

ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η., ΛΟΓΟΣ, Ε., ΛΟΖΙΟΣ, Σ., ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ, Ι. (1988). - Νεοτεκτονική παραμόρφωση της ρηξιγενούς επιφάνειας Ζίμπελι (Ανατολικά της Καλαμάτας). – *Πρακτικά 4ου Γεωλ. Επιστ. Συν. της Ελλην. Γεωλ. Ετ., Μάιος 1988, Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Ετ., τ. XXIII/3*, σ. 241-258.

Πρακτικά		4ου Συνέδριου		Μάιος 1988	
Αελτ. 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 προστριβής με διάφορες διευθύνσεις, τα διαδοχικά τεκτονικά λατυποπαγή, τα συστήματα των διαρρήξεων που τέμνουν την επιφάνεια σε μία en 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-θραυσιγενούς 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 Peloponnisos, as many deformation phases of the neotectonic period have been expressed upon it. The slickensides 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 Peloponnisos).

* Παν/μιο Αθήνας, Γεωλογικό Τμήμα

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Γενικά

Η ρηξιγενής επιφάνεια του Ζίμπελι αποτελεί μία από τις ελάχιστες (ως 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)

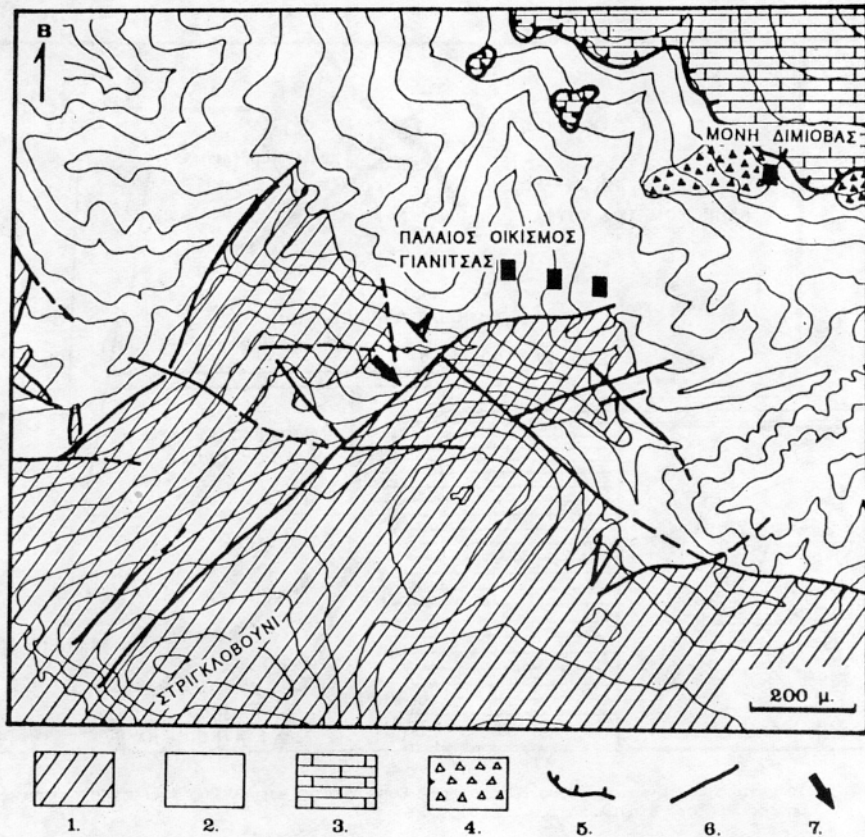
Η συγκεκριμένη ρηξιγενής επιφάνεια φέρνει σε επαφή τους ηωκαινικούς ασβεστολίθους της ενότητας της Τρίπολης (άστρωτοι - παχυστρωματώδεις, γρι - λευκού χρώματος που διασχίζονται από ένα μεγάλο πλήθος διαρρήξεων), με τον κλαστικό σχηματισμό του φλύσχι της (δία ενότητας. Στην εικ. 2 δίνεται ένας λεπτομερής 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

