοχώρι γίνεται NE-SW για να συνεχίσει μέσα στη μάζα των ηωκαινικών και ανωκρηδικών ασβεστολίθων, περίπου μέχρι την κορυφή Στριγκλοβούνι. Η γενική κλίση του ρήγματος είναι προς NW (εικ. 2).

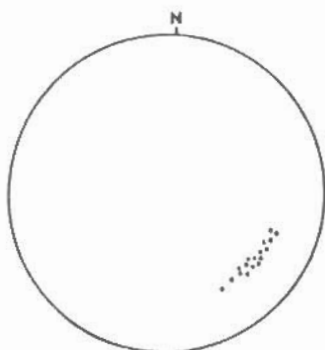
Παρά το γεγονός ότι το συνολικό μέγεθος της κατοπτρικής επιφάνειας που μπορεί να παρακολουθησει κανείς είναι της τάξης των 300 x 30 m, εν τούτοις τα στοιχεία που διακρίνονται πάνω σ'αυτή (γραμμές προστριβής, τεκτονικά λατυποπαγή...κλπ.), είναι ελάχιστα και αυτό γιατί στο σύνολό της η επιφάνεια αυτή είναι έντονα διαβρωμένη.

Μία πρόσφατη κατολίθωση όμως, λόγω της διάνοιξης του δρόμου προς



Εικ. 4. Η καμπυλότητα που παρουσιάζει η ρηξιγενής επιφάνεια του Ζίμπελι. Διακρίνονται επίσης τα συστήματα των διαρρίξεων που την κόβουν.

το Μοναστήρι της Δίμιοβας, αποκάλυψε ένα σχετικά μεγάλο τμήμα της επιφάνειας της τάξης των 20 x 6 m. Πάνω στο τμήμα αυτό που δεν έχει διαβρωθεί, διακρίνεται ένα πλήθος στοιχείων που δίνουν



Εικ. 5. Η καμπυλότητα της επιφάνειας του Ζίμπελελι όπως εκφράζεται από τους πόλους της επιφάνειας σε δίκτυο Schmidt.

πολύτιμες πληροφορίες, αφ' ενός μεν για την εξέλιξη του (δίου του ρήγματος (επαναδραστηριοποιήσεις... κλπ), αφ' ετέρου δε για το είδος της παραμόρφωσης που έχει υποστεί η (δία η ρηξιγενής επιφάνεια.

Έτσι το εν λόγω ρήγμα μελετάται και από την σκοπιά μιας "επιφάνειας στον χώρο", η οποία έχει υποστεί την επίδραση του τοπικού εντατικού πεδίου αλλά και εκείνου της ευρύτερης περιοχής, αποτέλεσμα του οποίου είναι ακριβώς η μορφή που αυτή παρουσιάζει σήμερα. Από την άποψη του χρόνου που έχει δημιουργηθεί αυτό το ρήγμα, μπορούμε να πούμε ότι πιθανώς ξεκίνησε την δραστηριότητά του σαν

"συνιζηματογενές" είτε κατά την έναρξη είτε κατά την διάρκεια της φλυσχογέννεσης όπως έχει περιγραφεί από διάφορες θέσεις της Πελοποννήσου (RICHTER - MARIOLAKOS 1973, MARIOLAKOS 1975), και από τότε μέχρι σήμερα πρέπει να έχει επαναδραστηριοποιηθεί αρκετές φορές όπως δείχνουν τα διάφορα σύνδρομα προς την διάρρηξη στοιχεία που παρατηρούνται στην επιφάνειά του (γραμμές προστριβής, τεκτονικά λατυποπαγή, ... κλπ).

Η γενική μορφή της επιφάνειας του ρήγματος δεν είναι επίπεδη, αλλά παρουσιάζεται "κυματοειδής", δηλαδή αλλού κυρτή και αλλού κοίλη (εικ.4,5).

Τα κύρια τεκτονικά στοιχεία που παρατηρούμε πάνω στην ρηξιγενή επιφάνεια Ζίμπελελι είναι διάφορες γενεές γραμμών προστριβής, τεκτονικά λατυποπαγή καθώς και μικρορήγματα ή διαρρήξεις που την τέμνουν (εικ. 6,7,9).

Η μελέτη των στοιχείων αυτών, σε συνδυασμό με την καμπύλη μορφή της επιφάνειας, μας οδηγούν σε ορισμένα χρήσιμα συμπεράσματα, σχετικά με το είδος του εντατικού πεδίου και το είδος των δομών που μπορούν να δημιουργηθούν, σε συνδυασμό πάντα με τη λιθολογία τις συνθήκες και το είδος της παραμόρφωσης.

Στην συνέχεια γίνεται μία πλήρης περιγραφή και ανάλυση των μεσοσκοπικής κλίμακας δομών που αναπτύσσονται πάνω στην ρηξιγενή επιφάνεια, και αξιολογείται η σημασία τους. Με τα νέα αυτά στοιχεία που προκύπτουν θα επιχειρηθεί μία πρώτη προσέγγιση στο γενικότερο πρόβλημα της παραμόρφωσης κατά την νεοτεκτονική

περίοδο.

