

ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΧΕΡΣΟΝΗΣΟΥ ΤΗΣ ΚΥΛΛΗΝΗΣ (ΒΔ. ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ)

Η. Μαρβολάκος, Ε. Λέκκας, Γ. Δανάμος, Ε. Λόγος, Ι. Φουντούλης και Ε. Αδαμοπούλου

ΣΥΝΩΣΗ

Τα νέα στοιχεία που προέκυψαν από τη λεπτομερή γεωλογική- νεοτεκτονική χαρτογράφηση κλίμακας 1:10.000, τις νεοτεκτονικές μετρήσεις και παρατηρήσεις, σε συνδυασμό με τα ήδη υπάρχοντα στοιχεία, δίδουν τη δυνατότητα μιας νέας ερμηνείας της νεοτεκτονικής εξέλιξης της χερσονήσου της Κυλλήνης (ΒΔ. Πελοπόννησος). Συγκεκριμένα διαπιστώνεται, ότι με βάση την θέση και την παραμόρφωση ορισμένων χαρακτηριστικών σχηματισμών υπάρχουν έντονες ανοδικές κινήσεις μέσα στο Ολόκαινο οι οποίες παίζουν σημαντικότατο ρόλο στις μορφογενετικές διεργασίες.

ABSTRACT

The new data from the detailed geological, neotectonic mapping, in scale 1:10.000, the neotectonic measurements and observations in combination with the already existing data give us the opportunity for a new interpretation of the neotectonic evolution of the Kyllini peninsula (NW. Peloponnesus, Greece). Actually, based on the position and the deformation of certain characteristics formations it is ascertained that uplifting movements took place during the Holocene. These movements determine the morphogenetic processes.

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΓΕΝΙΚΑ

Η χερσονήσος της Κυλλήνης και γενικότερα η Δυτική Πελοπόννησος στο σύνολό της, μπορεί να χαρακτηριστεί σαν μία από τις πιο ενεργές τεκτονικά περιοχές της χώρας. Ο κυριώτερος λόγος της έντονης νεοτεκτονικής δραστηριότητας είναι ότι η περιοχή ευρίσκεται προς το εξωτερικό τμήμα του Ελληνικού τόξου και κοντά στο όριο σύγκλισης των δύο λιθοσφαιρικών πλακών, της Αφρικανικής που βρίσκεται προς τα δυτικά-νοτιοδυτικά και υποβυθίζεται και της Ευρωπαϊκής, που βρίσκεται προς τα ανατολικά-βορειοανατολικά και επωθείται. Το όριο σύγκλισης των δύο λιθοσφαιρικών πλακών έχει γενική διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ, στο συγκεκριμένο τμήμα, διέρχεται δυτικά των νήσων Ζακύνθου-Κεφαλλονιάς και εκφράζεται μορφολογικά με την τάφρο του Ιονίου ίδιας γενικής διεύθυνσης.

I. MARIOLAKOS - E. LEKKAS - G. DANAMOS - E. LOGOS - I. FOUNTOULIS - E. ADAMOPOULOU.

Neotectonic evolution of the Kyllini peninsula (NW. Peloponnesus).

University of Athens, Dept. of Geology. Dynamic Tectonic Applied Geology, Panepistimioupolis, Zografou, 157 84 Athens, Greece.

Αποτέλεσμα των έντονων νεοτεκτονικών διεργασιών που εκφράζονται από την παρατηρούμενη πολυπλοκότητα, ως προς την κατακόρυφη και οριζόντια έννοια, της λιθοστρωματογραφικής διάρθρωσης των Μεταλλικών σχηματισμών είναι και η εκδήλωση πολλών και μεγάλων σεισμών στην ευρύτερη περιοχή, με πλέον αντιπροσωπευτικό τον σεισμό της 16 Οκτωβρίου 1988 μεγέθους $M_L = 5.5$ R ο οποίος προκάλεσε και σημαντικές καταστροφές. Με αφορμή την τελευταία αυτή σεισμική δόνηση και στα πλαίσια ενός εφαρμοσμένου ερευνητικού προγράμματος, που μας ανέθεσε ο Ο.Α.Σ.Π. μας δόθηκε η ευκαιρία να μελετήσουμε με λεπτομέρεια την γεωλογία και την τεκτονική-νεοτεκτονική της περιοχής και να αναθεωρήσουμε πολλές από τις υφιστάμενες απόψεις για τη νεοτεκτονική εξέλιξη της χερσονήσου της Κυλλήνης.

2. ΣΥΝΤΟΜΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

Με βάση τα υφιστάμενα βιβλιογραφικά δεδομένα οι γεωολογικοί σχηματισμοί, οι οποίοι εμφανίζονται στο γεωγραφικό χώρο της χερσονήσου της Κυλλήνης είναι δυνατό να διακριθούν σε δύο κατηγορίες, τους Αλπικούς οι οποίοι υπόκεινται και αποτελούν το υπόβαθρο και τους Μεταλλικούς οι οποίοι υπέρκεινται και καλύπτουν ασύμφωνα τους πρώτους.

Οι Αλπικοί σχηματισμοί της περιοχής ανήκουν στην Ιόνια Ενότητα (AUBOUIN 1959, AUBOUIN & DERCOURT 1962, SAVOYAT 1977 κ.α.) που μαζί με τις εμφανίσεις του Αράξου (ΤΣΟΦΛΙΑΣ, 1977) αποτελούν και τις μοναδικές εμφανίσεις της ενότητας στην Πελοπόννησο. Οι Αλπικοί σχηματισμοί διακρίνονται: (i) σε εβαπορίτες οι οποίοι έχουν ηλικία Τριαδικό (ESSO 1962, ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ 1969, 1971) μεγάλο πάχος και εμφανίζονται δυτικά του χωριού Κάστρο, και (ii) σε Ασβεστολίθους οι οποίοι έχουν ηλικία Ανώτερο Κρητιδικό-Ηώκαινο κατά τους AUBOUIN & DER COURT (1962), ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ (1967, 1969, 1971) και εμφανίζονται στο χωριό Κάστρο.

Οι Μεταλλικοί σχηματισμοί της χερσονήσου της Κυλλήνης εμφανίζονται στο μεγαλύτερο τμήμα της, και η ηλικία της βάσης των είναι κατά τον PHILIPPSON (1892) Κατώτερο Πλειόκαινο, κατά δε τον ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ (1971) Μέσο Πλειόκαινο. Αποτελούνται από μια επαλληλία στρωμάτων, άμμων, ψαμμιτών, κροκαλοπαγών, αργίλων, μαργών που αποτέθηκαν σε διάφορα περιβάλλοντα (θάλασσιο, υφάλμυρο, ποτάμιο, χερσαίο, κτλ.) ενώ το συνολικό τους πάχος προς τα ανατολικά της περιοχής υπερβαίνει τα 1000 μέτρα. (ESSO 1962, ΚΑΜΠΕΡΗΣ 1987, κ.α.)

Οι Αλπικοί σχηματισμοί συγκροτούν σε γενικές γραμμές μία αντικλινική δομή γενικής διεύθυνσης Β-Ν της οποίας ο άξονας διέρχεται περίπου από το χωριό Κάστρο (HAGEMAN 1977, ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ 1969, ΚΑΜΠΕΡΗΣ 1987) όπου εμφανίζεται και το κορυφαίο της, ενώ προς τα δυτικά και τα ανατολικά σχηματίζουν αντίστοιχες συγκλινικές δομές ιδίας γενικής διεύθυνσης.

Εξάλλου πολλοί ερευνητές στηριζόμενοι σε λιθοστρωματογραφικά, τεκτονικά και γεωφυσικά δεδομένα καθώς επίσης και σε δεδομένα γεωτρήσεων μεγάλου βάθους, έχουν κατά καιρούς διατυπώσει διάφορες απόψεις για την νεοτεκτονική εξέλιξη της χερσονήσου.