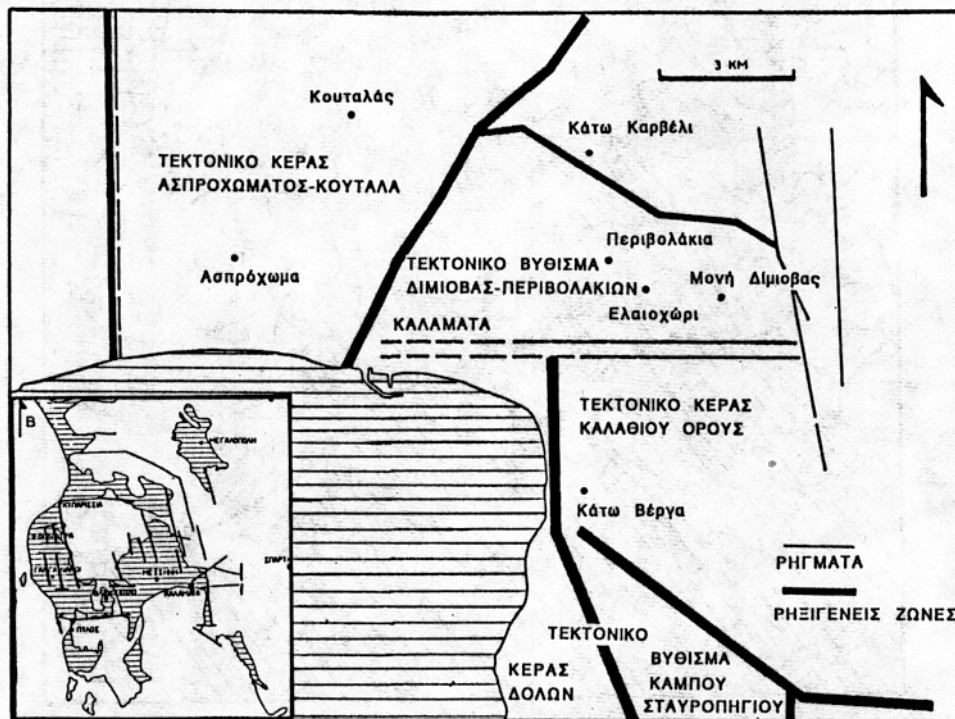


Εικ. 2. Λεπτομερής γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής (από Α. ΑΛΕΞΟΠΟΥΛΟ - Γ. ΔΑΝΑΜΟ).
 1. Ασβεστόλιθοι της ενότητας της Τρίπολης, 2. Φλύσχης της ίδιας ενότητας, 3. Ασβεστόλιθοι της ενότητας της Πίνδου, 4. Κορήματα, 5. Επώθηση, 6. Ρήγμα, 7. Θέση της μελετηθείσας περιοχής.

επακόλουθο την αποδοχή μιάς 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 Δίμιοβας -



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' εcheion 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

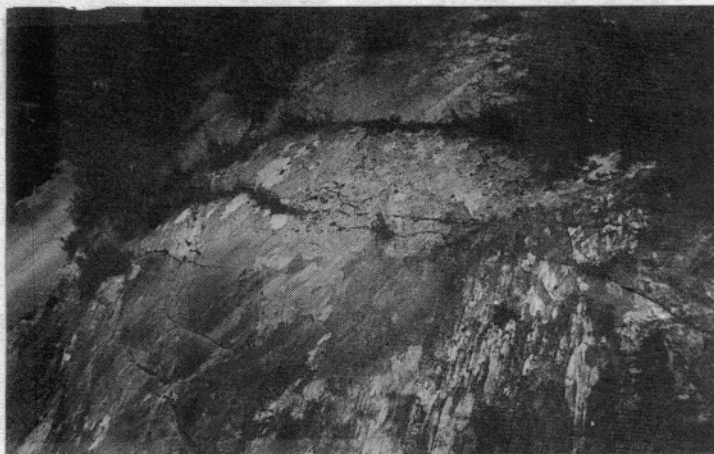
Γενικά - Περιγραφή

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).