### Οι γραμμές προστριβής και τα τεκτονικά λατυποπαγή

Γραμμές προστριβής και διαφόρων τύπων τεκτονικά λατυποπαγή παρατηρούνται σε ολόκληρο το εύρος της ρηξίγενούς επιφάνειας που αποκαλύφθηκε από την κατολίθωση (εικ. 6,7)

Η παρουσία γραμμών προστριβής διαφόρων διευθύνσεων και διαδοχικών τεκτονικών λατυποπαγών, φανερώνουν μία συνεχή επαναδραστηριοποίηση του ρήγματος σε διάφορες περιόδους, γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα - παρά την έλλειψη στρωματογραφικών κριτηρίων- ότι πρέπει οπωσδήποτε να έχει επαναδραστηριοποιηθεί κατά τη νεοτεκτονική περίοδο.

Τα τεκτονικά λατυποπαγή που υπάρχουν στην επιφάνεια του ρήγματος (εικ. 6), διακρίνονται σε τέσσερις διαφορετικούς τύπους, ανάλογα με το είδος του υλικού που αποτελούνται και την χρονική περίοδο που δημιουργήθηκαν.

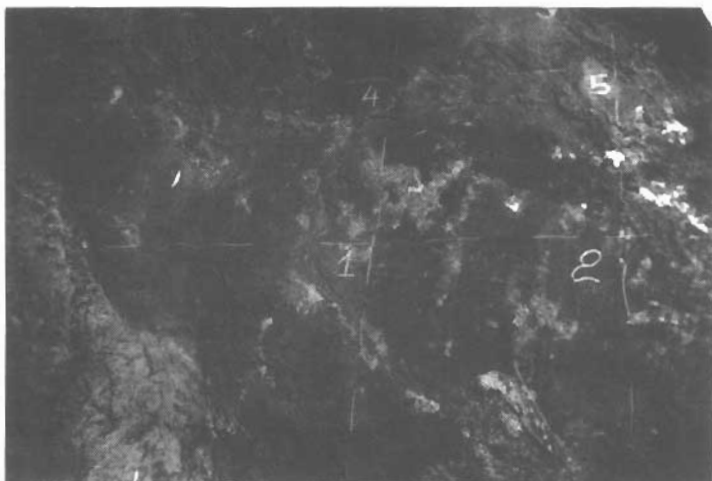
Το γεγονός ότι σε πολλά σημεία της επιφάνειας του ρήγματος παρουσιάζονται σε διαδοχική μορφή, σε συνδυασμό με το γεγονός της παρουσίας σε ορισμένα από αυτά θραυσμάτων από τα προηγούμενα, κάνει σχετικά εύκολο τον προσδιορισμό της σχετικής τους ηλικίας.

Έτσι το παλιότερο σε ηλικία τεκτονικό λατυποπαχές είναι συμπαγές και μονόμεικτο. Αποτελείται από πολύ μικρές λατύπες (της τάξης ολίγων mm), που προέρχονται από τους ηφαιαιτικούς ασβεστολίθους και το πάχος του δεν υπερβαίνει τα 3-5 mm. Το συναντάμε σχεδόν σε ολόκληρη την επιφάνεια, φαίνεται όμως καλύτερα στο νοτιοδυτικό της τμήμα.

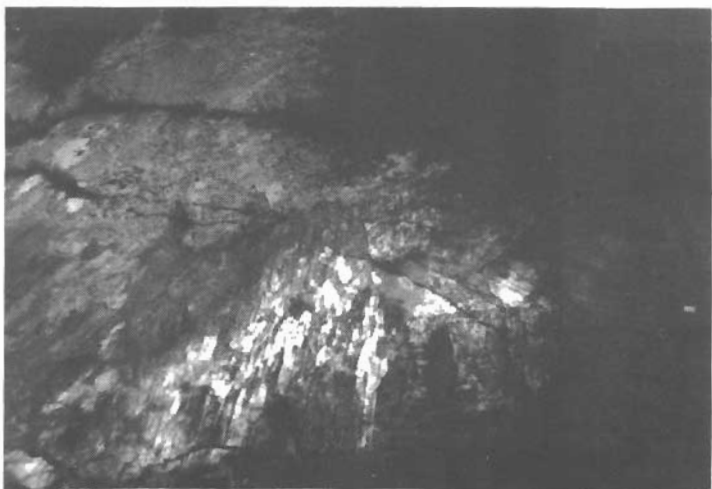
Πάνω από αυτό το λατυποπαχές υπάρχει μία λεπτή κρούστα από ασβεστιτικό υλικό (ασβεστιτικό υμένιο), που το πάχος της κατά θέσεις φτάνει το μισό εκατοστό. Συνήθως όμως είναι ελάχιστο και εμφανίζεται κυρίως στο κεντρικό και νοτιοδυτικό τμήμα της επιφάνειας. Τόσο το ασβεστιτικό υμένιο, όσο και το προηγούμενο μονόμεικτο λατυποπαχές παρουσιάζουν μία εντελώς "λεία" και ομαλή επιφάνεια με την μορφή λεπτής κρούστας, που πρέπει να οφείλεται στις μετέπειτα συνεχείς επαναδραστηριοποιήσεις του ρήγματος.