Πιο συγκεκριμένα οι ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ 1969, 1971, WINTER 1979, KOWALCZYK & WINTER 1979, SCHMIDT 1984, ΚΑΜΠΕΡΗΣ 1987, κ.α. δέχονται ότι ο γεωγραφικός χώρος της χερσονήσου της Κυλλήνης από το Μέσο Μειόκαινο ως το Κατώτερο Πλειόκαινο είχε αναδυθεί με αποτέλεσμα να μην υπάρχουν αντίστοιχης ηλικίας ιζηματα. Αντίθετα γειτονικές περιοχές όπως ο δίαυλος Κυλλήνης-Ζακύνθου, Κόλπος Χειλών(ι), περιοχή Πύργου κατά το (διο χρονικό διάστημα ευρίσκοντο κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας με αποτέλεσμα να υπάρχουν αντίστοιχα ιζήματα (MITZOPOULOS 1940, ESSO 1962, HAGEMAN 1977, ΚΑΜΠΕΡΗΣ 1987 κ.α.). Το γεγονός αυτό δείχνει ότι υπήρχε έντονο ανάγλυφο που προήλθε είτε από την τελική παροξυσμική φάση που πτύχωσε τους σχηματισμούς της Ιονίου ενότητας κατά το Ακουϊτάνιο-Βουρδιγάλιο (AUBOUIN 1959, SAVOYAT 1977) είτε από τον διαπείρισμό των εβαποριτών (ESSO 1962, ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ 1971, KOWALCZYK & WINTER 1979, HAGEMAN 1977).

Στο χρονικό διάστημα που ακολούθησε από το Κατώτερο-Μέσο Πλειόκαινο (με ορισμένες μικρές διαφοροποιήσεις μεταξύ των διαφόρων ερευνητών) η χερσονήσος της Κυλλήνης και η ευρύτερη περιοχή μετατράπηκε σε μία αβαθή παράκτια περιοχή (ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ 1971, 1970, HAGEMAN 1977, KOWALCZYK & WINTER 1979, SCHMIDT 1984, ΚΑΜΠΕΡΗΣ 1987) με ιζηματογένεση κλαστικών σχηματισμών.

Κατά το Ανώτερο Πλειόκαινο-Κατώτερο Πλειόκαινο έλαβαν χώραν διαπειρικές κινήσεις (HAGEMAN 1977) οι οποίες είχαν σαν αποτέλεσμα να ανυψωθεί η περιοχή της χερσονήσου της Κυλλήνης και στη συνέχεια (Μέσο Πλειόκαινο-Ολόκαινο) να διαμορφωθεί σταδιακά η σημερινή μορφολογική εικόνα εξ αιτίας της διάβρωσης.

Αντίθετα οι WINTER (1979), KOWALCZYK & WINTER (1979) θεώρησαν ότι οι διαπειρικές κινήσεις συνεχίστηκαν και στο Μέσο Πλειστόκαινο οπότε η χερσονήσος μετατράπηκε ουσιαστικά σε μία νήσο στην περιφέρεια της οποίας έλαβε χώρα η ιζηματογένεση χαρακτηριστικών σχηματισμών του Τυρρηνίου ενώ στο Ολόκαινο η περιοχή ανυψώθηκε ελάχιστα και παράλληλα συνδέθηκε με την υπόλοιπη χέρσο εξ αιτίας της πλήρωσης της περιοχής Βαρθολομιού - Γαστούνης από πρόσφατες αποθέσεις.

Τέλος οι UNDERHILL (1985, 1988) και ΚΑΜΠΕΡΗΣ (1987) δέχονται ότι τα φαινόμενα διαπειρισμού πιθανώς να συνεχίστηκαν και κατά το Πλειστόκαινο-Ολόκαινο.

II. ΤΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗΣ

1. ΓΕΝΙΚΑ

Σαν πρώτος και βασικός στόχος που τέθηκε, ήταν να γίνει χαρτογράφηση σε όλη την χερσόνησο της Κυλλήνης, έτσι ώστε να αποκτηθεί μία ολοκληρωμένη εικόνα της γεωλογικής-νεοτεκτονικής δομής της περιοχής. Η χαρτογράφηση έγινε πάνω σε τοπογραφικό υπόβαθρο κλίμακας 1:10.000, το οποίο είχε προέλθει από κατάλληλη σμίκρυνση των τοπογραφικών διαγραμμάτων κλίμακας 1:5.000 της Γ.Υ.Σ. Η επιλογή της κλίμακας αυτής έγινε αφ' ενός διότι παρέχει ικανοποιητική ακρίβεια, αφ' ετέρου διότι προσφέρει μια εποπτική εικόνα όλης της περιοχής. Η τελική παρουσίαση του χάρτη γίνεται υπό σμίκρυνση στην Εικόνα 1.

Κατά τη χαρτογράφηση ακολουθήθηκε μία ιδιαίτερη μεθοδολογία, κύριοι άξονες της οποίας ήταν οι ακόλουθοι:

α. Η διάκριση σχηματισμών οι οποίοι περιλαμβάνουν πετρώματα ή τύπους πετρωμάτων με συγκεκριμένη ηλικία και σημασία στη γεωλογική δομή και στη νεοτεκτονική εξέλιξη.

β. Η ακριβής αποτύπωση των ορίων των σχηματισμών και η καταγραφή των χαρακτηριστικών και των στοιχείων τους (κλίση, διεύθυνση κτλ.).

γ. Η ακριβής αποτύπωση των ρηγμάτων και η καταγραφή των στοιχείων τους.

δ. Η ακριβής αποτύπωση των ορίων και η καταγραφή των στοιχείων ορισμένων σχηματισμών που χαρακτηρίζονται από συγκεκριμένη γεωμετρία, η παραμόρφωση των οποίων είναι ενδεικτική των πρόσφατων τεκτονικών κινήσεων.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΤΟΥ ΧΑΡΤΗ

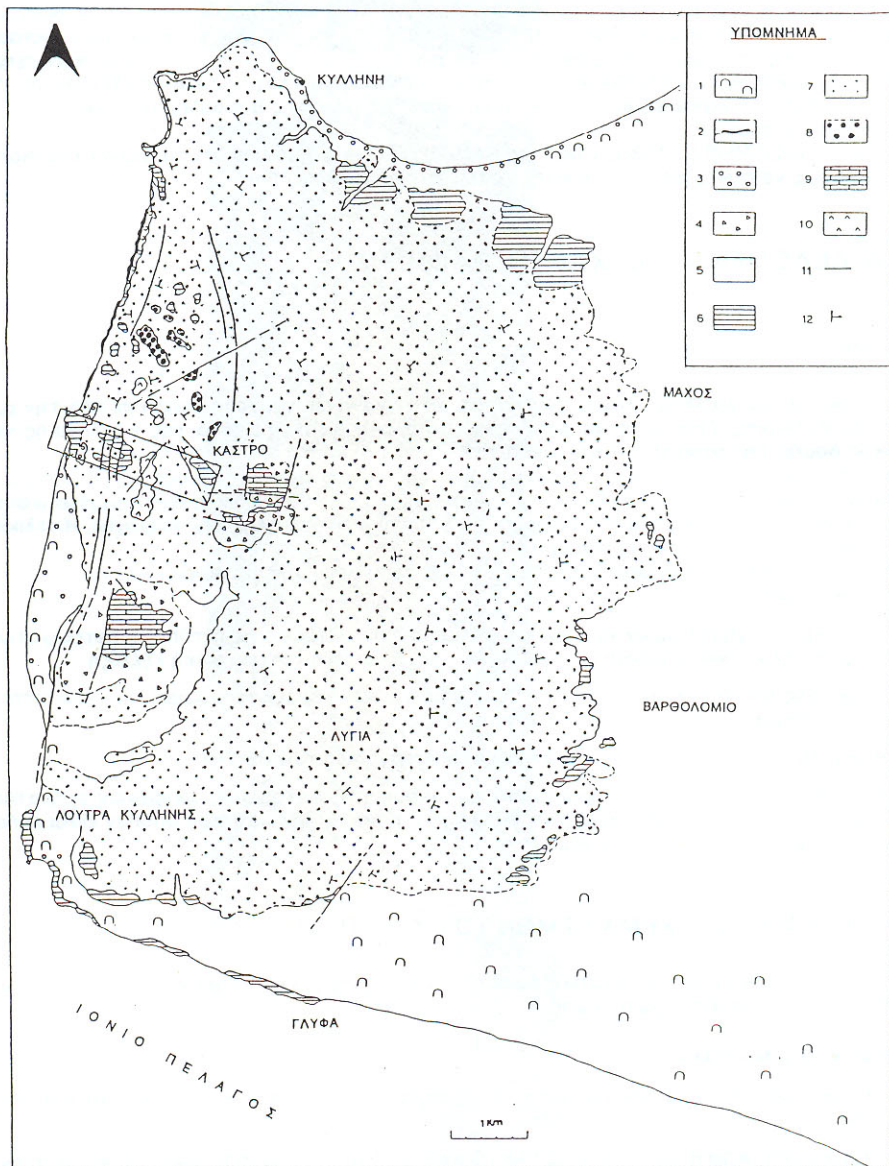
Με βάση τα δεδομένα της χαρτογράφησης στην περιοχή της χερσονήσου της Κυλλήνης εμφανίζονται οι ακόλουθοι σχηματισμοί:

A. ΑΛΠΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Οι Αλπικοί σχηματισμοί αποτελούν το υπόβαθρο, ανήκουν στην Ιόνια Ενότητα και είναι οι ακόλουθοι:

α. **Εβαπορίτες Κάστρου:** Πρόκειται για γύψους, χρώματος σκούρου που οφείλεται στην παρουσία βιτουμενίων και κατά θέσεις λευκού-υπόλευκου, οι οποίοι είναι κατακερματισμένοι. Η ηλικία τους είναι πιθανότατα Τριαδικό (ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, 1969) και η εμφάνισή τους οφείλεται σε φαινόμενα διαπειρισμού. Εμφανίζονται 500 μέτρα δυτικά του χωριού Κάστρου ενώ μικρότερες σποραδικές εμφανίσεις υπάρχουν και προς τα βορειοδυτικά της κύριας εμφάνισης (Εικ. 2).

β. **Ασβεστόλιθοι Κάστρου:** Πρόκειται για λευκούς-υπόλευκούς λεπτοστρωματώδεις και κατά θέσεις μεσοστρωματώδεις που περιέχουν κονδύλους silex. Η ηλικία τους είναι πιθανότατα Κρητιδικό (ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, 1967, 1969) ενώ το ορατό πάχος τους υπερβαίνει τα 150 μέτρα. Εμφανίζονται κυρίως στο χωριό Κάστρο και στην περιοχή βόρεια των Λουτρών της Κυλλήνης, ενώ



Εικ.1. Γεωλογικός χάρτης της χερσονήσου της Κυλλήνης. 1: Θίνες, 2: Beach rocks, 3: Παράκτιες αποθέσεις, 4: Πλευρικά κορήματα, 5: Αλλούβια, 6: Σχηματισμός Γλώσσας, 7: Σχηματισμός Λυγιάς, 8: Σχηματισμός Ψηλής Ράχης, 9: Σχηματισμός ασβεστολίθων Κάστρου, 10: Σχηματισμός Εβαποριτών Κάστρου, 11: ρήγμα, 12: κλίση-διεύθυνση στρωμάτων. (Βασισμένος στους χάρτες των ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ 1969, KOWALCZYK & WINTER 1979 με τροποποιήσεις και συμπληρώσεις).

Fig.1. Geological map of Kyllini peninsula. (Based on the maps of CHRISTODOULOU 1969, KOWALCZYK & WINTER 1979 with some changes and completions). 1: Dunes, 2: Beach rocks, 3: Coastal deposits, 4: Scree, 5: Alluvial deposits, 6: Glossa Formation, 7: Lygia formation, 8: Psili Rachi Formation, 9: Kastro limestones, 10: Kastro evaporites Formation, 11: fault, 12: strike and dip of strata.

μικρότερες σποραδικές εμφανίσεις υπάρχουν και βορειοδυτικά του Κάστρου. Αποτελούν τον υπερκείμενο σχηματισμό των εβαποριτών.

B. ΜΕΤΑΛΠΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ

Οι Μεταλπικοί σχηματισμοί εμφανίζονται στο μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής και καλύπτουν ασύμφωνα τους Αλπικούς σχηματισμούς. Οι Μεταλπικοί σχηματισμοί είναι οι ακόλουθοι από τους αρχαιότερους προς τους νεώτερους.

α. Σχηματισμός Κροκαλοπαγών Ψηλής Ράχης: Αποτελούν τον κατώτερο σχηματισμό (σχηματισμός βάσης) που απαντά στην περιοχή. Περιλαμβάνει κροκάλες κυρίως κερατολιθικές αλλά και ασβεστολιθικές, οι οποίες παρουσιάζουν κακή κοκκομετρική ταξινόμηση. Πρόκειται για υλικά ποτάμιας προέλευσης που επεξεργάσθηκε η θάλασσα. Η ηλικία τους αντιστοιχεί στη βάση του Πλειοκαίνου (BUNDSCHUH, 1986). Το ορατό τους πάχος είναι 20 περίπου μέτρα και εμφανίζονται βορειοδυτικά του χωριού Κάστρο στην ομώνυμη τοποθεσία.

β. Σχηματισμός Λυγιάς: Αποτελεί τον υπερκείμενο σχηματισμό των Κροκαλοπαγών της Ψηλής Ράχης και περιλαμβάνει αργίλους, μάρμες, άμμους και ψαμμίτες που ορισμένες φορές εναλλάσσονται σε στρώματα μεταβαλλόμενου πάχους συνήθως 10-60 εκατοστών. Οι μάρμες είναι ανοικτοκίτρινες ως ανοικτόφαιες περιέχουν σε ορισμένες θέσεις πολλά απολιθώματα (Μαλάκια, Ελασματοβράγχια και Κοράλλια) και είναι ως επί το πλείστον συνεκτικές ως πολύ συνεκτικές. Οι άργιλοι είναι ανοικτοκίτρινοι, ανοικτόφαιοι περιέχουν σε ορισμένες θέσεις πολλά απολιθώματα (Μαλάκια, Ελασματοβράγχια. Κοράλλια και αποτυπώματα φύλλων) ενώ σε άλλες θέσεις παρατηρούνται λεπτές ενδαστρώσεις λιγνιτικών οριζόντων. Οι άμμοι είναι ανοικτοκίτρινοι κυρίως λεπτόκοκκοι, παρουσιάζουν συχνά εντυπωσιακές σταυρωτές στρώσεις και κατά θέσεις περιέχουν κροκάλες από κερατολιθικά και ασβεστολιθικά πετρώματα. Οι ψαμμίτες είναι κυρίως μεσο-χονδρόκοκοι περιέχουν κατά θέσεις κροκάλες από κερατολιθικά και ασβεστολιθικά πετρώματα και είναι πολύ συνεκτικοί.

Ο σχηματισμός της Λυγιάς στο σύνολό του καλύπτει ένα μεγάλο τμήμα της περιοχής της μελέτης, έχει ηλικία Μέσο Πλειόκαινο - Κατώτερο Πλειστόκαινο (ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ 1969, 1971, BUND-SCHUH 1986) και μέγιστο ορατό πάχος 400 περίπου μέτρα. Τυπικές χαρακτηριστικές εμφανίσεις του σχηματισμού υπάρχουν δυτικά του χωριού Λυγιά και κατά μήκος της δυτικής ακτογραμμής. Επιφανειακά πάνω από τον σχηματισμό της Λυγιάς αναπτύσσεται κατά περιοχές -που συμπίπτουν με επιφάνειες επιπέδωσης- ένας χαλαρός σχηματισμός ερυθρού υλικού πάχους ως 2 μέτρων, που έχει μεταβλητή σύσταση ανάλογα με τους λιθολογικούς τύπους τους οποίους καλύπτει και από την απασάθρωση των οποίων προέρχεται.

