

## ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΚΥΘΗΡΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΚΥΚΛΑΔΩΝ ΣΤΗ ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΕΛΛΗΝΙΚΟΥ ΤΟΣΟΥ

Δ. Παπανικολάου\* και Γ. Δανάμος\*

### ΣΥΝΟΨΗ

Η γενική τεκτονική δομή και εξέλιξη των Κυθήρων μοιάζει με εκείνη των Κυκλάδων, με διαφορά στην χρονική διαδοχή των γεωδυναμικών διεργασιών στα πλαίσια του ορογενετικού τόξου, που έχουν σήμερα ολοκληρωθεί στις Κυκλάδες σε αντίθεση με τα Κύθηρα όπου συνεχίζονται. Βασικής σημασίας είναι η διάκριση ανάμεσα σε μία πρώτη φάση επαπτομενικού τεκτονισμού που δημιουργεί την διαδοχή των τεκτονικών καλυμμάτων και μια δεύτερη φάση επακόλουθη που έχει τα χαρακτηριστικά τεκτονισμού βαρύτητας με επικράτηση εφελκυσμού η οποία απογυμνώνει τα κορυφαία των αντικλινικών δομών των βαθύτερων ενοτήτων. Καθοριστικής σημασίας στη δεύτερη φάση είναι η αποκόλληση - ολίσθηση, πάνω σε ζώνες έντονης ασυνέχειας, των ανώτερων μη μεταμορφωμένων ενοτήτων πάνω στις βαθύτερες μεταμορφωμένες με περιορισμό των ρηγμάτων σε συγκεκριμένες ενότητες.

### ABSTRACT

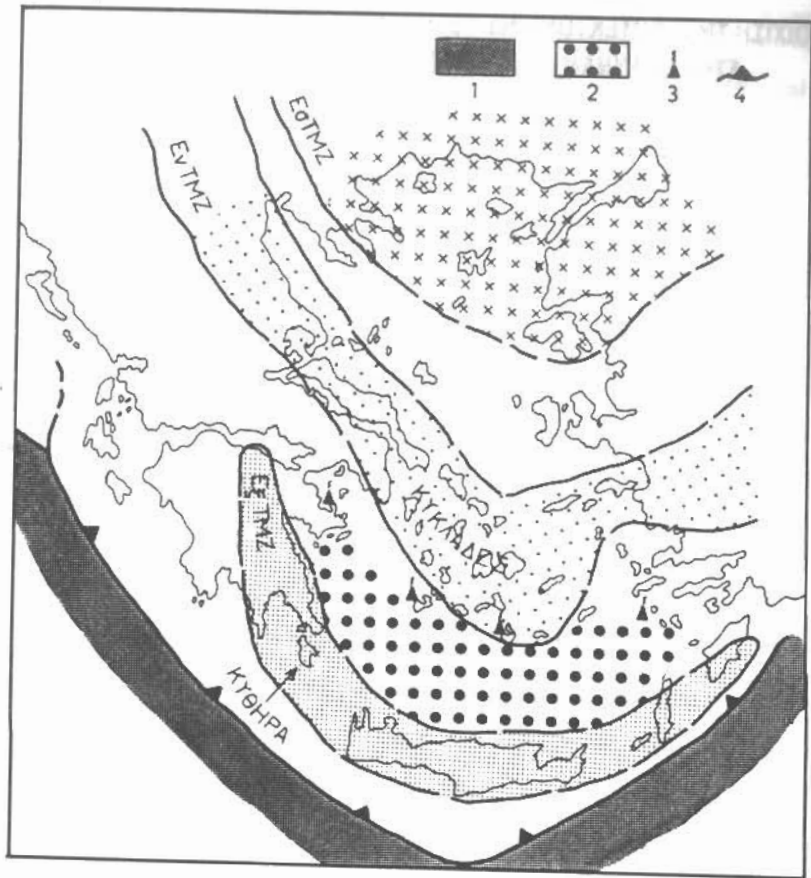
The tectonic structure and evolution of Kythira is in general similar to that of the Cyclades with a difference in the chronologic succession of the alpine and post alpine geodynamic processes which have ended in the Cyclades in contrast to Kythira where they are still in evolution. A basic distinction has to be made between the early phase of compressional tectonism which built up the alpine nappe pile and the late phase of extensional character which denudates the non metamorphic units from the crests of the anticlinal domes of the underlying metamorphic units. During this late phase the decollement and sliding of the non metamorphic units along their contact with the underlying metamorphic units is dominant under the important effect of gravity, the normal faults being limited above the main overthrusts.

### 1. Η ΘΕΣΗ ΤΩΝ ΚΥΘΗΡΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΚΥΚΛΑΔΩΝ ΣΤΟ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΤΟΣΟ

Τα Κύθηρα ανήκουν σε διαφορετική γεωτεκτονική μονάδα του σημερινού Ελληνικού τόξου από τις Κυκλάδες και έχουν διαφορετική γεωτεκτονική εξέλιξη στα πλαίσια των Ελληνίδων. Εν τούτοις χαρακτηρίζονται από παρόμοια τεκτονική δομή και εξέλιξη η οποία στην μεν περίπτωση των Κυκλάδων έχει σχεδόν ολοκληρωθεί, δεδομένου ότι βρίσκονται ήδη στην οπισθοχώρα και πίσω από το ενεργό ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου, ενώ στα Κύθηρα βρίσκεται σε εξέλιξη, δεδομένου ότι βρίσκονται στο νησιωτικό τόξο μεταξύ της Ελληνικής τάφρου και της Κρητικής μολασσιακής οπισθοτάφρου και μπροστά από το ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου. (Εικ.1). Δεδομένης της δομής και εξέλιξης του Ελληνικού

PAPANIKOLAOU, D. and DANAMOS, G. - Correlation of the geotectonic position of Kythira and Cyclades within the geodynamic evolution of the Hellenic arc.

\* Γεωλογικό Τμήμα Πανεπιστημίου Αθηνών.  
Πανεπιστημιούπολη 157 84, Ζωγράφου ΑΘΗΝΑ.



Εικ. 1. Γεωτεκτονική θέση των Κυθήρων και των Κυκλάδων στο Ελληνικό τόξο. Τα Κύθηρα ανήκουν στο νησιωτικό τόξο και περιλαμβάνουν στην αλπική τους δομή πετρώματα της Εξωτερικής Τεκτονομεταμορφικής Ζώνης (ΕΞ ΤΜΖ) των Ελληνίδων, ενώ οι Κυκλάδες βρίσκονται στην οπισθοχώρα πίσω από το ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου και περιλαμβάνουν πετρώματα της Ενδιάμεσης Τεκτονομεταμορφικής Ζώνης (Εν ΤΜΖ).  
1: Τάφρος, 2: Οπισθοτάφρος, 3: Πρόσφατη ή σύγχρονη ηφαιστειότητα, 4: Ζώνη υποβύθισης.

Fig. 1. Geotectonic position of Kythira island and Cyclades in the Hellenic arc. Kythira island belongs to the "island arc" and their alpidic structure is built by formations of the External Tectonometamorphic Belt of the Hellenides. In the contrary, Cyclades belong to the "back-arc basin" behind the "Aegean volcanic" including formations of the Median Tectonometamorphic Belt.  
1: Trench, 2: Back-arc basin, 3: Recent vulcanism, 4: Subduction zone.

ορογενετικού τόξου είναι δυνατόν να "προβλεφθεί" η εξέλιξη των Κυθήρων στο μέλλον με βάση την πρόσφατη εξέλιξη των Κυκλάδων και αντίθετα είναι δυνατόν να αναπαρασταθεί η εικόνα των Κυκλάδων κατά το Κατώτερο Μειόκαινο περίπου, σαν το σημερινό ακτουαλιστικό πρότυπο των Κυθήρων. Τα παραπάνω θα αναλυθούν στη συνέχεια της παρούσας ανακοίνωσης.