Ακολουθεί μία συνεκτική ασβεστιτική κρούστα, η οποία όμως περιέχει λατύπες και θραύσματα, τόσο από τους ηφαιαιτικούς ασβεστολίθους, όσο και από τα προηγούμενα λατυποπαγή. Εμφανίζεται κυρίως στο κεντρικό τμήμα της επιφάνειας και το πάχος της φτάνει κατά θέσεις τα 5 cm.

Το τελευταίο και πιο πρόσφατο τεκτονικό λατυποπαχές (εικ.6,9) είναι πολύμεικτο και αποτελείται κυρίως από υλικά του φλύσχη, αλλά και από υλικά των ηφαιαικών ασβεστολίθων. Κατά θέσεις περιέχει και θραύσματα από τα προηγούμενα λατυποπαγή. Το μέγεθος των λατυπών είναι ποικίλο, από 1-5 cm, το συνδετικό υλικό προέρχεται κυρίως από τον κλαστικό σχηματισμό του φλύσχη και σε αντίθεση με τα προηγούμενα λατυποπαγή δεν είναι πολύ συνεκτικό. Το πάχος του ποικίλλει και κυμαίνεται από 5-10 cm, μέχρι και 50 cm και το συναντάμε κυρίως στο βορειοανατολικό τμήμα του ρήγματος, ενώ σαν υπολλείματα σε όλο το πλάτος της επιφάνειας.



Εικ. 6. Τα διαδοχικά τεκτονικά λατυποπαγή, οι γραμμές προστριβής και τα συστήματα των διαρρήξεων στη ρηγιγενή επιφάνεια του Ζύμπελι.



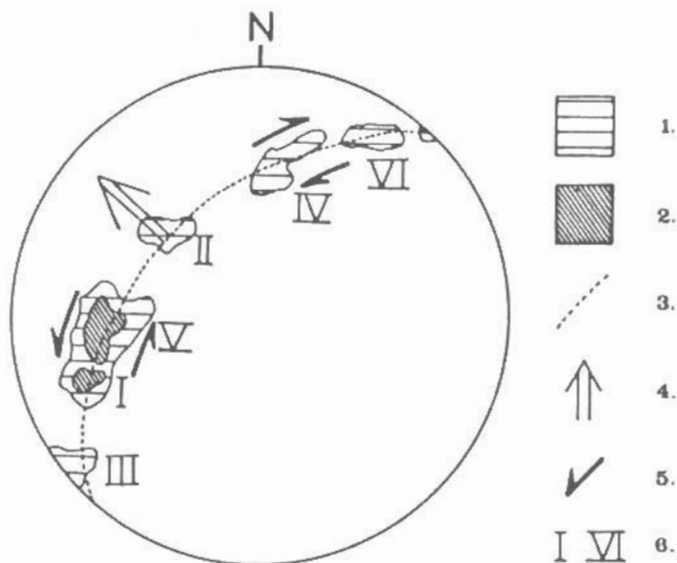
Εικ. 7. Γραμμές προστριβής διαφόρων διευθύνσεων, τεκτονικά λατυποπαγή και διαρρήξεις πάνω στην επιφάνεια του Ζύμπελι.



Το επόμενο στοιχείο που και αυτό με την σειρά του φανερώνει μία συνεχή επαναδραστηριοποίηση της ρηξιγενούς επιφάνειας, είναι η παρουσία γραμμών προστριβής διαφόρων διευθύνσεων (εικ. 7). Είναι κατανεμημένες σε ολόκληρη την επιφάνεια και αναπτύσσονται τόσο πάνω στην επιφάνεια των ασβεστολίθων (κάτω από τις κρούστες και τα τεκτονικά λατυποπαγή), όσο και πάνω στις επιφάνειες των δύο πρώτων (και παλαιότερων), τεκτονικών λατυποπαγών. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την παρουσία διαφορετικών γραμμών προστριβής στην ίδια περιοχή, μας διευκολύνει στην χρονική ταξινόμησή τους που βέβαια δεν είναι πάντα εύκολη για τους γνωστούς λόγους.

Έτσι έγινε μία προσπάθεια να ταξινομηθούν οι γραμμές προστριβής σε διάφορα συστήματα - γενεές, ανάλογα με την σχετική τους ηλικία.

Στο σχήμα της εικόνας 8 παρουσιάζεται το διάγραμμα της στατιστικής επεξεργασίας των γραμμών σε δίκτυο Schmidt.



Εικ. 8. Στατιστική επεξεργασία των γραμμών προστριβής σε δίκτυο Schmidt. 1. πυκνότητα 10-30%, 2. πυκνότητα >30%, 3. μέσο επίπεδο της ρηξιγενούς επιφάνειας, 4. φορά κλίσης της ρηξιγενούς επιφάνειας, 5. φορά κίνησης κατά την οριζόντια μετατόπιση, 6. τα συστήματα των γραμμών προστριβής.



Εικ. 9. Τα συστήματα των διαρρήξεων που κόβουν τη ρηγιγενή επιφάνεια του Ζίμπελι. Διακρίνονται επίσης γραμμές προστριβής και τεκτονικά λατυποπαγή.

Οι πιο παλιές γραμμές προστριβής φαίνεται να είναι αυτές του συστήματος (I), με μέση βύθιση 25/252. Εμφανίζονται πάντα κάτω από τα τεκτονικά λατυποπαγή και τις κρούστες και ποτέ πάνω σ'αυτά. Η συχνότητα εμφάνισής τους είναι σχετικά μικρή.