γ. Σχηματισμός Ασβεστοψαμμιτών Γλώσσας: Πρόκειται για πορρώδεις ασβεστιτικούς ψαμμίτες οι οποίοι κατά θέσεις περιέχουν πιο αδρομερή ή πιο λεπτομερή υλικά που προέρχονται από διάφορα πετρώματα (Εικ. 3). Κατά θέσεις περιέχουν πολλά απολιθώματα (Κοράλλια, Ελασματοβράγχια) ενώ σε ορισμένες εντοπίστηκαν *Strombus bubonius* που δίνουν στον σχηματισμό Τυρρήνιο ηλικία (WINTER, 1979). Καλύπτει ασύμφωνα τον σχηματισμό της Λυγιάς έχει πάχος ως 2 μέτρα και εμφανίζεται κυρίως στην περιφέρεια της μορφολογικής έξαρσης της χερσονήσου της Κυλλήνης κατά τους WINTER (1979), KOWALCZYK & WINTER (1979). Χαρακτηριστικές όμως εμφανίσεις του σχηματισμού εντοπίστηκαν όχι μόνο στην περιφέρεια της μορφολογικής έξαρσης αλλά και σε πολλά άλλα σημεία όπου υπάρχουν μεγάλες εμφανίσεις. Χαρακτηριστικό είναι ότι από το ακρωτήριο Μέλισσα ως την κύρια εμφάνιση των εβαποριτών, και πάνω από αυτούς, ο σχηματισμός παρατηρείται να ακολουθεί είτε με μικρές κάμψεις και παρέλξεις, είτε μετατιθέμενος από μικρά ρήγματα την μορφολογική έξαρση (Εικ. 4). Η μετάθεση αυτή του χαρακτηριστικού γεωμετρικού σχηματισμού υποδεικνύει τις νεοτεκτονικές κινήσεις και το μέγεθός τους, οι οποίες εντοπίζονται στο διάστημα των Ολοκαίνου.

δ. Αλλουβιακές Αποθέσεις: Πρόκειται για πρόσφατες χαλαρές αποθέσεις οι οποίες καταλαμβάνουν όλη την πεδινή επίπεδη έκταση. Αποτελούνται κυρίως από αργίλους, ιλύ, άμμους και κροκάλες. Συχνά περιλαμβάνουν φυτικά λείψανα και ενδαστρώσεις λιγνιτικών οριζόντων. Το πάχος σύμφωνα με τα δεδομένα των γεωτρήσεων φθάνει τα 10-15 μέτρα ενώ καλύπτουν ασύμφωνα όλους τους προηγούμενους σχηματισμούς.

ε. Παράκτιες Αποθέσεις: Χαλαρά λεπτομερή και αδρομερή υλικά (άμμοι διαφόρων μεγεθών, κροκάλων κτλ.) τα οποία παρατηρούνται κατά μήκος όλης σχεδόν της ακτής της χερσονήσου.



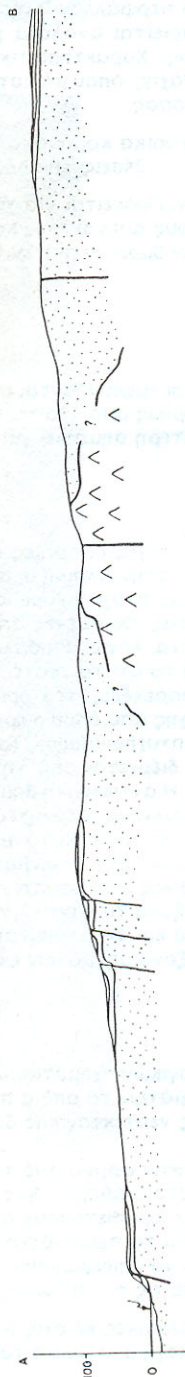
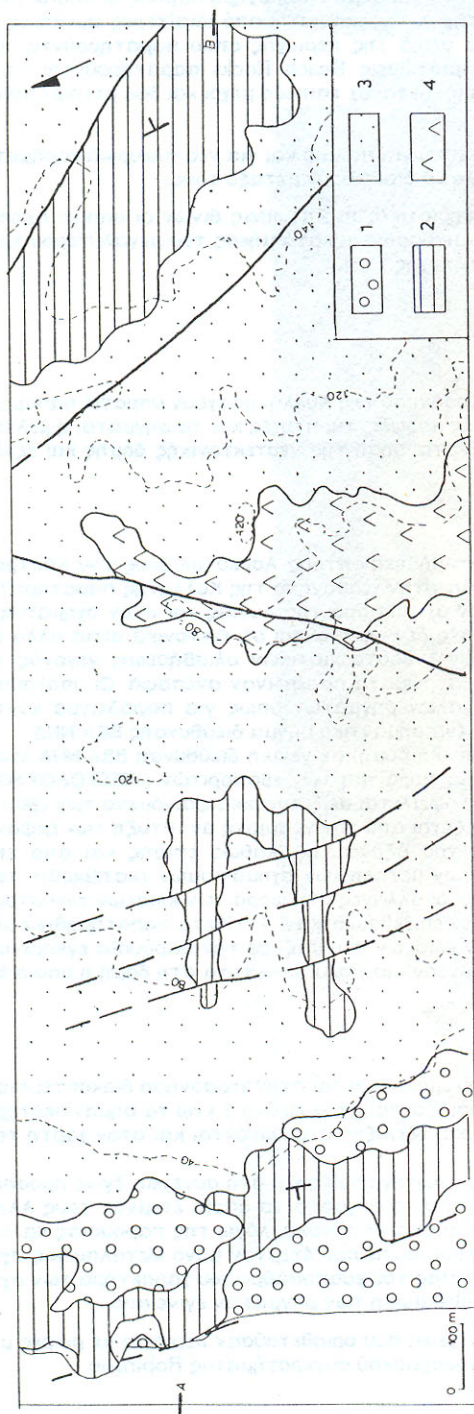
Εικ. 2. Εμφάνιση εβαποριτών 500m δυτικά του χωριού Κάστρο.

Fig. 2. Evaporites outcrop, 500m western of Kastro village.



Εικ. 3. Εμφάνιση του σχηματισμού Ασβεστοφαμιτών Γλώσσας στη βόρεια ακτή της χερσονήσου της Κυλλήνης.

Fig. 3. Outcrop of Glossa formation at the northern coast of Kyllini peninsula.



Εικ. 4. Γεωλογικός χάρτης και γεωλογική τομή της περιοχής Ακρωτηρίου Μελίσας-Κάστρου. Διακρίνεται η παρουσία του σχηματισμού Αβεστοστομαμιτών Γλώσσας σε διάφορες υψομετρικές θέσεις. (1: Παράκτιες αποθέσεις-αλλούβιες, 2: Σχηματισμός Αβεστοστομαμιτών Γλώσσας, 3: Σχηματισμός Λυγιάς, 4: Σχηματισμός Εβαποριτών Κάστρου).

Fig. 4. Geological map and geological cross-section of the Melissas-Kastro area. Glossa Formation is observed in various altitude positions. (1: Coastal deposits-alluvial deposits, 2: Glossa Formation, 3: Lygia Formation, 4: Kastro Evaporites Formation).

στ. Beach Rocks: Πρόκειται όπως είναι γνωστό για συμπαγείς σχηματισμούς οι οποίοι αναπτύσσονται σε θαλάσσιο περιβάλλον πλησίον της ακτής και κάτω από ιδιαίτερες συνθήκες. Η σύστασή τους διαφοροποιείται ανάλογα με τα υλικά της περιοχής όπου παρατηρούνται και έχουν περιορισμένο πάχος. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις Beach Rocks παρατηρούνται στην ακτή δυτικά της Ψηλής Ράχης, όπου μάλιστα ευρίσκονται σε επίπεδο μέχρι και δύο μετρών πάνω από τη στάθμη της θάλασσας.

ζ. Παλαιά και Νέα πλευρικά κορήματα: Πρόκειται για παλαιά και για νέα πλευρικά κορήματα τα οποία, εκτός από μερικές θέσεις, είναι δύσκολο να διακριθούν μεταξύ τους.