Στο σημερινό ορογενετικό τόξο των Ελληνίδων τα Κύθηρα αντιπροσωπεύουν το νησιωτικό τόξο ενώ οι Κυκλάδες στην μεν νοτιότερη εξωτερική τους περιφέρεια αντιπροσωπεύουν το ηφαιστειακό τόξο στο δε υπόλοιπο τμήμα τους μεταβαίνουν προς την οπισθοχώρα, όπου σταδιακά έχουμε απόσβεση των ορογενετικών διαδικασιών (Εικ. 1). Ανάμεσα στα Κύθηρα και τις Κυκλάδες αναπτύσσεται η Κρητική λεκάνη η οποία αντιπροσωπεύει μία οπισθοτάφρο και χαρακτηρίζεται από μολασσικού τύπου ιζηματογένεση από το Ανώτερο Μειόκαινο (PAPANIKOLAΟΥ & DERMITZAKIS 1981, ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1986). Έτσι, στα μεν Κύθηρα σήμερα (Πλειόκαινο-Τεταρτογενές) παρατηρείται έντονη ανοδική κίνηση με ρηματογόνο τεκτονισμό και σεισμικότητα που προστίθεται στην σχετικά πρόσφατη "αλπική" (Ανω Ηώκαινική-Κάτω Μειοκαινική) τεκτονική δομή των τεκτονικών καλυμμάτων, στις δε Κυκλάδες παρατηρείται μία καθοδική κίνηση με ελάχιστη τεκτονική δραστηριότητα και σεισμικότητα (PAPANIKOLAΟΥ et al 1981) εκτός της εξωτερικής της περιφέρειας όπου απαντά το ενεργό ηφαιστειακό τόξο. Αντίθετα με τα Κύθηρα, στον κύριο χώρο των Κυκλάδων η αλπική τεκτονική των καλυμμάτων (Ηώκαινο-Ολιγόκαινο) έχει ακολουθηθεί από έντονη Μειοκαινική παραμόρφωση συνοδευόμενη και από μαγματισμό-ηφαιστειότητα καθώς και από υστεροτεκτονικές κινήσεις στον ανώτερο τεκτονικό όροφο που περιλαμβάνουν και την παραμορφωμένη και αλλόχθονη ή παραυτόχθονη Κάτω Μειοκαινική Μόλασσα των Κυκλάδων (PAPANIKOLAΟΥ, 1987).

Στα πλαίσια του αλπικού τόξου των Ελληνίδων τα μεν Κύθηρα ανήκουν στο χώρο της εξωτερικής τεκτονομεταμορφικής ζώνης οι δε Κυκλάδες στην ενδιάμεση τεκτονομεταμορφική ζώνη, που έχουν σημαντικές διαφορές στη συνολική τους δομή και εξέλιξη (Εικ. 1) (PAPANIKOLAΟΥ 1984, 1988). Παρόλα αυτά, η γενική διάταξη της αλπικής τεκτονικής των καλυμμάτων στις δύο τεκτονομεταμορφικές ζώνες είναι η ίδια (PAPANIKOLAΟΥ and SKARPELIS, 1987) με τεκτονικά καλύμματα μεταμορφωμένων πετρωμάτων κυανοσχιστολιθικού τύπου, ανάμεσα σε υποκείμενες, μικρού βαθμού μεταμόρφωσης, σχετικά αυτόχθονες ενότητες, με "εξωτερικότερους" παλαιογεωγραφικούς χαρακτήρες και σε υπερκείμενες, μη μεταμορφωμένες τεκτονικές ενότητες, με "εσωτερικότερους" παλαιογεωγραφικούς χαρακτήρες. Στα Κύθηρα επικρατούν οι μη μεταμορφωμένες αλπικές ενότητες (Τριπόλη, Πίνδος) με μικρή εμφάνιση των μεταμορφωμένων (Αρνα) και με σημαντική παρουσία μεταλλικών (Νεογενών-Τεταρτογενών) σχηματισμών με έντονη νεοτεκτονική δομή. Αντίθετα στις Κυκλάδες επικρατούν οι μεταμορφωμένες αλπικές ενότητες (Βόρειες με Νότιες Κυκλάδες, Μακροτάνταλο-Οχη, Δρυός, Μεσαριά..κλπ.) με ελάχιστες υπολειμματικές εμφανίσεις των μη μεταμορφωμένων αλπικών καλυμμάτων υπό μορφή τεκτονικών ρακών (Κυκλαδικό κάλυμμα του χώρου Ανατολικής Ελλάδας) και με ελάχιστα μεταλλικά ιζήματα ασθενώς παραμορφωμένα κατά τη νεοτεκτονική περίοδο.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι η μεν αλπική τεκτονική, με την κλασσική έννοια, των Κυθήρων και των Κυκλάδων, είναι περίπου ίδια, ενώ η υστερο- και νεοτεκτονική είναι διαφορετική μεν αλλά αναμενόμενη λόγω της διαφορετικής θέσης των δύο περιοχών στο υπό εξέλιξη Ελληνικό ορογενετικό τόξο. Υπό την έννοια αυτή τα σημερινά "νεοτεκτονικά" φαινόμενα των Κυθήρων μπορούν να

## 2. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΚΥΘΗΡΩΝ

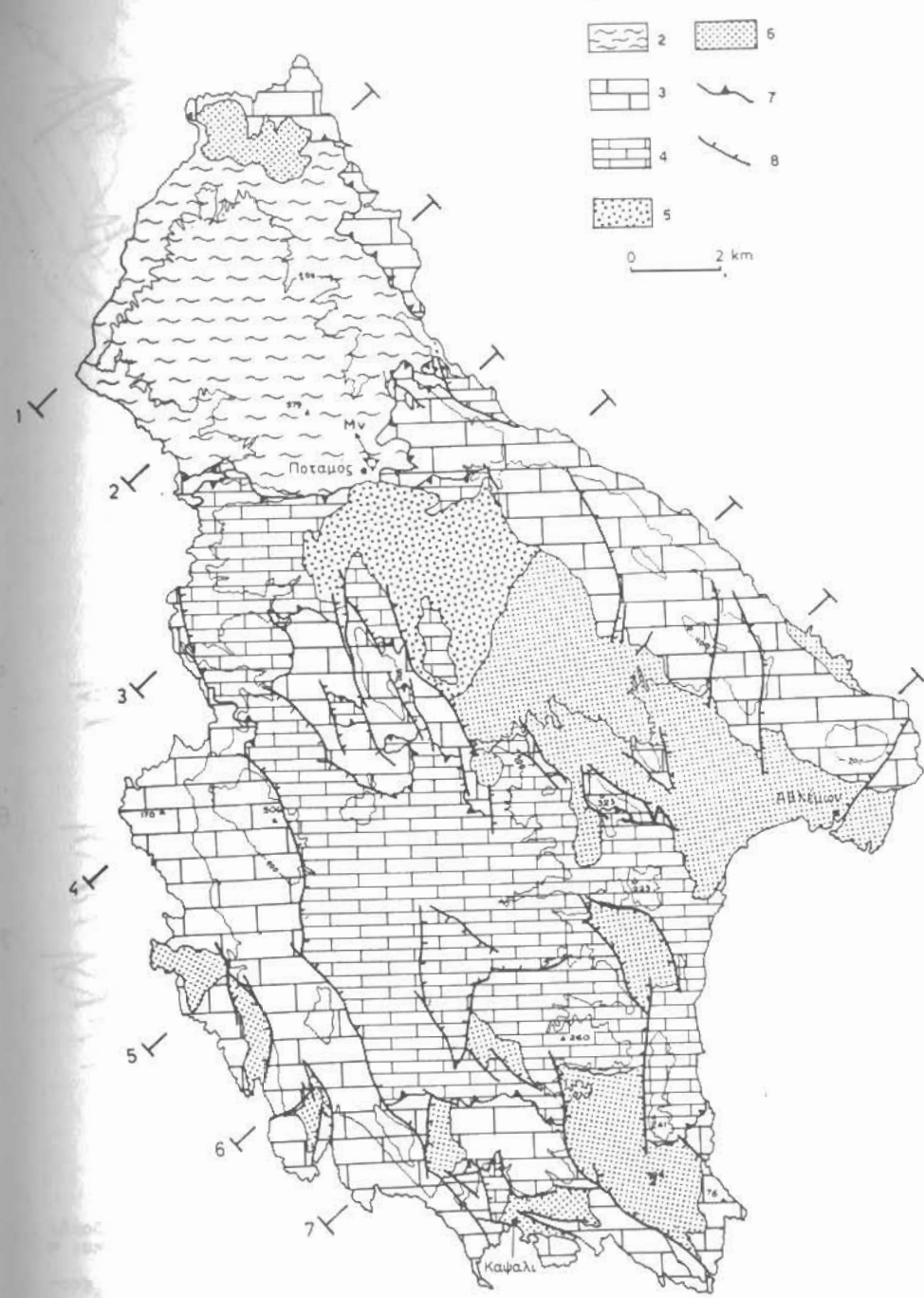
### 2.1. Τεκτονική δομή

Η γεωλογική δομή των Κυθήρων περιλαμβάνει τις εξής τεκτονικές ενότητες: α) Ενότητα Πίνδου, β) Ενότητα Τρίπολης, γ) Ενότητα Αρνας και δ) Ενότητα Μάνης (LEONHARD, 1899, ΜΑΝΩΛΕΣΣΟΣ, 1955, ΠΕΤΡΟΧΕΙΛΟΣ, 1966, ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΣ, 1973, LEKKAS, 1988). Η κατώτερη, σχετικά αυτόχθονη, ενότητα Μάνης εμφανίζεται σε δύο μικρές εμφανίσεις με κακές συνθήκες παρατήρησης (LEKKAS, 1988) και η παρουσία της δεν είναι επαρκώς τεκμηριωμένη στα Κύθηρα αλλά είναι επαρκώς γνωστή στη Νότια Πελοπόννησο και την Κρήτη.

