

Η ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΟΥ ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΣΕ ΔΙΕΘΝΕΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ: ΙΔΙΑΙΤΕΡΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΑΧΩΡΑ ΛΟΥΤΡΑΚΙΟΥ

Ζανανίρι Ειρ.¹, Τσόμπος Π.¹, Φωτιάδης Α.¹, και Χιώτης Ε.¹

¹ Δ/ση Γενικής Γεωλογίας και Γεωλογικών Χαρτογραφήσεων, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Ολυμπιακό Χωριό (Γ^α Είσοδος), 136 77 Αχαρνάι, izanan@igme.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο Κορινθιακός κόλπος αποτελεί ένα γεωλογικό εργαστήριο που παραμορφώνεται από εφελκυστικές κινήσεις διεύθυνσης Β-N, και εδώ και είκοσι και πλέον χρόνια κινεί το ενδιαφέρον της διεθνούς επιστημονικής κοινότητας. Στην εργασία αυτή γίνεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση της ερευνητικής δραστηριότητας στην περιοχή και ομαδοποιούνται οι ερευνητικές ομάδες ανάλογα με τη μεθοδολογία που εφαρμόστηκε. Επίσης, παρουσιάζονται νέα δεδομένα σχετικά με τις αποθέσεις Τυρρηνίων ιζημάτων στη χερσόνησο της Περαχώρας και γίνεται συσχέτιση αυτών με αρχαιολογικά στοιχεία. Ο πλούτος των απολιθωμάτων των Τυρρηνίων ιζημάτων - μεταξύ των οποίων αφθονούν *Spondylus Gaederopus* και *Glycimeris* - αναδεικνύει την περιοχή σε εξέχον φυσικό παλαιοντολογικό μουσείο.

THE GULF OF CORINTH AS AN INTERNATIONAL GEOLOGICAL LABORATORY: THE CASE OF PERACHORA PENINSULA

Zananiri I.¹, Tsombos P.¹, Photiades A.¹, and Chiotis E.¹

¹ Division of General Geology and Geological Mapping, Institute of Geology and Mineral Exploration, Olympic Village (3rd Entrance), 136 77 Acharne, izanan@igme.gr

ABSTRACT

The WNW-ESE Gulf of Corinth is an active extensional basin, undergoing N-S extension and, therefore, draws the attention of the international scientific community. In this study we present a literature review of the geological studies carried out in the Gulf of Corinth, based on a variety of scientific methods. Moreover, new data from the Tyrrhenian deposits of the Perachora peninsula are presented and they are correlated with archaeological evidence. The abundance of fossils (e.g. *Spondylus Gaederopus* and *Glycimeris*) in the Tyrrhenian deposits is remarkable and thus the area may easily be characterised as a natural palaeontological museum.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Αιγαίο και η Ανατολική Μεσόγειος παρουσιάζουν την πιο έντονη ενεργή παραμόρφωση κατά μήκος όλης της ζώνης σύγκρουσης Αφρικής – Ευρασίας. Αυτή η παραμόρφωση είναι αποτέλεσμα δύο βασικών γεωδυναμικών αιτιών: της προς Βορρά κίνησης της Αφρικής που έχει ως αποτέλεσμα την κατάδυση της Αφρικανικής λιθόσφαιρας κάτω από το χώρο του Αιγαίου, κατά μήκος του ελληνικού τόξου (Parazachos & Comninakis 1970, Le Pichon & Angelier 1979) και της προς δυσμάς κίνησης της Τουρκίας κατά μήκος του ρήγματος της Ανατολίας (McKenzie 1972). Από μελέτες της ενεργού τεκτονικής, καθώς και των μηχανισμών γένεσης σεισμών, προκύπτει ότι οι κινήσεις αυτές υλοποιούνται στην ηπειρωτική Ελλάδα μέσω κανονικών ρηγμάτων, διεύθυνσης Α-Δ (McKenzie 1978, Leeder et al. 1991, Taymaz et al. 1991, Armiijo et al. 1996). Η τεκτονική δραστηριότητα εντοπίζεται σε διακριτές, επιμήκεις ζώνες, που οριοθετούν συμπαγή τεμάχη (Goldsworthy et al. 2002 και σχετική βιβλιογραφία). Αυτό συμβαίνει και στην περίπτωση του Κορινθιακού κόλπου, μιας επιμήκους λεκάνης, με διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ. Ο κόλπος, μήκος 120 χλμ. και πλάτους 30 χλμ., εκτείνεται από τον πορθμό του Ρίου στα δυτικά, μέχρι τον κόλπο των Αλκυονίδων στα ανατολικά και χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα υψηλούς ρυθμούς εφελκυσμού, διεύθυνσης ΒΒΑ-ΝΝΔ (π.χ. Mariolakos & Stiros 1987). Ο Κορινθιακός κόλπος αποτελεί ένα ταχέως εξελισσόμενο γεωλογικό εργαστήριο και από νωρίς κίνησε το ενδιαφέρον της διεθνούς επιστημονικής κοινότητας. Έτσι, έχει εκπονηθεί πληθώρα μελετών από διάφορες επιστημονικές ομάδες, καλύπτοντας ένα ευρύ φάσμα γεωλογικών θεμάτων. Στην εργασία αυτή γίνεται μια βιβλιογραφική ανασκόπηση της ερευνητικής δραστηριότητας στην περιοχή και ομαδοποιούνται οι ερευνητικές ομάδες ανάλογα με τη μεθοδολογία που εφαρμόστηκε. Επίσης, παρουσιάζονται νέα δεδομένα σχετικά με τις αποθέσεις Τυρρηγίων ιζημάτων στη χερσόνησο της Περαχώρας και γίνεται συσχέτιση αυτών με αρχαιολογικά στοιχεία.