Η επόμενη γενιά γραμμών προστριβής είναι αυτή του συστήματος (II) με μέση βύθιση 48/312 και παρουσιάζουν πολύ μικρή συχνότητα εμφάνισης. Παρατηρούνται πάνω στους ηωκαινικούς ασβεστολίθους, αλλά και πάνω στην επιφάνεια του πρώτου μονόμεικτου λατυποπαγούς.

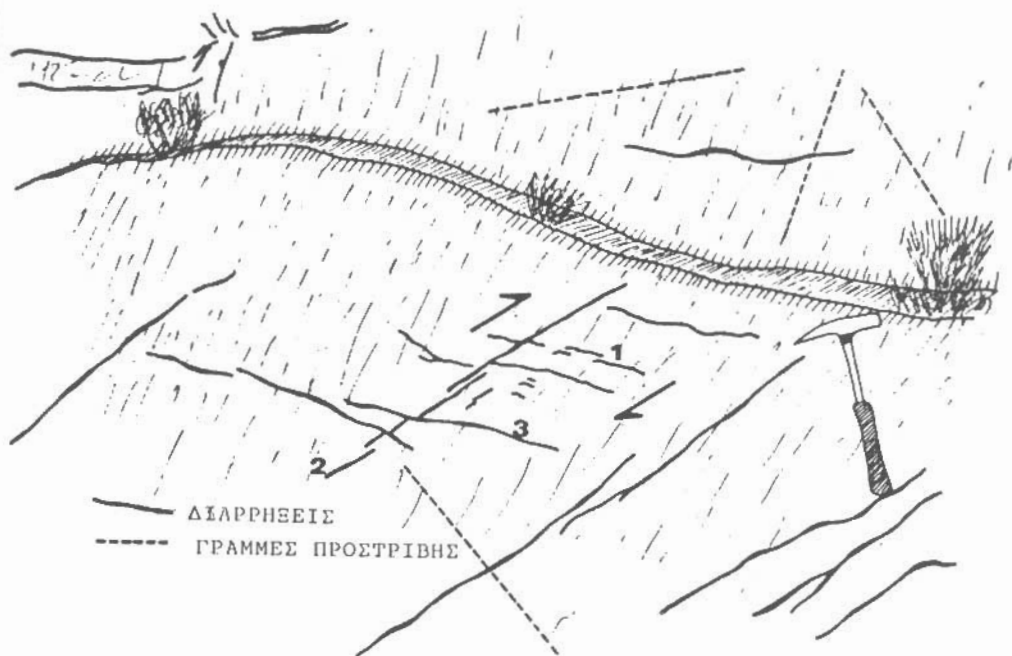
Η τρίτη γενιά γραμμών προστριβής, (III), έχει βύθιση 04/235. Το κύριο χαρακτηριστικό τους είναι η πολύ μικρή τιμή βύθισης που παρουσιάζουν (είναι σχεδόν οριζόντιες), και εμφανίζονται κυρίως στο κεντρικό και νοτιοδυτικό τμήμα της επιφάνειας. Η συχνότητα εμφάνισής τους είναι σχετικά μικρή.

Οι επόμενες γενεές γραμμών προστριβής είναι αυτές των συστημάτων (IV) και (V), με βύθιση 36/010 και 36/266 αντίστοιχα. Βρίσκονται τόσο πάνω στην επιφάνεια των ηωκαινικών ασβεστολίθων, όσο και πάνω στις δύο πρώτες κρούστες τεκτονικών λατυποπαγών. Η συχνότητα εμφάνισης του συστήματος (IV) είναι ελάχιστη σε αντίθεση με αυτή του συστήματος (V) που είναι κατά πολύ μεγαλύτερη, όχι μόνο από του (IV), αλλά και από όλα τα υπόλοιπα συστήματα. Οι γραμμές των δύο αυτών συστημάτων είναι σίγουρα

Οι διαρρήξεις και τα ρήγματα που τέμνουν την επιφάνεια, μπορούν να διακριθούν, με βάση ορισμένα χαρακτηριστικά, σε διάφορες γενεές. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι το μέγεθός τους, το εάν είναι πληρωμένες με ασβεστιτικό υλικό, εάν τέμνουν εκτός από τους ασβεστόλιθους και κάποιο (ή κάποια), από τα λατυποπαγή, η διεύθυνση και η κλίση τους (όπου είναι δυνατόν να μετρηθεί), η φορά μετακίνησής τους και φυσικά το ποιο σύστημα διρρήξεων τέμνει ή τέμνεται από κάποιο άλλο.