η. Σχηματισμοί Θινών: Πρόκειται για χαρακτηριστικές περιπτώσεις θινών οι οποίες αποτελούνται κυρίως από άμμους ασύνδετους και αναπτύσσονται κατά μήκος του μεγαλύτερου τμήματος των νότιων και των βόρειων ακτών της περιοχής.

3. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Οι σχηματισμοί οι οποίοι εμφανίζονται στη χερσόνησο της Κυλλήνης έχουν υποστεί παραμόρφωση που εκφράζεται κυρίως από δύο τεκτονικές μορφές, τις πτυχές και τα ρήγματα, η μελέτη των οποίων έχει και ιδιαίτερη σημασία για την κατανόηση της νεοτεκτονικής δομής και εξέλιξης.

A. ΠΤΥΧΕΣ

Εκτός από ορισμένες πτυχές οι οποίες παρατηρήθηκαν στους Ασβεστολίθους του Κάστρου και ανήκουν αποκλειστικά στην Αλπική ορογένεση, στην χερσόνησο της Κυλλήνης παρατηρήθηκε και ένας μικρός αριθμός πτυχών κυρίως στον σχηματισμό της Λυγιάς και στον σχηματισμό Ασβεστοψαμμίτων Γλώσσας. Ορισμένες από αυτές δεν οφείλονται σε τεκτονικά αίτια αλλά σε συνιζηματογενή φαινόμενα λόγω υποθαλάσσιων ενδοστρωματικών ολισθήσεων, γεγονός το οποίο αποδεικνύεται από το ότι τα εκατέρωθεν στρώματα παρέμειναν ανέπαφα. Οι υπόλοιπες οφείλονται σε τοπικές παρέλξεις στα όρια μεγάλων ρηγμάτων όπως για παράδειγμα κοντά στην ακτή της Ψηλής Ράχης από όπου διέρχεται ένα σημαντικό ρήγμα διεύθυνσης BBA-NNA.

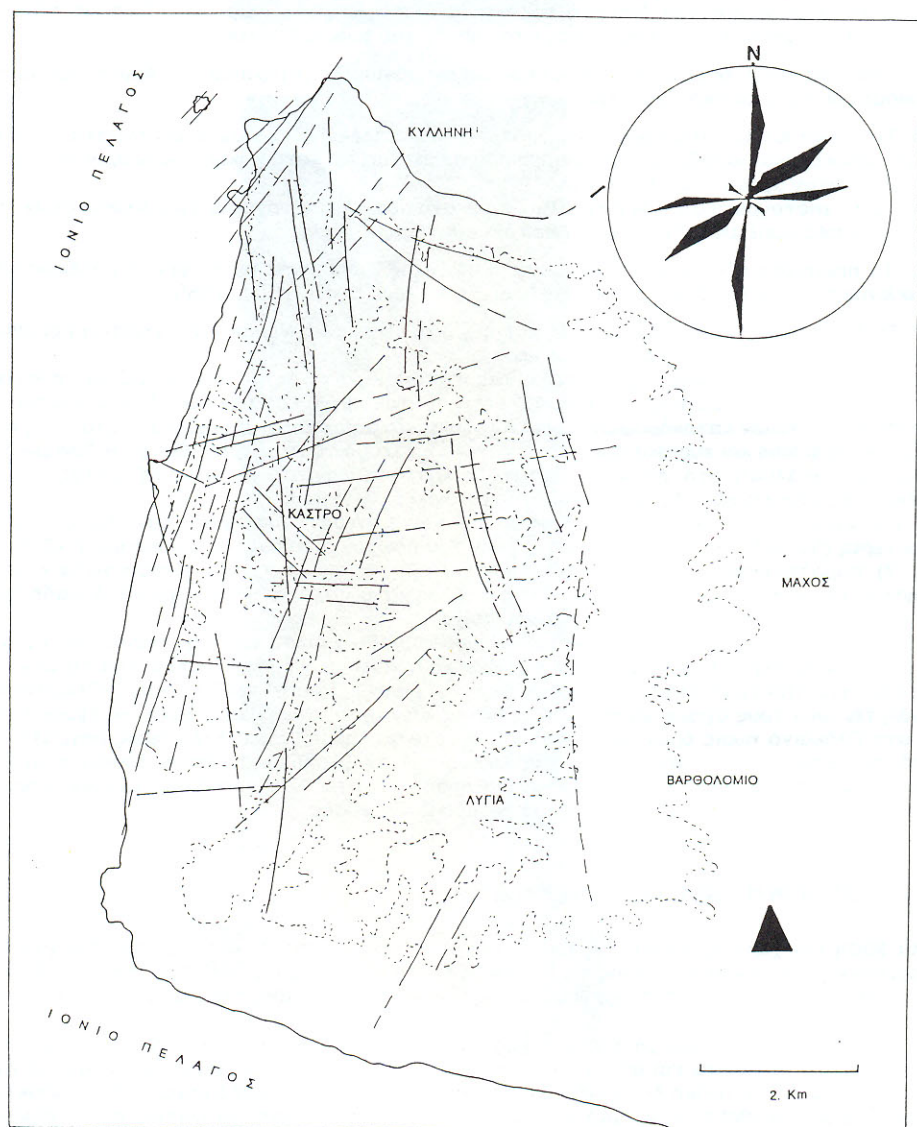
Μία περίπτωση μακροπτυχής-κάμψης (αντικλινική δομή) με γενική διεύθυνση BBA-NNA είναι αυτή του άξονά της διέρχεται από την κύρια εμφάνιση των εβαποριτών (ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ 1969, UNDERHILL 1985). Η αντικλινική δομή που οφείλεται σε διαπειρικά φαινόμενα των εβαποριτών κατά τους προηγούμενους ερευνητές τονίζεται από την γραμμική ανάπτυξη των εμφανίσεων των Αλπικών σχηματισμών κατά μήκος του άξονά της, καθώς επίσης και από την αντίθετη φορά των κλίσεων των στρωμάτων των μεταλπικών σχηματισμών εκατέρωθεν του άξονα. Σύμφωνα με τις δικές μας παρατηρήσεις οι αλλαγές στη φορά των κλίσεων των στρωμάτων εκατέρωθεν του άξονα του αντικλίνου, δεν επιβεβαιώθηκαν. Αντίθετα παρατηρήθηκε μια πολυπλοκότητα στη φορά και τη διεύθυνση των κλίσεων που μαζί με την παρουσία εγκάρσιων και επιμήκων προς τον άξονα ρηγμάτων φανερώουν μία πολυπλοκότητα στη δομή η οποία θα περιγραφεί στη συνέχεια.

B. ΡΗΓΜΑΤΑ

Τη συνέχεια των γεωλογικών σχηματισμών που εμφανίζονται στην χερσόνησο διακόπτει ένας σημαντικός αριθμός ρηγμάτων τα οποία παρουσιάζονται στην εικόνα 5 ενώ τα σημαντικότερα από άποψη διαμόρφωσης νεοτεκτονικής δομής και εξέλιξης σημειώνονται και στον χάρτη της εικόνας 1.

Τα ρήγματα εντοπίστηκαν αρχικά από τις αεροφωτογραφίες και στη συνέχεια έγινε προσπάθεια αναγνώρισής τους στο ύπαιθρο. Ορισμένα από τα ρήγματα τα οποία έτεμναν τους Αλπικούς σχηματισμούς ή τους οριοθετούσαν αναγνωρίστηκαν εύκολα, λόγω της παρουσίας καλών επιφανειών διάρρηξης ενώ τα περισσότερα, κυρίως αυτά που έτεμναν μόνο Μεταλπικούς σχηματισμούς, ήταν δύσκολο να επιβεβαιωθούν εξ αιτίας του ευαποσάθρωτου χαρακτήρα των σχηματισμών αυτών. Σε αυτές τις περιπτώσεις η επιβεβαίωση των ρηγμάτων έγινε από:

α. Τις απότομες μορφολογικές κλίσεις ή ασυνέχειες που οριοθετούσαν περιοχές με μικρές μέσες κλίσεις όπως την περιοχή ανατολικά του ξενοδοχειακού συγκροτήματος Robinson.