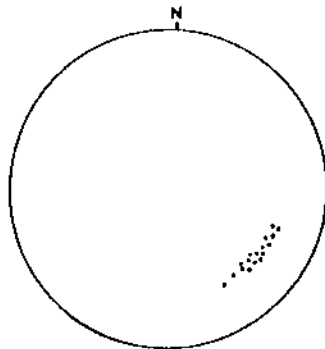
Παρά το γεγονός ότι το συνολικό μέγεθος της κατοπτρικής επιφάνειας που μπορεί να παρακολουθήσει κανείς είναι της τάξης των 300 x 30 m, εν τούτοις τα στοιχεία που διακρίνονται πάνω σ' αυτή (γραμμές προστριβής, τεκτονικά λατυποπαγή... κλπ.), είναι ελάχιστα και αυτό γιατί στο σύνολό της η επιφάνεια αυτή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

Μία πρόσφατη κατολίσθηση όμως, λόγω της διάνοιξης του δρόμου προς



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

το Μοναστήρι της Αίμιοβας, 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 ημισφαιρικότητα της επιφάνειας του Ζίμπελι όπως εκφράζεται από τους πόλους της επιφάνειας σε δίκτυο Schmidt.

πολύτιμες πληροφορίες, αφ' ενός μεν για την εξέλιξη του ίδιου του ρήγματος (επαναδραστηριοποιήσεις... κλπ), αφ' ετέρου δε για το είδος της παραμόρφωσης που έχει υποστεί η ίδια 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 διάρκειά της φλυσχογένεσης 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 Ζίμπελι 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 ρήξιγενούς επιφάνειας που αποκαλύφθηκε από την κατολίωση (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 λατυποπαγές είναι συμπαγές και μονόμεικτο. Αποτελείται από πολύ μικρές λατύπες (της τάξης ολίγων mm), που προέρχονται από τους ηωκαινικούς 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.

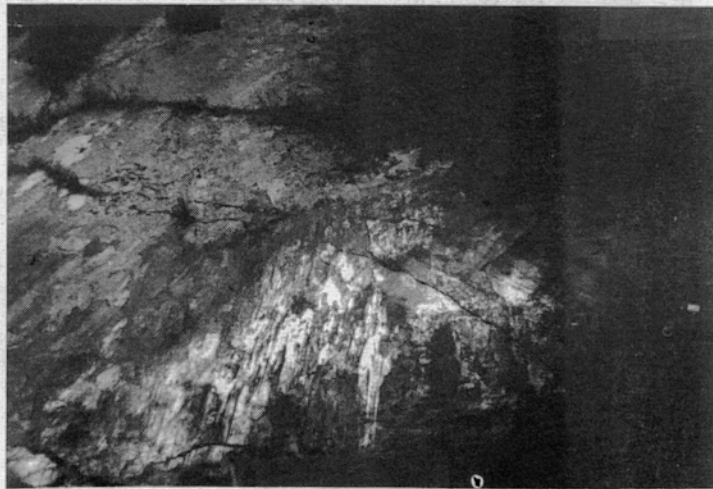
Πάνω από αυτό το λατυποπαγές υπάρχει μία λεπτή κρούστα από ασβεστιτικό υλικό (ασβεστιτικό υμένιο), που το πάχος της κατά θέσεις φτάνει το μισό εκατοστό. Συνήθως όμως είναι ελάχιστο και εμφανίζεται κυρίως στο κεντρικό και νοτιοδυτικό τμήμα της επιφάνειας. Τόσο το ασβεστιτικό υμένιο, όσο και το προηγούμενο μονόμεικτο λατυποπαγές 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 ηωκαινικούς 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 λατυποπαγές (εικ.6,9) είναι πολύμεικτο και αποτελείται κυρίως από υλικά του φλύσχη, αλλά και από υλικά των ηωκαινικών 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 ουστήματα των διαρρήξεων στη ρηξιγενή επιφάνεια του Ζύμπελι.