Τα γενικά χαρακτηριστικά των διαρρήξεων αυτών μπορούν να συνοψισθούν στα εξής:

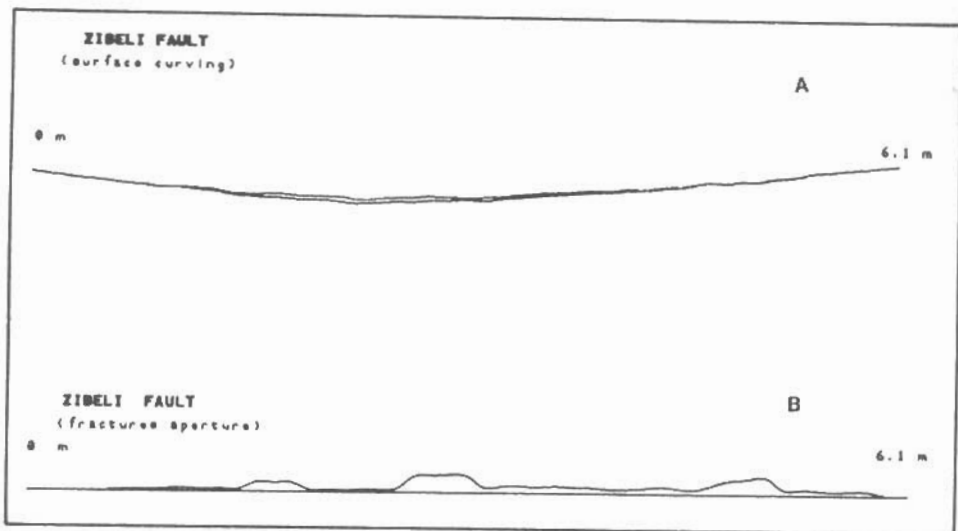
1. άλλες παρουσιάζουν μετατόπιση των τεμαχών πρόκειται δηλ. για μικρορήγματα και άλλες όχι.
2. παρουσιάζουν αντίθετη φορά κλίσης από αυτή της ρηξιγενούς επιφάνειας του Ζίμπελι. Η μέση τιμή της κλίσης τους, όπου είναι δυνατόν να μετρηθεί, είναι περίπου 50/130
3. το μέγεθός τους κυμαίνεται από 1cm μέχρι και περισσότερο από 15m
4. παρουσιάζουν σχεδόν πάντα μία "en echelon" διάταξη με αποτέλεσμα να αρχίζει μία διάρρηξη από κάποιο σημείο και να σταματάει σε κάποιο άλλο απ' όπου αρχίζει μία άλλη σε κάποια απόσταση πιο πάνω ή πιο κάτω ούτως ώστε το maximum της μετακίνησης να παρατηρείται στο μέσον (ή περίπου στο μέσον), της κάθε διάρρηξης
5. πολλές από αυτές και κυρίως οι μεγαλύτερες που συγχρόνως είναι και οι νεότερες, εκτός από την κάθετη ως προς την ρηξιγενή επιφάνεια μετακίνηση, παρουσιάζουν και ένα "άνοιγμα" με αποτέλεσμα να είναι χαλνουσες. Επίσης υπάρχουν και ορισμένες, κύρια μικρών διαστάσεων και παλαιότερης ηλικίας, που είναι πληρωμένες με ασβεστιτικό υλικό
6. από κινηματική άποψη εξεταζόμενες οι διαρρήξεις παρουσιάζουν τα εξής χαρακτηριστικά:
  - α) η διάταξη είναι τέτοια που να μας επιτρέπει να διακρίνουμε τόσο δεξιόστροφα όσο και αριστερόστροφα συστήματα (εικ. 10)
  - β) τα τεμάχια εκατέρωθεν των μικρορηγμάτων δεν μετακινούνται πάντα με την ίδια φορά στα διάφορα συστήματα. Έτσι στα μικρορήγματα του ενός συστήματος κατέρχεται το NW τεμάχος σε σχέση με το SE, ενώ στα μικρορήγματα του άλλου συστήματος συμβαίνει ακριβώς το αντίθετο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να δημιουργούνται μορφές μικρών "τάφρων" ή "κεράτων" πάνω στη ρηξιγενή επιφάνεια που καθορίζονται από μικρορήγματα ή διαρρήξεις. Πρόκειται επομένως για μικρορήγματα κανονικού χαρακτήρα
  - γ) το άλμα δεν διατηρείται σταθερό κατά μήκος των διαρρήξεων αλλά μεταβάλλεται. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να λεχθεί ότι το μέγεθος του άλματος είναι της τάξης των μερικών εκατοστών.



Εικ. 10. Η σχετική ηλικία των διαφόρων συστημάτων διαρρήξεων.

Σχετικά με την στρωματογραφία των διαφόρων συστημάτων μπορούν να γίνουν οι ακόλουθες γενικές παρατηρήσεις:

1. Υπάρχουν πολλά συστήματα διαρρήξεων που δεν κατέστη δυνατό να προσδιοριστεί η σχετική τους ηλικία.
2. Γενικά τα παλαιότερα συστήματα διαρρήξεων έχουν συνήθως μικρό μέγεθος και παρουσιάζουν μικρή σχετικά μετακίνηση. Σπάνια είναι χάλινουσες, συνήθως είναι πληρωμένες με ασβεστοιτικό υλικό. Δεν τέμνουν καθόλου, ή τέμνουν μόνο τα δύο παλαιότερα τεκτονικά λατυποπαγή (μονόμεικτο ασβεστολιθικό μικρολατυποπαχές και ασβεστοιτική κρούστα).
3. Τα νεότερα συστήματα αποτελούνται κυρίως από μικρορρήγματα με μεγαλύτερο σχετικά μήκος (της τάξης των 5-15m), παρουσιάζουν μεγαλύτερη μετακίνηση των τεμαχών (της τάξης των 3-4cm), είναι χάλινουσες διαρρήξεις με ένα maximum άνοιγμα της τάξης των 10cm περίπου και τέμνουν όλα τα τεκτονικά λατυποπαγή.