Εικ. 5. Ο ρηξιγενής ιστός της χερσονήσου της Κυλλήνης και τα 3 συστήματα διευθύνσεων των ρηγμάτων.

Fig. 5. The fault pattern of the Kyllini peninsula and the 3 groups of striking of the faults.

β. Την απότομη διακοπή χαρακτηριστικών σχηματισμών πάνω σε άλλους με πλέον αντιπροσωπευτικό παράδειγμα την διακοπή του σχηματισμού Ασβεστοψαμμίτων Γλώσσας πάνω σε στρώματα του σχηματισμού της Λυγιάς στο γήπεδο του χωριού Κάστρο.

γ. Την παρουσία εκατέρωθεν γεωμετρικών σχηματισμών (σχηματισμός Ασβεστοψαμμιτών Γλώσσας) σε διαφορετικά υψόμετρα.

δ. Την απότομη μεγάλη κάμψη στρωμάτων λόγω πάρελξης στα μεγάλα ρήγματα με πλέον αντιπροσωπευτικό παράδειγμα την κάμψη που παρατηρείται κατά μήκος του δρόμου Ψηλής Ράχης-ακτής στον σχηματισμό της Λυγιάς.

Μετά τη χαρτογράφηση των ρηγμάτων έγινε στατιστική επεξεργασία των διευθύνσεων τους από την οποία προέκυψε ότι ανήκουν σε τρία συστήματα ήτοι:

α. Το πρωτεύον σύστημα έχει διεύθυνση Β-Ν δηλαδή συμπίπτει με τη γενική διεύθυνση της αντικλινικής δομής που δέχονται οι ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ 1969, UNDERHILL 1985.

β. Το δευτερεύον και τριτεύον σύστημα έχουν διευθύνσεις ΒΑ-ΝΔ και Α-Δ αντίστοιχα οι οποίες είναι σχεδόν εγκάρσιες στο πρωτεύον σύστημα.

Όπως διαπιστώθηκε από τις παρατηρήσεις στο ύπαιθρο τα ρήγματα του πρώτου συστήματος είχαν γενικά πολύ μεγάλες κλίσεις (70° - 90°) και ήταν συχνά κατακόρυφα. Αντιπροσωπευτικό παράδειγμα τέτοιων κατακόρυφων ρηγμάτων είναι αυτά που ενεργοποιήθηκαν κατά τους σεισμούς της 16.10.1988 και ευρίσκονται στην ανατολική πλευρά του Κάστρου (Εικ. 6). Η δυναμική και κινηματική ανάλυση στα ρήγματα αυτά δεν κατέστη δυνατό να γίνει εξ αιτίας της μη διατήρησης στις επιφάνειές τους γραμμών τεκτονικής ολίσθησης.

Τα ρήγματα που ανήκαν στο δευτερεύον και τριτεύον σύστημα είχαν τιμές κλίσεων μικρότερες (50° - 70°) από αυτές των ρηγμάτων του πρώτου συστήματος. Σε ορισμένα εξ αυτών (Εικ. 7) παρατηρήθηκαν γραμμές τεκτονικής ολίσθησης που δείχνουν κίνηση κατά κλίση ή κίνηση κατά κλίση και με μικρή οριζόντια ολίσθηση κατά παράταξη ταυτόχρονα, δηλαδή ορθοκανονικά και πλαγιοκανονικά ρήγματα αντίστοιχα.

Η ηλικία των ρηγμάτων είναι δυνατό να προσδιορισθεί έμμεσα από την ηλικία των σχηματισμών που είτε τέμνουν ή οριοθετούν είτε αφήνουν ανέπαφους. Έτσι πολλά από τα ρήγματα (ανεξάρτητα από το σύστημα στο οποίο ανήκουν) έχουν βέβαια ηλικία Πλειόκαινο-Πλειστόκαινο επειδή τέμνουν τους σχηματισμούς Ψηλής Ράχης και Λυγιάς ενώ είναι πιθανό να έχουν δράσει και στο Ολόκαινο χωρίς όμως αυτό να είναι δυνατό να τεκμηριωθεί. Άλλα όμως ρήγματα (π.χ. αυτά που σημειώνονται στο χάρτη της Εικόνας 4) ανεξάρτητα αν έχουν δράσει ή όχι στο Πλειόκαινο-Πλειστόκαινο έχουν εξακριβωθεί δράση και στο Ολόκαινο διότι τέμνουν ή οριοθετούν εμφανίσεις του σχηματισμού Ασβεστοψαμμιτών Γλώσσας.

3. Η ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ - ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ

Με βάση την χαρτογράφηση, τις τεκτονικές μετρήσεις και παρατηρήσεις, την υπάρχουσα βιβλιογραφική ενημέρωση και τέλος τα δεδομένα των γεωτρήσεων (ESSO 1962, ΚΑΜΠΕΡΗΣ, 1987) αποκτήθηκε μια σαφής εικόνα της γεωλογικής-νεοτεκτονικής δομής της χερσονήσου της Κυλλήνης.

Συγκεκριμένα στην περιοχή της μελέτης εμφανίζονται Αλπικοί σχηματισμοί οι οποίοι ανήκουν στην Ιόνια ενότητα και αποτελούν το υπόβαθρο. Οι Αλπικοί σχηματισμοί συγκροτούν ένα τεκτονικό κέρας με γενική διεύθυνση Β-Ν, που όμως δεν έχει μία απλή μορφή αλλά χαρακτηρίζεται από μία σύνθετη γεωμετρία και πολυπλοκότητα που οφείλεται κυρίως στην παρουσία ρηγμάτων τόσο ως προς την επιμήκη διεύθυνση δηλαδή Β-Ν όσο και ως προς την εγκάρσια δηλαδή Α-Δ και ΒΑ-ΝΔ πολλά από τα οποία έχουν χαρτογραφηθεί (Εικ. 5). Είναι χαρακτηριστικό το γεγονός ότι κατά μήκος της γενικής διεύθυνσης Β-Ν υφίστανται: (i) στα Λουτρά Κυλλήνης η επιφάνεια του υποβάθρου σε υψόμετρο -600 μέτρα (δεδομένα γεωτρήσεων), (ii) ένα χιλιόμετρο βορειότερα το υπόβαθρο απαντά στα 200 μέτρα, (iii) 0,5 χιλιόμετρα ακόμη βορειότερα το υπόβαθρο απαντά στα -300 μέτρα και τέλος (iv) στο χωριό Κάστρο στα 200 μέτρα.

Άλλα και ως προς την επιμήκη διεύθυνση Α-Δ παρατηρούνται σημαντικές διαφορές ως προς την θέση του Αλπικού υποβάθρου που δεν δικαιολογούνται μόνο από την κύρτωση της αντικλινικής δομής. Έτσι το υπόβαθρο στο Κάστρο εμφανίζεται στα 200 μέτρα ενώ 5 χιλιόμετρα ανατολικότερα σε -1400 μέτρα (δεδομένα γεωτρήσεων).



Εικ. 6. Ρήγματα με διεύθυνση Β-Ν περίπου ανατολικά του χωριού Κάστρο στα οποία παρατηρήθηκε μετακίνηση των εκατέρωθεν ρηξιτεμαχών κατά τους σεισμούς της 16.10.1988.

Fig. 6. Faults striking N-S, eastern of Kastro village. They were reactivated during the earthquakes of 16.10.1988.



Εικ. 7. Ρήγμα με στοιχεία ($67^\circ/330^\circ$) που ανήκει στο δεύτερο σύστημα ρηγμάτων. Διακρίνονται οι γραμμές τεκτονικής ολίσθησης πάνω στην επιφάνειά του με στοιχεία $55^\circ/010^\circ$.

Fig. 7. Fault ($67^\circ/330^\circ$) that belongs to the second order system. Slickensides ($55^\circ/010^\circ$) were observed on this fault surface.