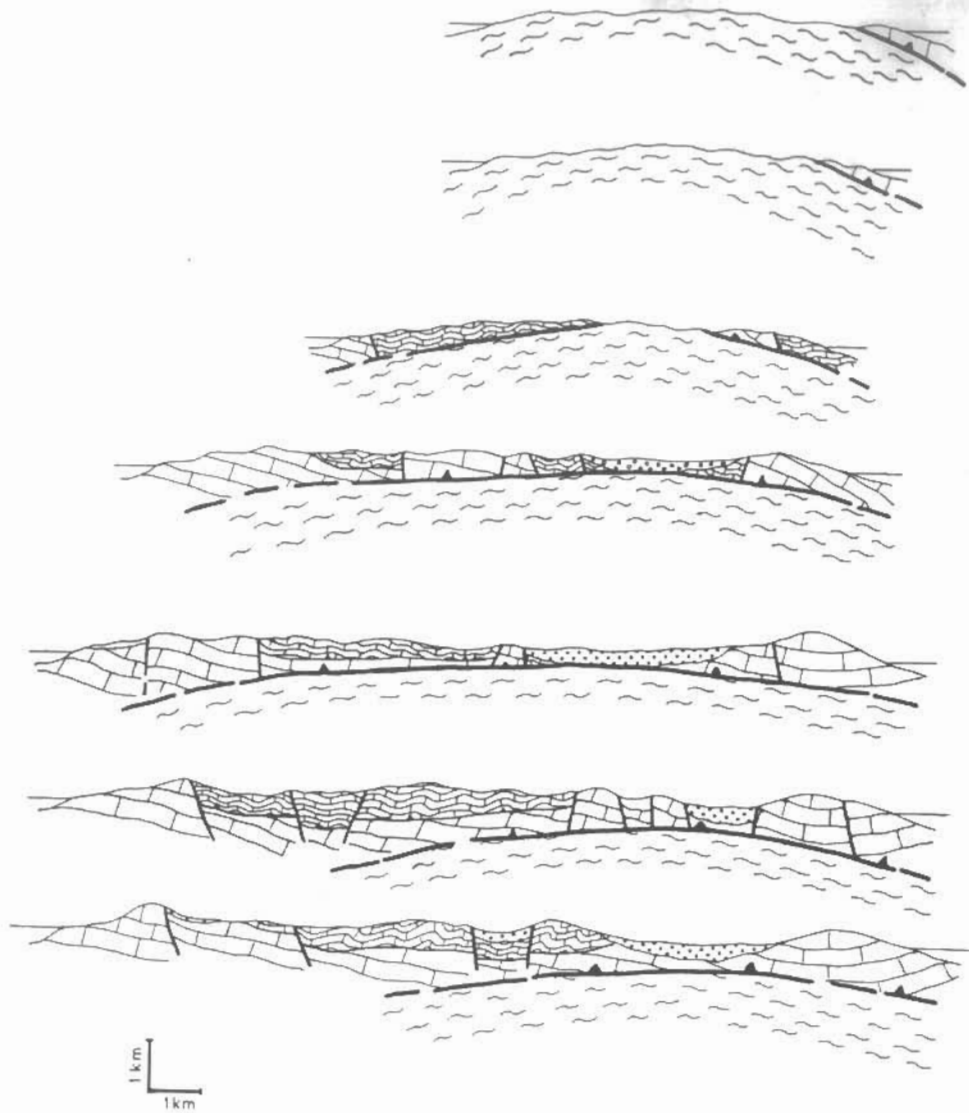
Η επιφανειακή εξάπλωση κάθε μιας τεκτονικής ενότητας ακολουθεί μία συγκεκριμένη λογική, προϊόν της τεκτονικής δομής. Όπως φαίνεται στον απλοποιημένο γεωλογικό χάρτη των Κυθήρων (Εικ. 2), (ο οποίος προέκυψε από απλοποίηση και σμίκρυνση του πρωτότυπου χάρτη που εκπονήθηκε στα πλαίσια της διδακτορικής διατριβής του Γ. ΔΑΝΑΜΟΥ), τα μεταμορφωμένα πετρώματα της ενότητας της Αρνας απαντούν αποκλειστικά στο βόρειο τμήμα των Κυθήρων, ενώ τα δύο ανώτερα τεκτονικά καλύμματα της Τρίπολης και της Πίνδου εμφανίζονται επιφανειακά στο υπόλοιπο τμήμα των Κυθήρων με μία ζωνώδη ανάπτυξη σε διεύθυνση NW-SE η οποία σε γενικές γραμμές, περιλαμβάνει μία κεντρική περιοχή με σχετικά χαμηλά υψόμετρα, όπου απαντά η ενότητα της Πίνδου και δύο εξωτερικές, μία προς τα βορειοανατολικά και μία προς τα νοτιοδυτικά, όπου απαντά η ενότητα της Τρίπολης. Η όλη ζωνώδης εμφάνιση δημιουργεί την μορφή τεκτονικής τάφρου με γενική διεύθυνση NW-SE στο κέντρο της οποίας βρίσκεται βυθισμένη η ανώτερη τεκτονικά ενότητα της Πίνδου και στα άκρα η κατώτερη ενότητα της Τρίπολης. Η παραπάνω ταφροειδής δομή των αλπικών σχηματισμών τονίζεται από την αρκετά γεωμετρική "μεταλπική" λεκάνη διεύθυνσης NW-SE όπου απαντούν κλαστικά ιζήματα του Ανωτέρου Μειοκαινού και του Πλειοκαινού (ΧΡΗΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, 1965, FREYBERG, 1967, MEULENKAMP et al, 1977). Ετσι, παρατηρείται μία παραλληλία σε διεύθυνση NW-SE της κατανομής των δύο ανώτερων αλπικών καλυμμάτων, των μεταλπικών σχηματισμών και της γενικής μορφοτεκτονικής δομής των Κυθήρων.

Η παραπάνω τεκτονική δομή των Κυθήρων φαίνεται στις επτά παράλληλες γεωλογικές τομές που έχουν γίνει εγκάρσια προς αυτή (Εικ. 3). Ενα ενδιαφέρον τεκτονικό στοιχείο είναι ακόμη το γεγονός της ύπαρξης μιας αντικλινικής δομής με διεύθυνση NW-SE στα βόρεια Κύθηρα, η οποία περιγράφεται από τις καμπύλες παρατάξεων της τεκτονικής επαφής ανάμεσα στα μεταμορφωμένα πετρώματα της Αρνας και τα μη μεταμορφωμένα των υπερκείμενων ενοτήτων της Τρίπολης και της Πίνδου (Εικ. 4). Είναι αξιοσημείωτο ότι η προς τα SE συνέχεια του άξονα του αντικλίνου της τεκτονικής επαφής συμπίπτει με τον άξονα της ταφροειδούς λεκάνης των Ανωμειοκαινικών-Πλειοκαινικών ιζημάτων. Ετσι, η "νεοτεκτονική" ταπείνωση συμπίπτει με το κορυφαίο της υστεροαλπικής αυτής αντικλινικής πτυχής.