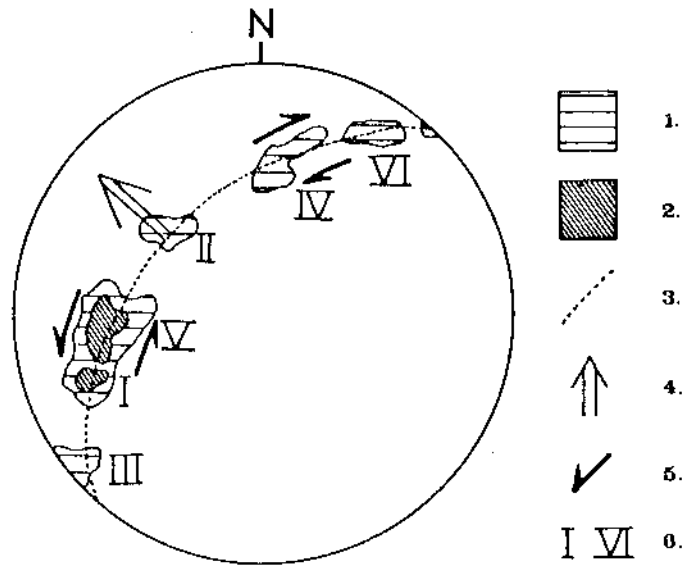


Εικ. 7. Γραμμές προστριβής διαφόρων διευθύνσεων, τεκτονικά λατυποπαγή και διαρρήξεις πάνω στην επιφάνεια του Ζύμπελι.

Το επόμενο στοιχείο που και αυτό με την σειρά του φανερώνει μία συνεχή επαναδραστικοποίηση της ρηξιγενούς επιφάνειας, είναι η παρουσία γραμμών προστριβής διαφόρων διευθύνσεων (εικ. 7). Είναι κατανοητές 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 ρηξιγενή 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

νεώτερες από αυτές των υπόλοιπων, αλλά η σχετική ηλικία μεταξύ τους δεν διαπιστώνεται εύκολα. Πιθανώς το σύστημα (V), λόγω της πολύ μεγάλης συχνότητας εμφάνισης (καλύπτει ολόκληρη την επιφάνεια και είναι αυτό που διακρίνεται πολύ εύκολα ακόμη και από μεγάλη απόσταση), να είναι νεώτερο από το (IV), χωρίς βέβαια να αποκλείεται και το αντίθετο. Εάν η τελευταία παρατήρηση είναι σωστή, το σύστημα (IV) δεν πρέπει να έχει αναπτυχθεί ακόμα καλά.

Εκτός από αυτά τα συστήματα υπάρχει ένα ακόμα, το (VI), το οποίο έχει ελάχιστη συχνότητα εμφάνισης και βύθιση 14/035. Δεν κατέστη δυνατό να ταξινομηθεί χρονικά σε σχέση με τα προηγούμενα αλλά πρέπει, εάν δεν συνδέεται με το σύστημα (III), να βρίσκεται ανάμεσα στα (III) και (IV).

Η αξιολόγηση των στοιχείων από τη συστηματική μελέτη των διαφόρων γενεών των γραμμών προστριβής επιτρέπει να γίνουν οι εξής παρατηρήσεις σχετικά με την κινηματική της ρηξιγενούς επιφάνειας Ζίμπελι.