Συμπερασματικά λοιπόν αναφέρεται ότι το Αλπικό υπόβαθρο παρουσιάζει μία πολύπλοκη γεωμετρία με κύριες δομές κατά μήκος των διευθύνσεων Β-Ν και Α-Δ. Η εικόνα δεν οφείλεται μόνο στην Αλπική ορογένεση (Ανώτερο Ολιγόκαινο - Κατώτερο Μειόκαινο) αλλά κυρίως στην νεοτεκτονική, γεγονός που επιβεβαιώνεται και από την δραστηριοποίηση ρηγμάτων κατά τους σεισμούς της 16-10-1988 που τέμνουν ή οριοθετούν τις Αλπικές εμφανίσεις στη νοτιοανατολική πλευρά του χωριού Κάστρο.

Οι Μεταλπικοί σχηματισμοί έχουν καλύψει σχεδόν ολοσχερώς το Αλπικό υπόβαθρο. Ο σχηματισμός βάσης είναι ο σχηματισμός Κροκαλοπαγών Ψηλής Ράχης ηλικίας Κατώτερου Πλειοκαίνου και ακολουθεί ο σχηματισμός της Λυγιάς (Μέσου Πλειοκαίνου - Κατώτερου Πλειστοκαίνου) ο οποίος καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της χερσονήσου.

Δυτικά του χωριού Κάστρο οι διευθύνσεις και οι κλίσεις των στρωμάτων παρουσιάζουν μία εντυπωσιακή "αταξία" η οποία φανερώνει την πολύπλοκη νεοτεκτονική παραμόρφωση.

Πάνω από τον σχηματισμό της Λυγιάς επικάθεται ασύμφωνα ο χαρακτηριστικός σχηματισμός των Αβεσσοψαμμιτών της Γλώσσας ο οποίος δεν εμφανίζεται μόνο στην περιφέρεια της μορφολογικής έξαρσης της χερσονήσου αλλά και σε πάρα πολλές άλλες θέσεις, όπου υπάρχουν σημαντικές εμφανίσεις. Οι εμφανίσεις μάλιστα ευρίσκονται σε διαφορετικά υψόμετρα και πολλές από αυτές οριοθετούνται ή μετατίθενται από ρήγματα τα οποία διέρρηξαν τον σχηματισμό μετά την απόθεσή του. Τέλος πάνω σε όλους τους προηγούμενους σχηματισμούς επικάθονται ασύμφωνα τα Αλλοούβια, οι Παράκτιες αποθέσεις, τα Beach rocks και οι Θίνες.

III. Η ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ

Με βάση τα δεδομένα της νεοτεκτονικής χαρτογράφησης, τις νεοτεκτονικές παρατηρήσεις και μετρήσεις καθώς επίσης με βάση την αξιολόγηση όλων των υπάρχοντων στοιχείων από παλαιότερες έρευνες, τόσο στην χερσόνησο της Κυλλήνης όσο και στην ευρύτερη περιοχή, αποκτήθηκε μία ολοκληρωμένη εικόνα της νεοτεκτονικής εξέλιξης (Εικ. 8) η οποία διαφέρει σημαντικά από τις μέχρι τώρα υπάρχουσες απόψεις.

Ειδικότερα η απουσία ιζημάτων του Μέσου-Ανώτερου Μειοκαίνου προδίδει ότι η περιοχή ή ένα μεγάλο τμήμα της αναδύθηκε, είτε εξ αιτίας των Αλπικών ορογενετικών κινήσεων που άρχισαν από το Ακουϊτάνιο-Βουρδιγάλιο, είτε εξ αιτίας διαπειρικών κινήσεων οι οποίες έλαβαν χώρα από το Μέσο Μειόκαινο είτε τέλος από συνδυασμό των δύο παραπάνω.

Στο Κατώτερο Πλειόκαινο έγινε η απόθεση του σχηματισμού Κροκαλοπαγών Ψηλής Ράχης από τη φύση του οποίου συμπεραίνεται ότι ένα τμήμα τουλάχιστον της χερσονήσου μετατράπηκε σε αβαθή παράκτια περιοχή με εκβολές ποταμών.

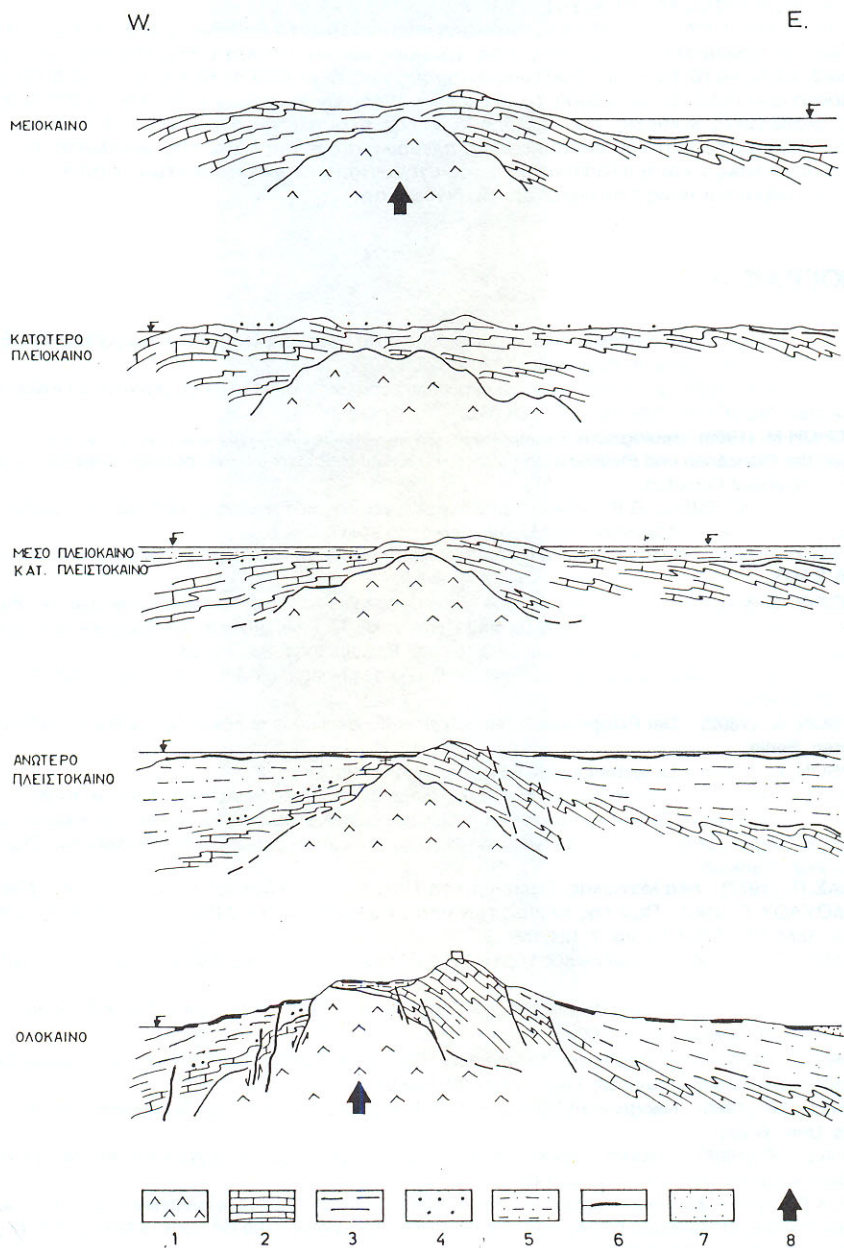
Στη συνέχεια από το Μέσο Πλειόκαινο ως το Κατώτερο Πλειστόκαινο η περιοχή χαρακτηρίζεται από την ταχεία εναλλαγή περιβαλλόντων (θαλάσσιο, υφάλμυρο, ελώδες, παραποτάμιο) που είχε σαν αποτέλεσμα την απόθεση του σχηματισμού της Λυγιάς (άμμοι, μάργες, κροκαλοπαγή, άργιλοι, ψαμμίτες με πολλές ασυμφωνίες, σταυρωτές στρώσεις, ιζηματοδομές, φωτικά λείψανα κτλ.). Ορισμένα τμήματα του Αλπικού υπόβαθρου είναι πιθανό να παρέμειναν έξω από την επιφάνεια της θάλασσας έτσι ώστε να μην αποτεθούν στις περιοχές αυτές ιζήματα. Στο ίδιο χρονικό διάστημα οι διαπειρικές κινήσεις και εν γένει ο τεκτονισμός συνεχίστηκαν χωρίς όμως να είναι ιδιαίτερα έντονες.