Εικ. 11. Α. Η καμπυλότητα της επιφάνειας και το μέγεθος της μετατόπισης σε τομή κάθετη στην επιφάνεια του ρήγματος.  
 Β. Η μεταβολή του ανοίγματος της διάρρηξης σε τομή παράλληλη στην επιφάνεια του ρήγματος.

- Από την βύθιση των γραμμών προστριβής αποδεικνύεται ότι παρά το γεγονός ότι πρόκειται για κανονικό ρήγμα, εν τούτοις η συμμετοχή της οριζόντιας συνιστώσας στην κίνηση είναι σημαντική, ενώ σε μία περίπτωση η οριζόντια κίνηση κυριαρχεί.
- Η οριζόντια συνιστώσα κίνησης άλλοτε παρουσιάζεται δεξιόστροφη και άλλοτε αριστερόστροφη.
- Τα νεότερα μικρορήγματα που τέμνουν την ρηξιγενή επιφάνεια Ζίμπελι όπως ελέχθη είναι κανονικού χαρακτήρα. Όμως:
  - i) η εν echelon διάταξή τους
  - ii) το μεταβαλλόμενο άλμα από τα άκρα προς το κέντρο των μικρορηγμάτων
  - iii) η μικρή καμπυλότητα αντικλινικού τύπου που δείχνουν όλα ανεξαιρέτως τα ανερχόμενα τεμάχια

4. Σε ορισμένες θέσεις όπου εμφανίζονται μαζί περισσότερα από ένα συστήματα είναι εύκολο να καθοριστει η σχετική τους ηλικία. Στο σχήμα της εικ. 10 διακρίνονται τρία συστήματα διαρρήξεων, ανάλογα με το ποιο τέμνει ή τέμνεται από τα υπόλοιπα. Έτσι το σύστημα 1 φαίνεται να είναι το παλαιότερο, ενώ το 3 το νεότερο.

Από όλες τις διαρρήξεις που παρατηρούνται πάνω στη ρηξιγενή επιφάνεια Ζίμπελι, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το νεότερο σύστημα (60/135), που αποτελείται από τις μεγαλύτερες σε μέγεθος διαρρήξεις (εικ. 9), και που σε συνδυασμό με την καμπυλότητα που παρουσιάζει η επιφάνεια (εικ. 4,5), μας οδηγεί σε ορισμένα ενδιαφέροντα συμπεράσματα τόσο για το είδος της παραμόρφωσης, όσο και για τις δομές με τις οποίες σχετίζεται.

Για να ποσοτικοποιηθούν τα στοιχεία αυτά έγιναν μετρήσεις σε ένα αντιπροσωπευτικό μικρορήγμα του νεότερου συστήματος, τα αποτελέσματα των οποίων φαίνονται στα διαγράμματα της εικ. 11.

Έτσι στην εικ. 11Α απεικονίζεται σχηματικά αφ' ενός μεν η καμπυλότητα της επιφάνειας, αφ' ετέρου δε η μεταβολή του άλματος (Η καμπυλότητα δεν απεικονίζει την πραγματικότητα λόγω της διαφορετικής κλίμακας μήκους - ύψους). Όλες οι μετρήσεις έγιναν παράλληλα προς ένα κατακόρυφο επίπεδο και κάθετα προς τη διεύθυνση του μικρορήγματος.

Στην εικ. 11Β απεικονίζεται σχηματικά η μεταβολή του ανοίγματος που παρουσιάζουν τα τοιχώματα των τεμαχών των μικρορήγμάτων.

Όπως φαίνεται από τα διαγράμματα αυτά, τόσο το "άλμα" όσο και το "άνοιγμα", έχουν μηδενικές τιμές στα άκρα της διάρρηξης και μία μέγιστη τιμή περίπου στο κέντρο.

Η βράχυνση που προκύπτει από την καμπυλότητα της επιφάνειας αυτής είναι της τάξης του 2-3 % περίπου.

#### **ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗΣ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Μετά την γεωμετρική και κινηματική ανάλυση των τεκτονικών στοιχείων και δομών που έγινε στις προηγούμενες παραγράφους, στη συνέχεια καταβάλλεται προσπάθεια να αναλυθεί η δυναμική της παραμόρφωσης του συγκεκριμένου στενού χώρου.

Το ενδιαφέρον στην προκείμενη περίπτωση και η μοναδικότητα της ρηξιγενούς επιφάνειας Ζίμπελι έγκειται στο γεγονός ότι πάνω της έχουν καταγραφεί και μπορούν να μελετηθούν όχι μόνον η τεκτονική εξέλιξη αυτού τούτου του ρήγματος αλλά και η παραμόρφωση της ίδιας της ρηξιγενούς επιφάνειας από νεώτερες φάσεις της νεοτεκτονικής περιόδου.