2 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Γενικά

Ιδιαίτερα μετά τους σεισμούς των Αλκυονίδων το 1981, αναπτύσσεται ερευνητική επιστημονική δραστηριότητα με συνεργασία επιστημόνων από όλο τον κόσμο. Κάθε χρόνο δημοσιεύονται μερικές δεκάδες πρωτότυπων επιστημονικών ανακοινώσεων σε θέματα γεωεπιστημών και λίγους μήνες πριν κυκλοφόρησε ένα εγχειρίδιο αφιερωμένο αποκλειστικά στον Κορινθιακό κόλπο. Πολλά ξένα Πανεπιστήμια εκπαιδεύουν κάθε χρόνο τους φοιτητές τους εδώ ή τους αναθέτουν την εκπόνηση πτυχιακών ή διδακτορικών διατριβών. Οι επιστήμονες του Ι.Γ.Μ.Ε. συμμετέχουν στις έρευνες αυτές, εκδίδουν σχετικές άδειες στους ξένους ερευνητές, παρακολουθούν τα ερευνητικά αποτελέσματα και τα ενσωματώνουν στους γεωλογικούς χάρτες που εκδίδονται, με αναθεωρήσεις και επανεκδόσεις.

Ο Κορινθιακός κόλπος είναι ασύμμετρη ρηξιγενής τάφρος στη συνέχεια του δεξιόστροφου ρήγματος της Βορείου Ανατολίας. Η νότια ακτή του κόλπου διαμορφώνεται από κλιμακωτά ρήγματα με κλίση προς βορρά, ενώ η βόρεια ακτή αντιστοιχεί σε ζώνη κάμψης του φλοιού. Τα ρήγματα της νότιας ακτής ανυψώνουν τεμάχη που καλύπτονται από διακριτές θαλάσσιες αναβαθμίδες που αποτέθηκαν στη διάρκεια σύντομων επικλύσεων τα τελευταία 500.000 χρόνια.