Πάνω στο σχηματισμό Λυγιάς αποτέθηκε ασύμφωνα κατά το Ανώτερο Πλειστόκαινο ο σχηματισμός Αβεσσοψαμμιτών Γλώσσας. Ο σχηματισμός αυτός αποτέθηκε όπως φαίνεται στον χάρτη της Εικόνας 1 όχι μόνο περιφερειακά στη μορφολογική έξαρση του Κάστρου -κάτι που δέχονται οι WINTER 1979, KOWALCZYK & WINTER 1979- αλλά σε ένα μεγάλο τμήμα του χώρου της μορφολογικής έξαρσης, η οποία δεν υφίστατο.

Το τέλος της απόθεσης του σχηματισμού Αβεσσοψαμμιτών Γλώσσας χρονολογεί την έναρξη των (νέων) ανοδικών κινήσεων, οι οποίες ήταν αρκετά έντονες και διαμόρφωσαν την σημερινή μορφολογική εικόνα μέσα στο Ολόκαινο.

Η εμφάνιση του σχηματισμού Αβεσσοψαμμιτών Γλώσσας σε διάφορα υψόμετρα από 0 έως 180 ή πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας δείχνει την ταχύτητα των ανοδικών κινήσεων στην περιοχή του Κάστρου η οποία υπολογίζεται σε μερικά χιλιοστά ανά έτος.

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα μεγαλύτερα υψόμετρα εμφάνισης των Αβεσσοψαμμιτών Γλώσσας βρίσκονται πολύ κοντά στις θέσεις που παρατηρούνται εβαπορίτες όπως για παράδειγμα δυτικά του χωριού Κάστρο, γεγονός που υποδηλώνει τον ρόλο του διαπειρισμού



Εικ. 8. Σχηματική απεικόνιση της νεοτεκτονικής δομής και εξέλιξης της χερσονήσου της Κυλλήνης. 1: Εβαπορίτες, 2: Σχηματισμός Ασβεστολίθων Κάστρου, 3: Σχηματισμοί Μέσου-Ανώτερου Μειοκαίνου, 4: Κροκαλοπαγή Ψηλής Ράχης, 5: Σχηματισμός Λυγιάς, 6: Σχηματισμός Ασβεστομαμμιτών Γλώσσας, 7: Αλλούβια, 8: Ανοδικές κινήσεις - Διαπειρισμός.

Fig. 8. Schematic representation of the neotectonic structure and evolution of the Kyllini peninsula. 1: Evaporites, 2: Kastro limestones Formation, 3: Middle-Upper Miocene deposits, 4: Psili Rachi formation, 5: Lygia Formation, 6: Glossa Formation, 7: Alluvial deposits, 8: Uplifting-Diapiyrism.

στις ανοδικές κινήσεις της περιοχής.

Με την γενική αυτή ανύψωση της περιοχής συμπαρομαρτούν όπως φαίνεται και άλλα στοιχεία, όπως οι πρόσφατες ανυψώσεις στις γραμμές ακτών (περιοχή Ακρωτηρίου Τρυπητό) και των Beach rocks κατά τους πρόσφατους σεισμούς της 16-10-1989 αλλά και εν γένει ή έντονη σεισμική δραστηριότητα. Όσον αφορά το αίτιο των ανοδικών κινήσεων μπορούν να αποδοθούν, είτε στις διαπαιρικές κινήσεις των εβαπορίτων της περιοχής Κάστρο, είτε σε ένα πολύπλοκο μηχανισμό κύρια στοιχεία του οποίου είναι η πλευρική συμπίεση λόγω της σύγκλισης των δύο λιθοσφαιρικών πλακών και η πλαστικότητα του σχηματισμού των εβαποριτών οι οποίοι -λόγω της συμπίεσης-ωθούνται προς την κατακόρυφη διεύθυνση.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- AUBOUIN, J., (1959). - Contribution a l' etude geologique de la Grece septentrionale: les confins de l' Epire et de la Thessalie, Ann. Geol. d. Pays Hell., X., p. 1-525.
- AUBOUIN, J., DERCOURT, J., (1962). - Zone preapulienne zone Ionienne et zone du Gavrovo en Peloponnese occidentale, BSGF (7)3: 785-794; GRSS6F, 190.
- BUNDSCHUH M. (1986). Geologische kartierung im gebiet von Mir sini, Kyllini und Kastron sowie untersuchungen der Pionzänen und Pleistozanen Faunen der Kyllini-Halbinsel (N. Peloponnes, Griechen land) Diplom. Universität Frankfurt.
- ESSO (PERRY, L. & TEMPLE, G.P.), (1962). - Εσωτερικές γεωλογικές εκθέσεις Δ.Ε.Π για τις περιοχές παραχωρήσεων Παξών, Ζακύνθου -Κυλλήνης, Φιλιατρά και Πύλου.
- KAMΠΕΡΗΣ, Ε. (1987). - Γεωλογική και Πετρελαιογεωλογική μελέτη ΒΔ Πελοποννήσου. Διδακτορική διατριβή. Ε.Μ.Π.
- KOWALCZYK, G. & WINTER, K. (1979). - Outline of the Cenozoic history of the Kyllini peninsula, W. Peloponnese. In: Symeonides, N. Papanikolaou D. and Dermizakis, M. Field guide to the Neogene of Megara-Peloponnesus-Zakynthos Department of Geology and Palaeontology, S.A. No 34.
- MITZOPOULOS, M., (1940). - Über das alter und die Fauna des Noegenes in Elis. Prak. Akad. Ath. Bd, 15, S. 429-436, Athens.
- PHILIPPSON, A., (1892). - Der Peloponnes. Versuch einer Landeskunde auf geographischer Grundlage 647S, 2 Karten, Berlin.
- PHILIPPSON, A., (1898). - La tectonique de l' Egeide. Ann.Geogr.
- SAVOYAT, E., (1977). - La zone Ionienne. Bull. Soc. Geol. d. France 7e Serie V.XIX, No 1, p. 10-20.
- SCHMIDT, A. (1984). Geologische kartierung im gebiet zwischen Kardiakauti, Neokhori, und Kastron sowie unterswihungen der Pliozanen und Pleistozanen ablagezungen im gebiet der Kullini Halbinsel. Dipl. Universität, Frankfurt.
- ΤΣΟΦΛΙΑΣ, Π., (1977). - Νέα Μανωλάς, Χαλανδρίτσα, Πάτρα, Γεωλ. Χάρτες Ελλάδας, 1:50.000, ΙΓΜΕ.
- ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Γ., 1967. - Περί της ηλικίας των παρά τω χωρίω Κάστρο (ΒΔ Πελοπόννησος) ασβεστολίθων. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., 7: 121-136.
- ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Γ. (1969). - Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας κλ. 1:50.000 Φύλλο "Βαρθολομίο", ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Γ. (1971). - Über die neogenen Ablagerungen im Gebiet von Kyllini (NW. Peloponnes). IGME, Special Publication 11, 1-60.
- HAGEMAN, J. (1977). - Stratigraphy and sedimentary History of the Upper Cenozoic of the Pyrgos area (W. Peloponnesus, Greece). Ann. Geol.ays Hellen. 28, 299-333.
- UNDERHILL, J.R. (1985). - Neogene and Quaternary tectonics and sedimentation in Western Greece. PhD. thesis, Univ. Wales.
- UNDERHILL, J.P. (1988). - Triassic evaporites and Plio -Quaternary diapirism in Western Greece. Journal of the Geological Society, London, Vol. 145, p.p. 269-282.
- WINTER, K.P. (1979). - Zur neotektonischen Entwicklung im Bereich der Kyllini-Halbinsel (Vartholomion sheet) W. Peloponnes. In: Kallergis, G. Proceedings of the vi Colloquium on the Geology of the Aegean re gion. Vol. I (IGME) Greece p.p. 425-434.