Στα επόμενα αναφέρονται συνοπτικά τα εξής:

- Η παρουσία διαφόρων διευθύνσεων γραμμών προστριβής και διαδοχικών τεκτονικών λατινοπαχών αποδεικνύει επανειλημμένες επαναδρασθηριοποιήσεις της ρηξιγενούς επιφάνειας, ορισμένες από τις οποίες οπωσδήποτε έλαβαν χώρα κατά την διάρκεια της Νεοτεκτονικής περιόδου.

- iv) η πολύ μικρή αλλά σταθερή περιστροφή των μικροτεμαχών γύρω από έναν οριζόντιο άξονα παράλληλο προς την μέση διεύθυνση των μικρορηγμάτων όπως φαίνεται σχηματικά στην



Εικ. 12. Η τομή της επιφάνειας του Ζίμπηλι από το κατακόρυφο επίπεδο όπου φαίνονται οι διαρρήξεις που το κόβουν και η κινηματική των επί μέρους τεμαχών.

εικ. 12, αποδεικνύει ότι παρά τον κανονικό τους χαρακτήρα είναι δομές που δεν συνδέονται με εντατικό πεδίο αξονικού εφελκυσμού, αλλά με ένα πολύ πιο πολύπλοκο. Έτσι δεχόμαστε ότι πρέπει να έχουν δημιουργηθεί από την δράση ζεύγους αντιρρόπων δυνάμεων που έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία τοπικών εντατικών πεδίων θλίψης.

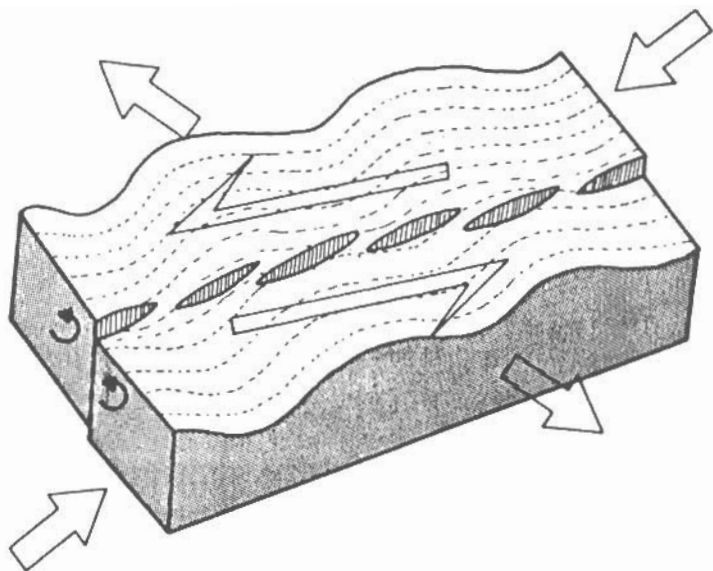
κανονικού χαρακτήρα μικρορήγματα που τέμνουν την προηγούμενη, αποδεικνύουν ότι: (εικ.13).

- i) στον σχηματισμό και των δύο πρέπει να έχει συμμετοχή και η θλίψη και
- ii) η διαδικασία της παραμόρφωσης δεν συνδέεται μόνο με θραύση αλλά και πλαστικού τύπου παραμόρφωση.

Επομένως πρόκειται για "πλαστικο-θραυσιγενούς" τύπου παραμόρφωση. Έτσι η παραμόρφωση του γεωλογικού σώματος πρέπει να άρχισε σαν πλαστική και να εξελίχθηκε σε θραύση "Αναθόλωση" όμως δεν μπορεί να δημιουργηθεί από εντατικό πεδίο αξονικού εφελκυσμού, αφού η "αναθόλωση" αυτή συνδέεται με βράχυνση σε διεύθυνση κάθετη προς τον άξονα της καμπύλης επιφάνειας. Η βράχυνση στην προκειμένη περίπτωση ανέρχεται σε 2-3% περίπου σε διεύθυνση παράλληλη προς την μέση διεύθυνση των μικρορηγμάτων. Η τιμή αυτή σημειωτέον βρίσκεται μέσα στα όρια που δίδονται από τις εργαστηριακές δοκιμές.

Γενικό συμπέρασμα της προηγούμενης ανάλυσης είναι ότι:

- i) τα κανονικά ρήγματα δεν συνδέονται μόνον με εντατικό πεδίο αξονικού εφελκυσμού αλλά και με ζεύγος αντιρρόπων δυνάμεων ακόμα και με θλίψη και



Εικ. 13. Ένα πιθανό μοντέλο ερμηνείας της "πλαστικο - θραυσιγενούς" τύπου παραμόρφωσης (πτυχές με πολύ μεγάλη ακτίνα καμπυλότητας αλλά και κανονικά ρήγματα), κάτω από την επίδραση ενός εντατικού πεδίου που είναι συνδυασμός ζεύγους αντιρόπων δυνάμεων και συμπίεσης.

- ii) η νεοτεκτονική παραμόρφωση δεν είναι αμιγώς θραυσιγενούς τύπου αλλά πλαστικο-θραυσιγενούς (ductile - brittle).