Τα θαλάσσια αυτά ιζήματα αντιστοιχούν στις κορυφές της καμπύλης των θαλάσσιων ιστοτοπικών σταδίων οξυγόνου (MIS), στη διάρκεια των οποίων η στάθμη της θάλασσας ήταν παραπλήσια της σημερινής. Παλαιότερα εθεωρείτο ότι οι θαλάσσιες αναβαθμίδες απετέθησαν ασυμφώνως επάνω σε μαργαικά ιζήματα Πλειοκαίνου ή Πλειστοκαίνου. Νεότερα βιοστρωματογραφικά και γεωλογικά δεδομένα δείχνουν ότι τα θαλάσσια ιζήματα των αναβαθμιδών και τα υποκείμενα λιμναία ή υφάλμυρα μαργαικά ιζήματα είναι σύγχρονα και αποτέλεσα τεκτονικών ανυψωτικών κινήσεων και περιοδικών ευστατικών επικλύσεων. Ο συσχετισμός των θαλάσσιων αναβαθμιδών με ιστοτοπικά στάδια οξυγόνου επιβεβαιώνεται με τη βοήθεια ιστοτοπικών χρονολογήσεων και υπολογίζεται επιπλέον ο ρυθμός τεκτονικής ανύψωσης που εκτιμάται σε 1,5 mm το χρόνο στην περιοχή του Ξυλοκάστρου ο οποίος μειώνεται προς Ανατολάς.

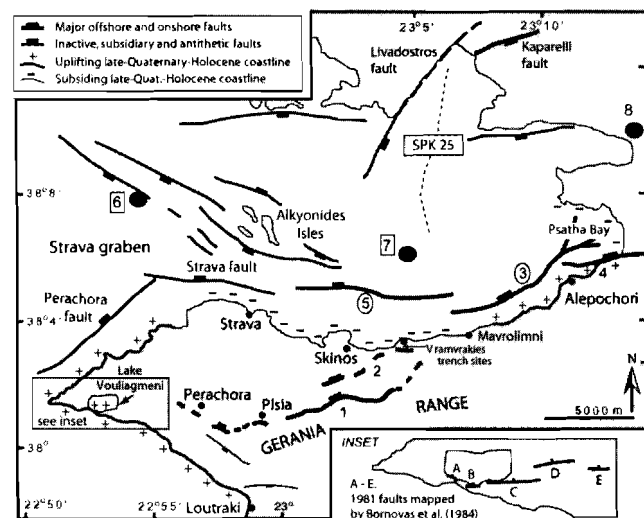
Παρακάτω περιγράφονται συνοπτικά τα αποτελέσματα από 74 επιστημονικές δημοσιεύσεις, με ποικίλη θεματολογία σχετικά με τον Κορινθιακό κόλπο. Η μεθοδολογία των μελετών είναι διεπιστημονική και συνδυάζει τεκτονική, σεισμολογία – παλαιοσεισμολογία, υποθαλάσσια γεωλογία – γεωφυσική, ιζηματολογία, θαλάσσια γεωλογία, ιστοτοπική χρονολόγησης, παλαιογεωγραφική και

γεωδαισία. Για να τονιστεί η διεπιστημονική προσέγγιση που αναπτύχθηκε, ομαδοποιούνται οι ερευνητικές ομάδες και οι δημοσιεύσεις τους, ανάλογα με τη μεθοδολογία που εφαρμόστηκε.