- α) Η βύθιση της πλειονότητας των γραμμών προστριβής δεν είναι κατά κλίση, γεγονός που υποδηλώνει ότι στην ολισθήση των τεμαχίων συμμετέχει και η οριζόντια συνιστώσα. Μάλιστα οι γραμμές προστριβής του συστήματος (III) έχουν τόσο μικρή βύθιση (είναι σχεδόν οριζόντιες), γεγονός που αποδεικνύει ότι σ' αυτή την περίπτωση είχαμε σχεδόν οριζόντια μετακίνηση.
- β) Μόνο το (II) σύστημα γραμμών προστριβής είναι περίπου κατά κλίση.
- γ) Αναλύοντας την οριζόντια συνιστώσα της κίνησης και με την προϋπόθεση ότι, το τέμαχος του φλύσχη είναι αυτό που κατεβαίνει πάντα, τα συστήματα (I), (III) και (V) μας δείχνουν μία αριστερόστροφη κίνηση, ενώ τα συστήματα (IV) και (VI) δεξιόστροφη (εικ. 8).

Ο ι διαρρήξεις και τα μικρορήγματα

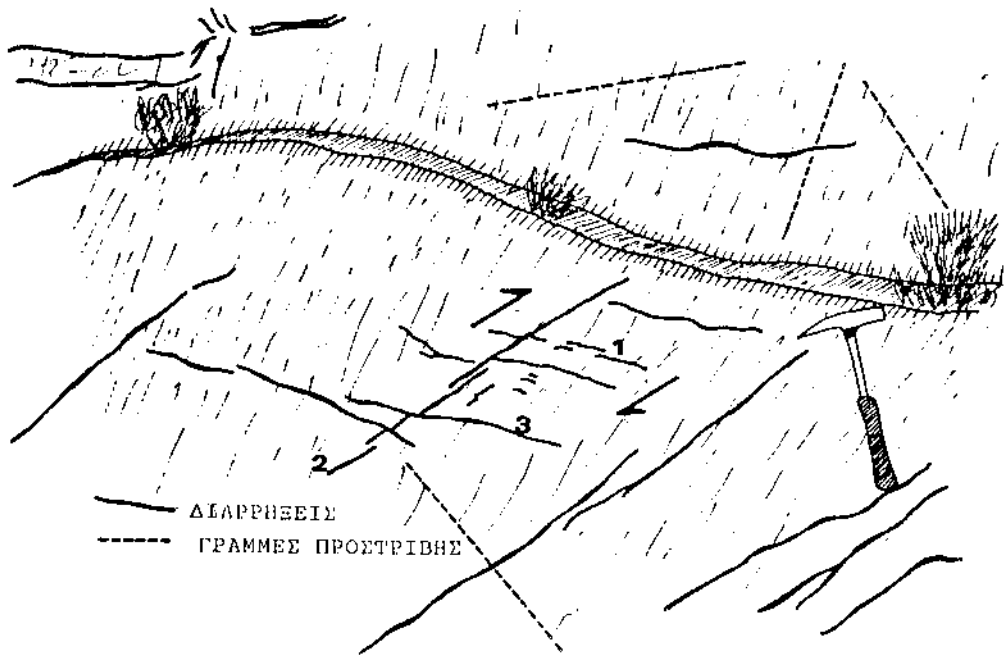
Εκτός από τις γραμμές προστριβής και τα τεκτονικά λατυποπαγή, υπάρχουν και κάποια άλλα τεκτονικά στοιχεία που βρίσκονται πάνω σ' αυτή την ίδια ρηξιγενή επιφάνεια και τα οποία, επειδή τα περισσότερα από αυτά είναι νεώτερης ηλικίας σε σχέση με την επιφάνεια αλλά και με τα τεκτονικά λατυποπαγή και τις νεότερες γενεές γραμμών προστριβής, παρουσιάζουν ακόμα μεγαλύτερο ενδιαφέρον από τα προηγούμενα. Τα στοιχεία αυτά είναι:

- ι) οι διαρρήξεις και τα μικρορήγματα που κόβουν την κατοπτική επιφάνεια του ρήγματος (εικ. 9).
- ii) η "κυματοειδής" καμπυλότητα που παρουσιάζει, με "μήκος κύματος" της τάξης των 20cm σ' αυτή την κλίμακα παρατήρησης (εικ. 4,5) και
- iii) οι μικρότερου "μήκους κύματος" κυματοειδείς καμπυλώσεις της ρηξιγενούς επιφάνειας που συνδέονται και με διαρρήξεις και μικρορήγματα.