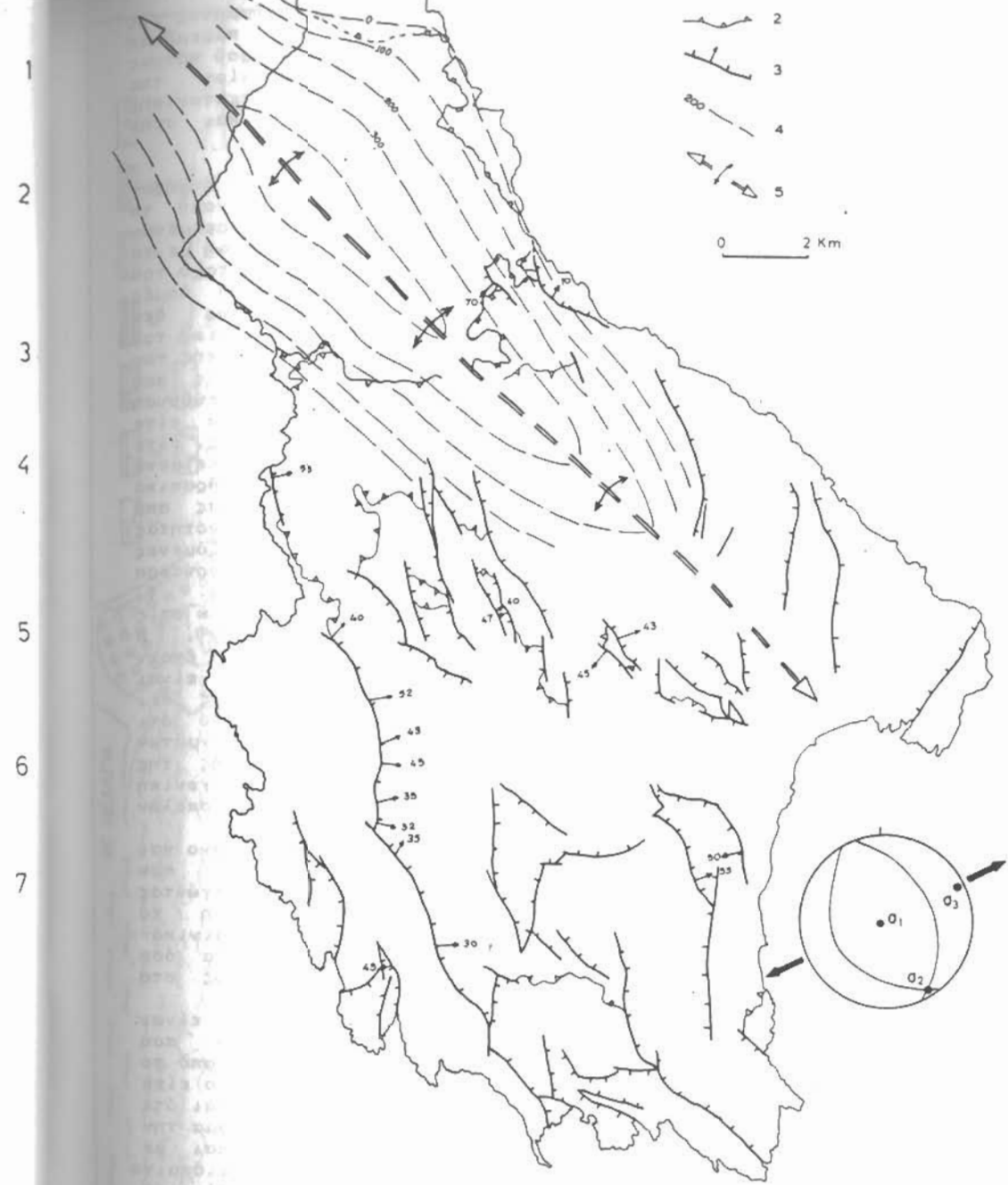
Ενα άλλο χαρακτηριστικό της "αλπικής" τεκτονικής των



Εικ. 2. Γεωλογικός χάρτης των Κυθήρων στον οποίο σημειώνονται οι θέσεις των τομών 1-7. 1:Ενότητα Μάνης, 2:Ενότητα Αρνας, 3:Ενότητα Τρίπολης, 4: Ενότητα Πίνδου, 5: Κροκαλοπαγή Αν. Μειοκαινού, 6: Θαλάσσια ιζήματα Ανωμειοκαινού, 7: Επώθηση, 8: Ρήγμα.  
Fig. 2. Geological map of Kythira island and the location of the seven cross-sections (1-7). 1:Mani Unit, 2:Arna Unit, 3:Tripoli Unit, 4:Pindos Unit, 5:Upper Miocene conglomerates, 6:Pliocene marine deposits, 7:Overthrust, 8:Fault.



Εικ. 3. Παράλληλες γεωλογικές τομές εγκάρσιες ως προς την τεκτονική δομή. Υπόμνημα όμοιο με αυτό του χάρτη της Εικ. 2, όπου σημειώνεται και η θέση των τομών.  
 Fig. 3. The seven (7) parallel, transverse to the tectonic structure, geological sections of Fig. 2.



Εικ. 4. Τεκτονικός χάρτης Κυθήρων. 1: Τεκτονική επαφή 'Αρνας - Τρίπολης, 2: Τεκτονική επαφή Τρίπολης-Πίνδου, 3: Ρήγμα και γραμμή τεκτονικής ολίσθησης με τιμή βύθισης, 4: Καμπύλη παρατάξεως τεκτονικής επαφής 'Αρνας - υπερχείμενων καλυμμάτων, 5: 'Αξονας αντικλινικής δομής.  
 Fig. 4. Structural map of Kythira island. 1: Tectonic contact between Arna & Tripoli Units, 2: Tectonic contact between Tripoli & Pindos Units, 3: Faults and Slickensides with their plunge values, 4: Structural surface of the tectonic surface between Arna Unit and the overlying nappes, 5: Axis of the anticlinal type mega-structure.