Με παρόμοιους μηχανισμούς παραμόρφωσης μπορούν να εξηγηθούν και πολλές νεοτεκτονικές μακροδομές, όπως για παράδειγμα ο τεκτονισμός της ευρύτερης περιοχής του Ισθμού της Κορίνθου (βλ. Β.Υ. FREYBERG 1973), η δημιουργία του Κορινθιακού κόλπου, η περιστροφή γύρω από κατακόρυφο άξονα του ορεινού όγκου του Ερύμανθου, αλλά και ο γειτονικός προς την ρηξιγενή επιφάνεια Ζίμπελι ορεινός όγκος του Καλάθιου αλλά και ολόκληρος ο Ταύγετος, καθώς κ.α.



## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ANGELIER, J. 1979 : Recent quaternary tectonics in the Hellenic Arc: examples of geological observation on land. *Tectonophysics*, 52, p.p. 267 - 275.
- BERCHEMER, H. - KOWALCZYK, G. 1978 : Postalpine geodynamics of the Peloponnesus. *Alps, Apennines, Hellenides*, 38, p.p. 519 - 522, Stuttgart.
- BLUMENTHAL, M.M. 1933 : Zur Kenntnis des queprofils des zentralen nördlichen Peloponnes. *N. Jb. f. Miner., 70, Abt. B.* S. p.p. 499 - 514, Stuttgart.
- DUFAURE, J.K. 1965 : Problemes de Neotectonique dans le Peloponnes. *Rev. d. Geogr. Phys. et d. Geol. Dynam.* (2), 7, fasc. 3, p.p. 235 - 252, Paris.
- FREYBERG, B. V. 1973 : *Geologie des Isthmus von Korinth*. Erlanger Geol. Abh., 95, 183 Seiten, Erlangen.
- KELLETAT, D. - KOWALCZYK, G. - SCHRODER, B. - WINTER, K.P. 1978: Neotectonics in the Peloponnesian coastal regions. *Alps, Apennines, Hellenides*, 38, p.p. 512 - 518, Stuttgart.
- KOWALCZYK, G. - WINTER, K.P. 1979 : Neotectonic and structural development of the southern Peloponnesus. *Ann. Geol. d. Pays Hellen.*, tome hors serie 1979, fasc II, p.p. 637 - 646.
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η. 1975 : Σκέψεις και απόψεις προβλημάτων της γεωλογικής και τεκτονικής δομής της Πελοποννήσου. *Ann. Geol. d. Pays Hellen.*, XXVII, 1975, p.p. 215 - 313.
- MARIOLAKOS, I. 1979 : A proposed tectonic model for the evolution of the Gulf of Korinth. *Field Guide the Neogene of Megara - Peloponnesos - Zakynthos*, VII Intern. Congr. on Medit. Neog. Strat. Athens, 1979.
- MARIOLAKOS, I. - PAPANIKOLAOU, D. 1981 : The neogene basins of the Aegean Arc from paleogeographic and geodynamic point of view. *Int. Symp. Hellen. Arc and Trench, Proceedings*, Athens, 1981, S. 383 - 399.
- MARIOLAKOS, I. - PAPANIKOLAOU, D. - SYMEONIDIS, N. - LEKKAS, S. - KAROTSIERIS, Z. - SIDERIS, C. 1981 : The deformation of the area around the eastern Korinthian gulf, affected by the Earth-Quakes of February - March 1981. *Int. Symp. Hell. Arc and Trench, Proceedings*, Athens, 1981, S. 400 - 420.
- MARIOLAKOS, I. - PAPANIKOLAOU, D. - LAGIOS, E. 1985 : A Neotectonic Geodynamic Model of Peloponnesus based on morphotectonics, repeated Gravity measurements and seismicity. *Geol. Jb. B. 50*, p.p. 3 - 17, Hannover.
- MARIOLAKOS, I. - STIROS, S. 1986 : Surface faulting and the present-day tectonic evolution of the Korinthos Isthmus. *IGME, Geol. & Geoph. S.*, tom. out of ser., 243 - 248, Athens
- ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η. - ΣΑΜΠΩ, Β. - ΛΟΓΟΣ, Ε. - ΛΟΖΙΟΣ, Σ. - ΜΕΡΤΖΑΝΗΣ, Α. - ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ, Ι. 1987 : Το τεκτονικό βύθισμα Δίμιοβας - Περιβολακίων. 1<sup>ο</sup> Συν. Ελλ. Γεωγ. Εταιρ. Περιλήψεις.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. 1986 : Γεωλογία της Ελλάδας.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. - ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η. - ΛΕΚΚΑΣ, Ε. - ΛΟΖΙΟΣ, Σ. 1986 Παρατηρήσεις πάνω στη Νεοτεκτονική και στη σύγχρονη γεωδυναμική της λεκάνης του Λωπού και της παραλιακής ζώνης Ωρωπού. *Ε.Γ.Ε., 3ο* Επιστ. Συνεδ., Περιλ. 63 - 64.
- PHILIPPSON, A 1892 : *Der Peloponnes*. Verlag Friedlander, Berlin.
- RICHTER, D. - MARIOLAKOS, I. 1973 : Die Bedeutung der eozanen Bruchtektonik bei Leontarion für die Bildung des Beckens von Megalopolis. *Praktika Akadimias Athinon*, 48, S. 29 - 47, Athen.
- SCHRODER, B. 1975 : Bemerkungen zu marinen Terrassen des Quartars im NE Peloponnes / Griechenland. *N. Jb. Geol. Palaont. Abh.*, 49, 2, S. 148 - 161, Stuttgart.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.