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 ασβεστίτικο υλικό, εάν τέμνουν εκτός από τους ασβεστόλιθους και κάποιο (ή κάποια), από τα λατυνοπαγή, η διεύθυνση και η κλίση τους (όπου είναι δυνατόν να μετρηθεί), η φορά μετακίνησής τους και φυσικά το ποιο σύστημα διαρρήξεων τέμνει ή τέμνεται από κάποιο άλλο.

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

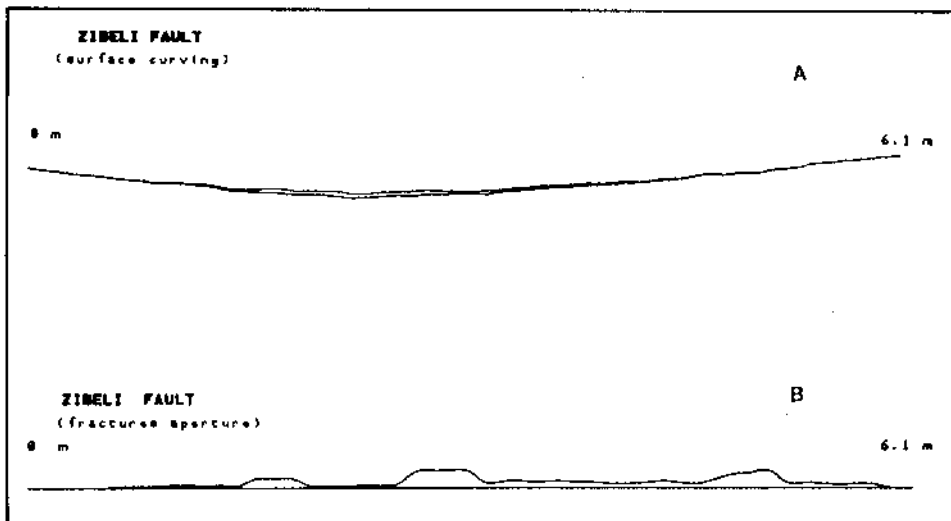
1. άλλες παρουσιάζουν μετατόπιση των τεμαχίων πρόκειται δηλ. για μικρορήγματα και άλλες όχι.
2. παρουσιάζουν αντίθετη φορά κλίσης από αυτή της ρηξιγενούς επιφάνειας του Ζιμπελι. Η μέση τιμή της κλίσης τους, όπου είναι δυνατόν να μετρηθεί, είναι περίπου 50/130
3. το μέγεθός τους κυμαίνεται από 1cm² μέχρι 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 χαίνουσες. Επίσης υπάρχουν και ορισμένες, κύρια μικρών διαστάσεων και παλαιότερης ηλικίας, που είναι πληρωμένες με ασβεστίτικο 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 τεμάχιο 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 χαλνουσες, συνήθως είναι πληρωμένες με ασβεστίτικο υλικό. Δεν τέμνουν καθόλου, ή τέμνουν μόνο τα δύο παλαιότερα τεκτονικά λατυποπαγή (μονόμεικτο ασβεστολιθικό μικρολατυποπαγές και ασβεστιτική κρούστα).
3. Τα νεότερα συστήματα αποτελούνται κυρίως από μικρορήγματα με μεγαλύτερο σχετικά μήκος (της τάξης των 5-15m), παρουσιάζουν μεγαλύτερη μετακίνηση των τεμαχίων (της τάξης των 3-4cm), είναι χαλνουσες 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 τεμάχη

4. Σε ορισμένες θέσεις όπου εμφανίζονται μαζί περισσότερα από ένα συστήματα είναι εύκολο να καθορισθεί η σχετική τους ηλικία. Στο σχήμα της εικ. 10 διακρίνονται τρία συστήματα διαρρήξεων, ανάλογα με το ποιά 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 απ' ενός μεν η καμπυλότητα της επιφάνειας, απ' 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 μικρορηγμάτων.