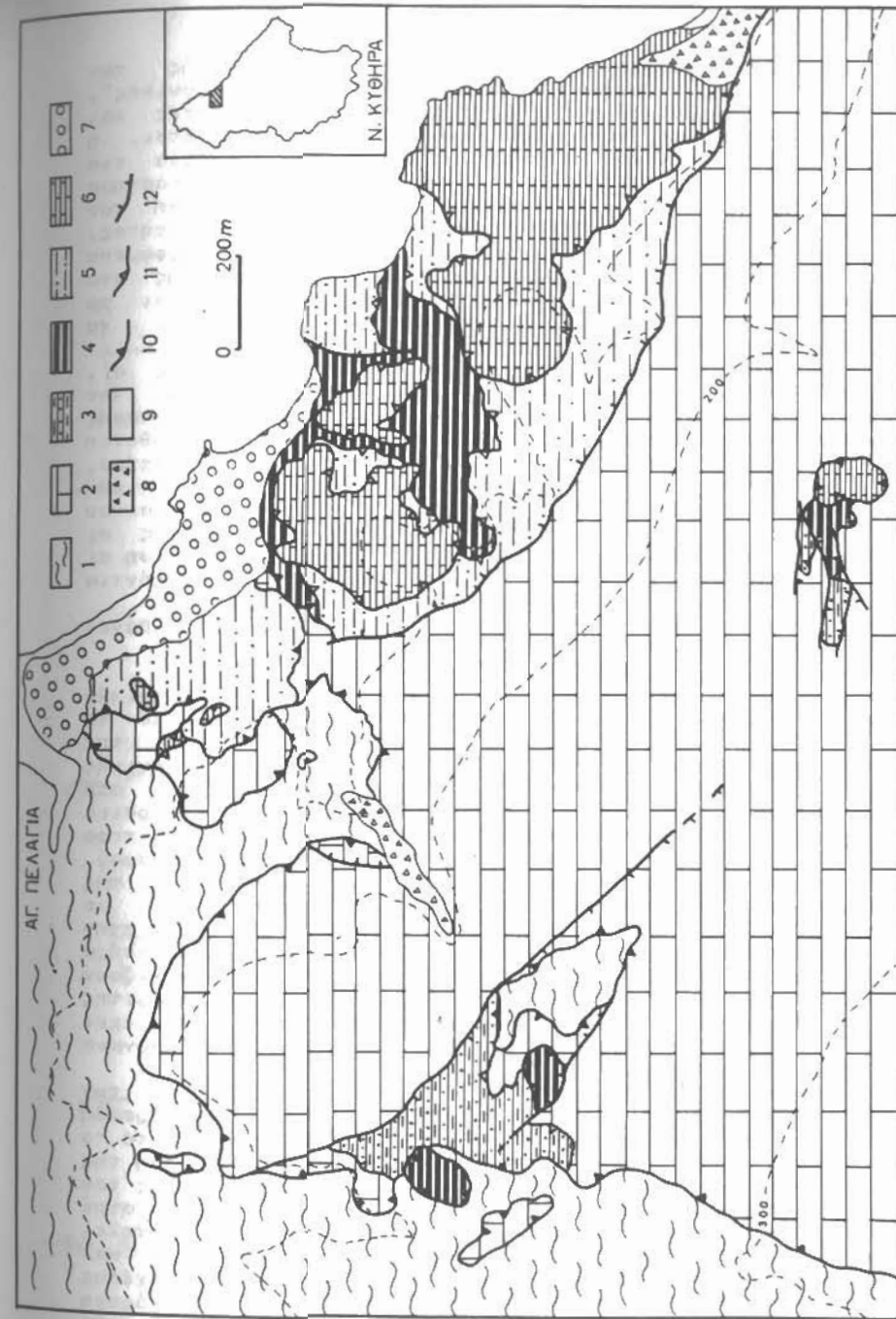


...των είναι η απ' ευθείας τεκτονική επαφή του καλύμματος της Πίνδου πάνω στα μεταμορφωμένα της Αρνας χωρίς την παρεμβολή της Ενότητας της Τρίπολης (ή με ύπαρξη μόνο μικρού πάχους τεκτονικών σφηνών) κυρίως στην περιοχή του κορυφαίου της αντικλινικής πτυχής. Το φαινόμενο της απ' ευθείας τεκτονικής επαφής της Πίνδου πάνω στα μεταμορφωμένα είναι γνωστό και στην Κεντρική Πελοπόννησο (LEKKAS, 1978).

Ένα βασικό χαρακτηριστικό της "νεοτεκτονικής" των Κυθήρων είναι το ότι τα ρήγματα που παρατηρούνται να τέμνουν τα πετρώματα και τις τεκτονικές επαφές των μη μεταμορφωμένων ενότητων Τρίπολης και Πίνδου σταματούν στην τεκτονική επαφή με τα υποκείμενα μεταμορφωμένα της Αρνας. Στην περιοχή μεταξύ του Ποταμού και της Αγίας Πελαγίας φαίνονται χαρακτηριστικά δομές τάφρων και κεράτων από κανονικά ρήγματα που όμως δεν συνεχίζουν στα υποκείμενα μεταμορφωμένα. Συγκεκριμένα νοτίως του χωριού της Αγίας Πελαγίας και στο κεντρικό τμήμα της περιοχής του χάρτη (Εικ. 5) το εμφανιζόμενο βασικό τεκτονικό κέρας που αποτελείται από ασβεστολίθους της Τρίπολης και έχει διεύθυνση NW-SE, δημιουργείται από ρήγματα ίδιας διεύθυνσης, τα οποία είτε περιορίζονται εντός των ανθρακικών ιζημάτων της Τρίπολης, είτε σταματούν πάνω στην τεκτονική επαφή με τα υποκείμενα μεταμορφωμένα πετρώματα. Τα ρήγματα αυτά οριοθετούν τα ανθρακικά ιζήματα της Τρίπολης που αντιστοιχούν στο τεκτονικό κέρας από ιζήματα της ενότητας Πίνδου προς τα NE ή φλύσχη της ενότητας Τρίπολης προς τα SW που αντιστοιχούν στις σχηματιζόμενες εκατέρωθεν τεκτονικές τάφρους. Τούτο φαίνεται και στον ευρύτερο χώρο των Κυθήρων από τον τεκτονικό χάρτη της νήσου. (Εικ. 4) όπου σημειώνονται και οι γραμμές τεκτονικής ολίσθησης πάνω στις ρηξιγενείς επιφάνειες, οι οποίες βυθίζονται με τιμές  $40^{\circ}$ - $70^{\circ}$ . Η προκύπτουσα γενική εικόνα είναι ότι τα ρήγματα έχουν επικρατούσα διεύθυνση NW-SE και ολίσθηση κατά κλίση, είναι δηλαδή ορθοκανονικά με διεύθυνση της ελάχιστης τάσης σ3, (διεύθυνση "εφελκυσμού") ENE-WSW. (Εικ. 4). Είναι σημαντικό ότι η διεύθυνση αυτή της ολίσθησης των κανονικών ρημάτων "βαρύτητας" είναι κάθετη στον άξονα της NW-SE πτυχής της τεκτονικής επαφής των μεταμορφωμένων και δίνουν την γενική εντύπωση της χαλάρωσης και της ολίσθησης κατά μήκος των σκελών της αντικλινικής μακροδομής.

Η όλη νεοτεκτονική δομή χαρακτηρίζεται από ένα έντονο και πολύπλοκο ρηματογόνο τεκτονισμό κανονικού χαρακτήρα που χαλαρώνει τα μη μεταμορφωμένα πετρώματα δημιουργώντας ταφροειδή βυθίσματα όπου διατηρείται από την διάβρωση το κάλυμμα της Πίνδου και συσσωρεύονται τα Ανωμειοκαινικά-Πλειοκαινικά ιζήματα τόσο στην κύρια λεκάνη Ποταμού-Αβλέμονα όσο και στις μικρότερες περιφερειακές λεκάνες κυρίως στο νοτιοδυτικό τμήμα των Κυθήρων.

Είναι χαρακτηριστικό ότι τα Ανωμειοκαινικά στρώματα είναι ποταμοχερσαίας φάσης με άφθονα ψαμμιτοκροκαλοπαγή που αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από κροκάλες προερχόμενες από το κάλυμμα της Πίνδου. Τούτο σημαίνει ότι ήδη στο Τορτόνιο είχε αποκαλυφθεί το κορυφαίο του αντίκλινου των μεταμορφωμένων και ότι είχε απομακρυνθεί η ενότητα της Τρίπολης με αποτέλεσμα την αποκλειστική τροφοδοσία με κλάστες Πινδικής προέλευσης και με φορά απόθεσης από NW προς SE. Κατά το Πλειόκαινο αποτίθενται λεπτομερέστεροι κλαστικοί σχηματισμοί θαλάσσιας φάσης, που υποδηλούν μια σχετική βύθιση της λεκάνης η οποία κατά το Τεταρτογενές ανυψώθηκε πάνω από 300m.



Εικ. 5. Γεωλογικός χάρτης περιοχής Αγ. Πελαγίας. 1: Ενότητα Αρνας, 2: Ασβεστολιθοί Τρίπολης, 3: Φλύσχη Τρίπολης, 4: Ερυθροί πυλίτες - ασβεστολιθίτες Πίνδου, 5: "Πρώτος φλύσχη" Πίνδου, 6: Πλακάδες Ανω Κρητιδικού ασβεστολιθοί Πίνδου, 7: Παράκτιες αποθέσεις, 8: Κορυμνά, 9: Αλλοβία, 10: Επίπευση, 11: Ρήγμα, 12: Θύλακας.

Fig. 5. Geological map of Ag. Pelagia region. 1: Arna Unit, 2: limestones of Tripoli Unit, 3: Flysch formation of Tripoli Unit, 4: reddish pelites - radiolarites of Pindos Unit, 5: "first flysch" of Pindos Unit, 6: Platey Upper Cretaceous limestones of Pindos Unit, 7: Coastal deposits, 8: Scree, 9: Alluvial deposits, 10: Overthrust, 11: Thrust, 12: Fault.

## 2.2. Τεκτονική εξέλιξη

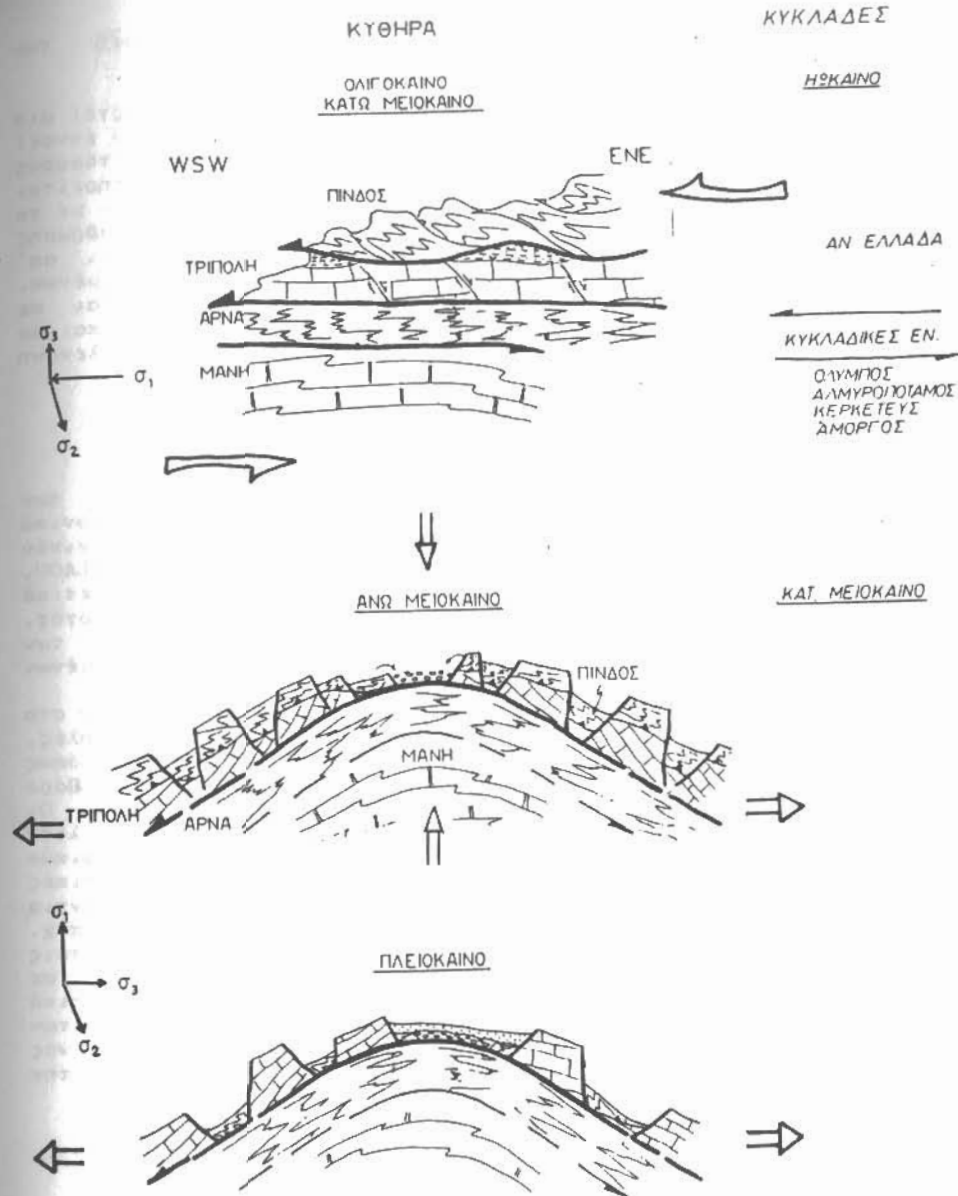
Από την προηγηθείσα περιγραφή της τεκτονικής δομής των Κυθήρων, τόσο της "αλπικής" όσο και της "νεοτεκτονικής", προκύπτει μία διαφοροποίηση της έκφρασής των κατά ενότητες και απαιτείται μία εξήγηση των γεωδυναμικών διαδικασιών. Έτσι, η μεν αλπική τεκτονική των καλυμμάτων εμφανίζεται ενιαία για όλες τις ενότητες με διαμόρφωσή της στο χρονικό διάστημα Ανώτερο Ηώκαινο - Κατώτερο Μειόκαινο, η δε νεοτεκτονική του ρηγματογόνου τεκτονισμού με εφελκυστικό χαρακτήρα βαρύτητας, εμφανίζεται εκλεκτικά μόνο στα υπερκείμενα μη μεταμορφωμένα καλύμματα της Τρίπολης και της Πίνδου με διαμόρφωσή της στο χρονικό διάστημα Ανώτερο Μειόκαινο - Ολόκαινο, αν και το καθοριστικό στάδιο της νεοτεκτονικής δομής φαίνεται να διαμορφώθηκε κυρίως στο Ανώτερο Μειόκαινο.

Είναι αξιοσημείωτο ότι η διεύθυνση της κύριας σύμπίεσης  $\sigma_1$ , για το στάδιο της αλπικής δομής μέχρι τη δημιουργία του υστεροτεκτονικού αντίκλινου της τεκτονικής επαφής μεταμορφωμένα/αμεταμόρφωτα, είναι ίδια, με την διεύθυνση της ελάχιστης τάσης  $\sigma_3$ , που είναι εφελκυστικού χαρακτήρα, για το νεοτεκτονικό στάδιο της δημιουργίας των κανονικών ρηγμάτων βαρύτητας. Έτσι κατά τη διάρκεια του Μειοκαίνου φαίνεται ότι η μεν διεύθυνση της ενδιάμεσης κύριας τάσης  $\sigma_2$  έμεινε σταθερή σε διεύθυνση NW-SE, η δε μέγιστη κύρια τάση  $\sigma_1$  εναλλάχθηκε με την ελάχιστη κύρια τάση  $\sigma_3$  σε οριζόντια διεύθυνση ENE-WSW και σε κατακόρυφη θέση.

Η εξέλιξη της νεοτεκτονικής δομής των Κυθήρων περιλαμβάνει δύο κύριες φάσεις (Εικ. 6):

- Στην πρώτη φάση γίνεται η τοποθέτηση των τεκτονικών καλυμμάτων με υποεπώθηση της ενότητας της Μάνης κάτω από τα μεταμορφωμένα της Αρνας και επώθηση της Τρίπολης και της Πίνδου πάνω στην Αρνα. Κατά το κύριο στάδιο της τεκτονικής αυτής κίνησης, όπου επικρατεί η έντονη διάτμηση στο ενδιάμεσο κάλυμμα της Αρνας αναπτύσσονται ENE-WSW εγκάρσιες δομές α κινηματικού τύπου (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1981) και ιδιαίτερα ισοκλινείς μικροπτυχές και γράμμωση λόγω εφελκυσμού. Αντίθετα στα υπερκείμενα καλύμματα της Τρίπολης και της Πίνδου δημιουργούνται κλασικές NNW-SSE επιμήκειες δομές με επικράτηση λεπών και πλαστικής παραμόρφωσης στην Πίνδο ενώ στην Τρίπολη παρατηρούνται και διαρρήξεις κανονικού χαρακτήρα που όμως περιορίζονται στην ενότητα αυτή χωρίς να συνεχίζουν ούτε στα υποκείμενα της Αρνας ούτε στα υπερκείμενα της Πίνδου με χαρακτηριστική στρέψη προς WSW, όπως τούτο έχει περιγραφεί χαρακτηριστικά στον ανατολικό Πάρωνα (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1984, σελ. 1036).

- Στη δεύτερη φάση οι επιφάνειες επώθησης των τεκτονικών καλυμμάτων καθίστανται ανενεργές και η παραμόρφωση αυτού του είδους μετατίθεται πιο εξωτερικά στο τόξο. Κατά το τελευταίο στάδιο της πρώτης φάσης δημιουργείται η αναθόλωση της όλης δομής των καλυμμάτων. Με την σχετική άνοδο της περιοχής του κορυφαίου αναπτύσσονται διατμητικές τάσεις κυρίως πάνω στην τεκτονική επαφή μεταμορφωμένα/αμεταμόρφωτα η οποία αποτελεί έντονη μηχανική ασυνέχεια, που διευκολύνει τις ολισθήσεις και με τη βοήθεια της συγκέντρωσης νερού λόγω και της σχέσης περατό/αδιαπεράτο. Στην δεύτερη φάση επικρατεί κατακόρυφη μέγιστη κύρια τάση  $\sigma_1$  και ελάχιστη κύρια τάση  $\sigma_3$  οριζόντια, σε διεύθυνση ENE-WSW, ενώ η ενδιάμεση  $\sigma_2$  παραμένει σταθερή. Το αποτέλεσμα είναι η ολίσθηση τόσο προς ENE όσο, και κυρίως,



Εικ. 6. Σχηματική απεικόνιση της γεωλογικής εξέλιξης των Κυθήρων στο πέρασμα από την "αλπική" στην νεοτεκτονική περίοδο (Ολιγόκαινο - Κατ. Μειόκαινο, Άνω Μειόκαινο - Τεταρτογενές). Η αντιστοιχισή των ενότητων των Κυκλάδων (πλάγια γράμματα) με αυτές των Κυθήρων αντιπροσωπεύει παρόμοια εξέλιξη για το αντίστοιχο διάστημα (Ηώκαινο, Κάτω Μειόκαινο).