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

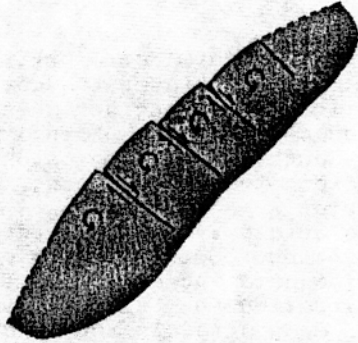
Μετά την γεωμετρική και κινηματική ανάλυση των τεκτονικών στοιχείων και δομών που έγινε στις προηγούμενες παραγράφους, στη συνέχεια καταβάλλεται προσπάθεια να αναλυθεί η δυναμική της παραμόρφωσης του συγκεκριμένου στενού χώρου.

Το ενδιαφέρον στην προκειμένη 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 νεότερες φάσεις της νεοτεκτονικής περιόδου.

Στα επόμενα αναφέρονται συνοπτικά τα εξής:

- Η παρουσία διαφόρων διευθύνσεων γραμμών προστρίβης και διαδοχικών τεκτονικών λατυποπαχών αποδεικνύει επανειλημμένες επαναδραστικοποιήσεις 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, 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.



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

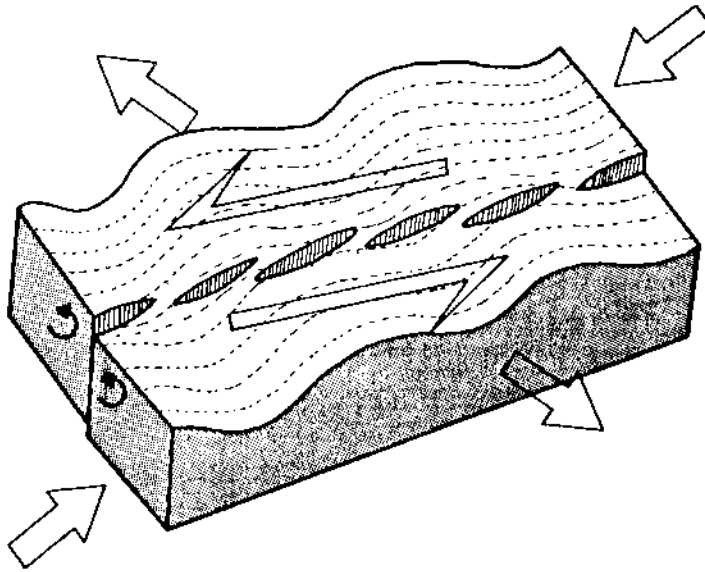
— Τόσο η καμπυλότητα της μεγάλης ρηξιγενούς επιφάνειας Ζίμπελι όσο και η καμπυλότητα των τεμαχών που προέρχονται από τα κανονικού χαρακτήρα μικρορήγματα που τέμνουν την προηγούμενη, αποδεικνύουν ότι: (εικ.13).

- 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 αντιστροφικών 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 χειτονικός 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 Querprofils 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 paleographic 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 Αιτωλίας - Περιοβολακίων. 1^η Συν. Ελλ. Γεωγ. Εταιρ. Περιλήψεις.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. 1986 : Γεωλογία της Ελλάδας.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. - ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Η. - ΛΕΚΚΑΣ, Ε. - ΛΟΖΙΟΣ, Σ. 1986 : Παρατηρήσεις πάνω στη Neotectonική και στη σύγχρονη γεωδυναμική της λεκάνης του Ασωπού και της παραλιακής ζώνης Ωρωπού. *Ε.Γ.Ε.*, 3^ο Επιστ. Συνεδ., Περιλ. 63 - 64.
- PHILIPPSON, A. 1892 : *Der Peloponnes*. Verlag Friedlander, Berlin.
- RICHTER, D. - MARIOLAKOS, I. 1973 : Die Bedeutung der eozenen 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.