Fig. 6. Schematic representation of the geological evolution of Kythira island during the passage from the "alpine" to the "neotectonic" period (Oligocene-Lower Miocene up to Upper Miocene-Quaternary). The correspondence of the Cyclades Units (italic characters), during the periode from Eocene up to Lower Miocene time.

των μεταμορφωμένων. των μεταμορφωμένων πάνω στην οροφή των

Η χαλάρωση και η απομάκρυνση των ρηξιτεμαχών δημιουργεί μια γενική διαδοχή τάφρων και κεράτων με μέσο άξονα NW-SE που ευνοεί την ταπείνωση της ανώτερης ενότητας της Πίνδου στις τάφρους ανάμεσα στα διαδοχικά κέρατα, όπου και κυρίως διατηρείται από τη διάβρωση. Το μέγιστο της απομάκρυνσης συμπίπτει με το κορυφαίο όπου συγκεντρώνονται τα κλαστικά υλικά της διάβρωσης που αρχικά είναι της Πίνδου, και τα οποία αποτίθενται απ' ευθείας πάνω στο κορυφαίο των απογυμνωμένων μεταμορφωμένων. Κατά το Πλειόκαινο φαίνεται ότι τα φαινόμενα εξελίσσονται σε πολύ ηπιότερη μορφή με ανάπτυξη και άλλων λεκανών και με διεύρυνση και συσώρευση κλαστικού υλικού στην κύρια λεκάνη Ποταμού-Αβλέμονα.

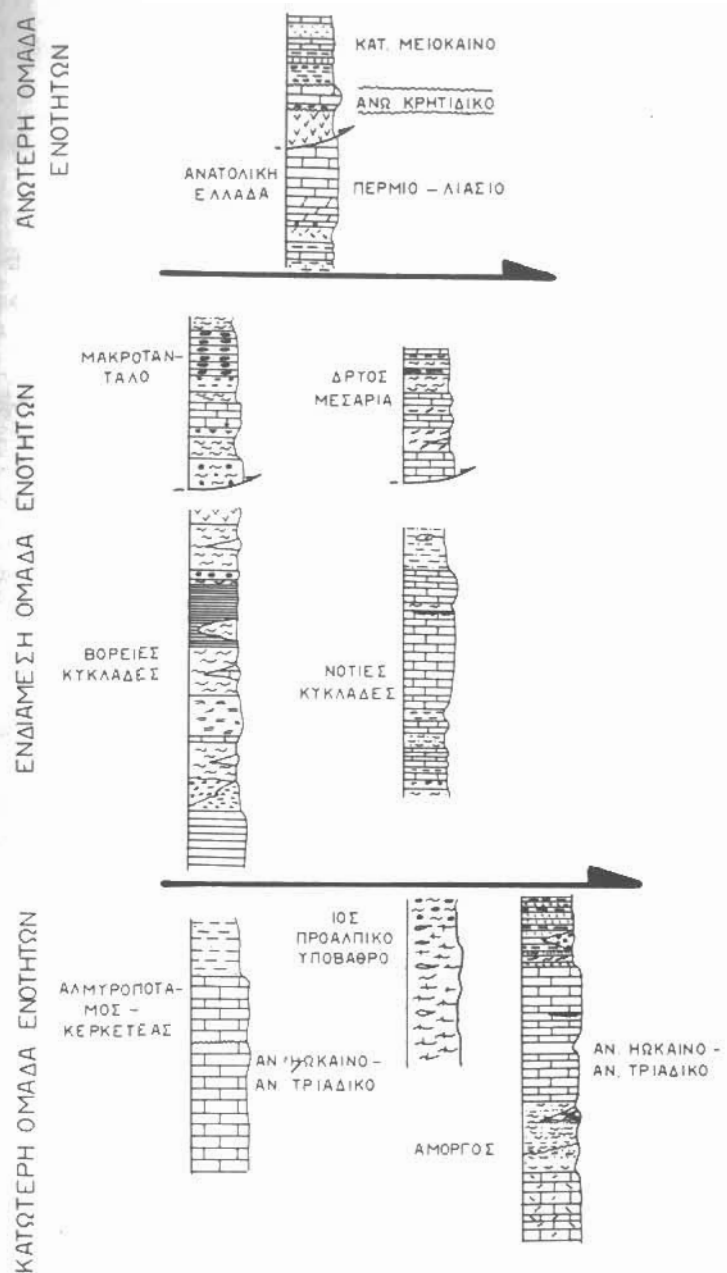
### 3. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΩΝ ΚΥΚΛΑΔΩΝ

Τα τελευταία δεδομένα για την τεκτονική εξέλιξη των Κυκλάδων εντοπίζουν τις κύριες φάσεις μέσα στο χρονικό διάστημα Ηώκαινο-Μειόκαινο. Η διαδοχή των τεκτονικών καλυμμάτων επιτρέπει την διάκριση τριών ομάδων (PAPANIKOLAOU, 1987, 1988) (Εικ. 7). Την κατώτερη ομάδα των σχετικά αυτόχθονων ενότητων (Αλμυροπόταμος, Κερκετέας, Αμοργός, αντίστοιχων του Ολύμπου), την ενδιάμεση ομάδα των κυανοσχιστολίθων και την ανώτερη ομάδα των μη μεταμορφωμένων τύπου Ανατολικής Ελλάδας.

Είναι ενδιαφέρον ότι οι εμφανίσεις των μη μεταμορφωμένων στο κεντρικό Αιγαίο βρίσκονται συνήθως σε παράκτιες, χαμηλές, περιφερειακές ζώνες και σε μικρά τεκτονικά βυθίσματα, όπως περιφερειακά συμβαίνει στην βορειοανατολική Πάρο (PAPANIKOLAOU, 1980) και την Δυτική Νάξο (JANSEN, 1977). Οι επαφές των μη μεταμορφωμένων πάνω στα μεταμορφωμένα άλλοτε είναι τεκτονικές και άλλοτε αποτελούν τη βάση ιστορικών ρηγμάτων (RIDLEY, 1984) ενώ άλλοτε εμφανίζονται σαν διαδοχικές επιπτεύσεις που όμως σταματούν σε μία σχεδόν οριζόντια επιφάνεια επαφής με τα υποκείμενα μεταμορφωμένα, όπως π.χ. στην Θύμαινα των Φούρων (PAPANIKOLAOU, 1980). Οι εμφανίσεις των μη μεταμορφωμένων των Κυκλάδων γενικά βρίσκονται σε επιφανειακή θέση τεκτονικών ρακών, συχνά με χαρακτηριστικά ολίσησης σε υποεπιφανειακές συνθήκες και η συμμετοχή των Κατωμειοκαινικών ιζημάτων μολασσικού τύπου εντοπίζει απ' ενός τον χώρο της παλαιοοπισθοτάφρου και απ' ετέρου την Μειοκαινική περίοδο.

### 4. ΑΝΤΙΣΤΟΙΧΙΣΗ ΤΗΣ ΘΕΣΗΣ ΤΩΝ ΚΥΘΗΡΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΚΥΚΛΑΔΩΝ

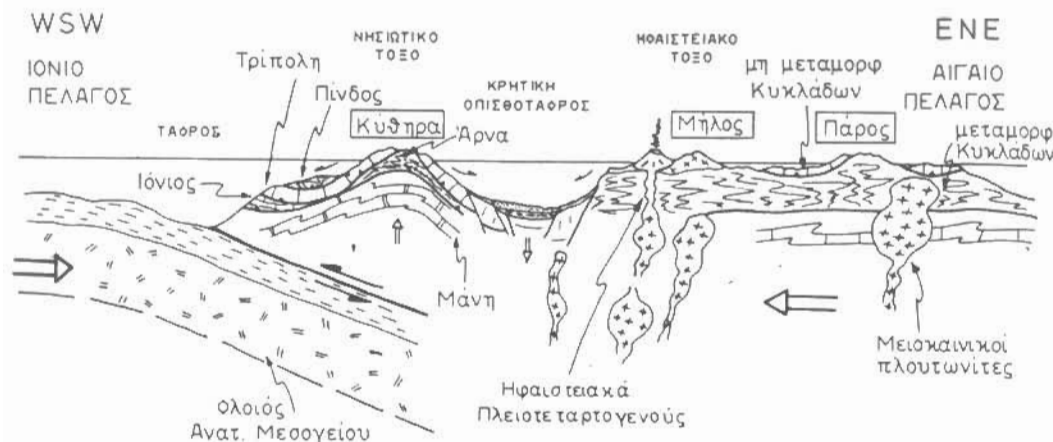
Τα γεωδυναμικά χαρακτηριστικά των δύο περιοχών μπορούν να συνοψισθούν σε μία τομή ENE-WSW της σημερινής γεωμετρίας του Ελληνικού τόξου, διερχόμενη από τα Κύθηρα και τις Κυκλάδες (Μήλο, Πάρο) (Εικ. 8). Η αλπική δομή των καλυμμάτων έχει την ίδια διάταξη με αντιστοίχιση: (i) Μάνη στα Κύθηρα με Αλμυροπόταμο, Κερκετέα, Αμοργό στις Κυκλάδες, (ii) Άρνα στα Κύθηρα με ενότητες κυανοσχιστολίθων Κυκλάδων (Βόρειες Κυκλάδες, Νότιες Κυκλάδες, Μακροτάνταλο, Δυός, Μεσαριά κλπ.) και (iii) Τρίπολη και Πίνδος στα Κύθηρα με μη μεταμορφωμένο Κυκλαδικό κάλυμμα τύπου Ανατολικής Ελλάδας στις Κυκλάδες.



Εικ. 7. Σχηματικές στρωματογραφικές στήλες των κυρίων τεκτονικών ενότητων των Κυκλάδων (από PAPANIKOLAOU, 1987) ομαδοποιημένες σε τρεις ομάδες ενότητων.

Fig. 7. Stratigraphic columns of the main tectonic units of the Cyclades (PAPANIKOLAOU, 1987), distinguished in three groups.

διαπίστωση της ανάπτυξης ενός μη διαμπερούς ρηξιγενούς ιστού εκλεκτικά στα ανώτερα μη μεταμορφωμένα τεκτονικά καλύμματα και την ύπαρξη λιστρικών επιφανειών και στις δύο περιοχές. Στις μεν Κυκλάδες η αναθώωση και επακόλουθη διάβρωση έχει σχεδόν εξαφανίσει τα μη μεταμορφωμένα, των οποίων αρκετές εμφανίσεις πιθανόν βρίσκονται κάτω από τη στάμμη της θάλασσας στο Αιγαίο,



Εικ. 8. Σχηματική τομή εγκάρσια προς το Ελληνικό τόξο, διαμέσου των Κυθήρων -Μήλου-Πάρου. Τα Κύθηρα αποτελούν τμήμα του νησιωτικού τόξου, ενώ η Μήλος και η Πάρος ανήκουν στο ηφαιστειακό τόξο και την οπισθοκάρρα, αντίστοιχα.

Fig. 8. Schematic profile across the Hellenic arc through Kythira, Milos and Paros islands. Kythira represents a part of the "island arc" whereas Milos and Paros belong to the "volcanic arc" and the "back-arc area" respectively.

ενώ στα Κύθηρα έχουν αποκαλυφθεί μικρές μόνο περιοχές του μεταμορφωμένου.

Γενικά μπορεί να λεχθεί ότι υπάρχει μια υστέρηση της γεωδυναμικής εξέλιξης στα Κύθηρα ως προς τις Κυκλάδες, κατά περίπου 10 Μα, με κυριότερα ενδιάμεσα στοιχεία την ύπαρξη της Κρητικής οπισθοτάφρου και του ηφαιστειακού τόξου.

#### BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - REFERENCES

- ANGELIER, J. - THEODOROPOULOS, D. - TSOFLIAS P. 1976. Sur la neotectonique du seuil de Cythere, dans l' arc egeen externe (Grece). *C.R.Ac. Sc. Paris*, 283, 1272-1275.
- ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Γ. 1965. Παρατηρήσεις τινες επί της γεωλογίας των Κυθήρων και μικροπαλαιοντολογική ανάλυση των νεογενών σχηματισμών της νήσου. *Δελτ.Ελλ.Γεωλ. Εταιρ.*, 6/2, 385-399.
- ΔΑΝΑΜΟΣ, Γ. - ΖΑΜΠΕΤΑΚΗ-ΛΕΚΚΑ, Α. 1989. Περί μιας εμφανίσεως του Κλαστικού Τριαδικού της Πίνδου στα Κύθηρα. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.*, 23/2, 49-58.
- FREYBERG, B.V. 1967. Die Neogen-discordanz in Central Kythira. *Πρακτ. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.*, 1967, 1-10.

- AB., 42, 361-381, Αθήναι.
- JANSEN, J.B.H. 1977. The geology of Naxos. *Geol. Geoph. Res. I.G.M.R.* XIX, 1, 1-100.
- ΛΕΚΚΑΣ, Σ. 1978. Συμβολή εις την γεωλογική δομήν της περιοχής νοτιοανατολικώς της Τριπόλεως (Κεντρική Πελοπόννησος). Διατριβή επί διδασκαλία. Αθήναι.
- LEKKAS, S. 1988. Les unites structurales dans l' ile de Cythere. *Bull. Geol. Soc. Greece*, 20/1, 159-173.
- LEONHARD, R. 1899. Die Insel Kythera. Eine geographische Monographie. *Peterm. mitt.*, 123, Gotha.
- ΜΑΝΩΛΕΣΣΟΣ, Ν. 1955. Συμβολή εις την γεωλογίαν των Κυθήρων. *Ann. Geol. Pays Hell.*, 6, 51-80.
- ΜΕΥΛΕΝΚΑΜΠ, J. - THEODOROPOULOS, P. - ΤΣΑΠΡΑΛΙΣ, V. 1977. Remarks on the Neogene of Kythira, Greece, *VI Coll. Geol. Aeg. Region.* 1, 355-362.
- PAPANIKOLAOU, D. 1980. Contribution to the Geology of Aegean Sea. The island of Paros. *Ann. Geol. Pays Hellen.*, 30/1, 65-96.
- PAPANIKOLAOU, D. 1980. Les ecailles de Thymaena; temoins d' un mouvement tectonique miocene vers l' interieur de l' arc egeen. *C.R.Ac. Sc. Paris*, 290, 307-310.
- PAPANIKOLAOU, D. 1981. Remarks on the kinematic interpretation of folds from some cases of the western Swiss Alps and of the Hellenides. *Ann. Geol. Pays Hell.* 30/2, 741-762.
- PAPANIKOLAOU, D. 1984. The three metamorphic belts of the Hellenides: a review and a kinematic interpretation, *Spec. Publ. Geol. Soc. London*, 17, 551-561.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. 1984. Εισαγωγή στην Τεκτονική ανάλυση των ορημάτων της Ελλάδος. Συνέδριο "Σεισμοί και κατασκευές" ΤΕΕ, Φεβρουάριος 1984, Πρακτικά, 2, 1030-1044.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. 1986. Γεωλογία της Ελλάδας. 240 σελ., Αθήνα.
- PAPANIKOLAOU, D. 1987. Tectonic evolution of the Cycladic Blueschist Belt (Aegean Sea, Greece). *Chemical Transport in Metasomatic Processes*, Reidel Publ. Co, 429-450.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ. 1988. Η ενδιάμεση Τεκτονομεταμορφική ζώνη των Ελληνίδων. *Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.* 20/1, 101-120.
- PAPANIKOLAOU, D. & DERMITZAKIS, M. 1981. The Aegean arc during Burdigalian and Messinian: a comparison. *Riv. Ital. Paleont.* 87, 83-92.
- PAPANIKOLAOU, D. - SABOT, V. - ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, T. 1981. Morphotectonics and Seismicity in the Cyclades, Aegean Sea. *Z., Geomorph. N. F.*, Suppl.-Bd. 40, 165-174.
- PAPANIKOLAOU, D. - SKARPELIS, N. 1987. The Blueschists in the external metamorphic belt of the Hellenides: composition, structures and geotectonic significance of the Arna Unit. *Ann. Geol. Pays Hell.* 33/1, 47-68.
- RIDLEY, J. 1984. Listric normal faulting and the reconstruction of the synmetamorphic structural pile of the Cyclades. *Geol. Soc. London, Spec. Public.* 17, 755-761.
- ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΣ, Δ. 1973. Φυσική Γεωγραφία της νήσου των Κυθήρων. Διατριβή επί Υψηλότητας. Αθήναι.