2.2 Τεκτονική

Η ενεργός παραμόρφωση και η παρουσία κανονικών ρηγμάτων στο ανατολικό τμήμα του Κορινθιακού κόλπου (Σχ. 1), μελετήθηκαν συστηματικά μετά τους σεισμούς του 1981 (Jackson et al. 1982). Τα ρήγματα αυτά διατάσσονται κατά κανόνα en echelon με δεξιόστροφη πλευρική μετατόπιση, με μέγιστο μήκος κάθε τμήματος περί τα 15-25 km (Roberts & Jackson 1991, Roberts & Koukouvelas 1996). Οι Jackson et al. (1982) εντόπισαν δύο κύρια, παράλληλα ρήγματα, Πισίων και Σχίνου, που ενεργοποιήθηκαν κατά τους σεισμούς, βασιζόμενοι σε διαρρήξεις της επιφάνειας στη νότια όχθη του κόλπου των Αλκυονίδων. Οι Μπορνόβας κ.α. (1984) χαρτογράφησαν πέντε ακόμη επιφανειακές διαρρήξεις, λίγο δυτικότερα, που σχετίζονται με τους σεισμούς του 1981. Αργότερα, αναγνωρίστηκαν και μελετήθηκαν εκτενέστερα μερικές ακόμη ρηξιγενείς δομές: το ρήγμα της Ψάθας, διεύθυνσης ΔΝΔ-ΑΒΑ (Morewood et al. 2001, Leeder et al. 2002), το ρήγμα Ανατολικών Αλκυονίδων, μια ενεργή δομή μήκους 10 km (Leeder et al. 2002), το ρήγμα των Δυτικών Αλκυονίδων, διεύθυνσης Α-Δ (Leeder et al. 2002), το ρήγμα Στράβας, που εντοπίζεται στα βόρεια της χερσονήσου της Περαχώρας (Papatheodorou & Ferentinos 1993, Stefatos et al. 2002), το ρήγμα Περαχώρας, διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ (Papatheodorou & Ferentinos 1993, Stefatos et al. 2002) και τα ρήγματα Λουτρακίου, που διατέμνουν στην επιφάνεια Μεσοζωικούς ασβεστολίθους (Armijo et al. 1996). Από τα κανονικά ρήγματα που αναφέραμε, μόνο για εκείνα της Ψάθας, των Ανατολικών Αλκυονίδων, του Σχίνου και της Πισσίας υπάρχουν άμεσες ενδείξεις ότι παραμένουν ενεργά κατά το Ολόκαινο (Leeder et al. 2005 και σχετική βιβλιογραφία). Σύμφωνα με τους Goldsworthy & Jackson (2001) η τεκτονική δραστηριότητα δεν κατανέμεται ομοιόμορφα, σε όλη τη διάρκεια της εφελκυστικής διεργασίας, μέσα στο ρηξιγενές σύστημα που περιγράψαμε. Μεταναστεύει από το ένα ρήγμα στο άλλο.

Γενικά, στον Κορινθιακό κόλπο δεσπόζουν μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες, που προκαλούν διάρρηξη σχεδόν σε ολόκληρο το ανώτερο τμήμα (7-12 km) του σεισμογόνου χώρου (Doutsos & Poulimenos 1992, Koukouvelas & Doutsos 1996, Rigo et al. 1996, Tsodoulos et al. 2008). Η σχέση μεταξύ του μήκους ρήγματος σε συνάρτηση με τη μετάθεση (Zygouri et al. 2008) υποδηλώνουν παραμόρφωση σε επίπεδο κορεσμού.



Σχήμα 1. Κατανομή των κυριότερων ρηγμάτων στη χερσόνησο της Περαχώρας και σε γειτονικές περιοχές (από Leeder et al. 2005). Οι αριθμοί αντιστοιχούν στα παρακάτω ρήγματα:

1. ρήγμα Πισίων, 2. ρήγμα Σχίνου, 3. ρήγμα Ανατολικών Αλκυονίδων, 4. ρήγμα Ψάθας, 5. ρήγμα Δυτικών Αλκυονίδων.

2.3 Σεισμολογία

Η ευρύτερη περιοχή του Κορινθιακού κόλπου χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα υψηλή σεισμικότητα: έχουν καταγραφεί 5 σεισμικές δονήσεις μεγέθους, ML, μεγαλύτερου του 5,8 κατά τη διάρκεια των τελευταίων 35 χρόνων, συχνή είναι η εμφάνιση σημνοσειμών, ενώ υπάρχουν μαρτυρίες ιστορικών Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

καταστροφικών σεισμών (Jackson et al. 1982, Makropoulos et al. 1989, Abercrombie et al. 1995, Hatzfeld et al. 2000, Papazachos et al. 2000, Bernard et al. 2006). Σύμφωνα με τους Papazachos & Papaioannou (1997) στο ανατολικό τμήμα του Κορινθιακού η μέση περίοδος επανάληψης επιφανειακών σεισμών με $M=6,3$ είναι 16 έτη, ενώ για την περίπτωση σεισμών ενδιάμεσου βάρους με $M=7,0$ είναι 44 έτη (Papazachos & Papaioannou 1993). Εδώ αξίζει να αναφέρουμε την παρουσία, κυρίως στο κεντρικό τμήμα του Κορινθιακού κόλπου, αλλά και σε μικρότερο βαθμό (ένταση II έως III) στα βόρεια της χερσονήσου της Περαχώρας, πηγών θαλασσιών κυμάτων, των γνωστών tsunamis (Papazachos & Papazachou 1997, Papadopoulos 2000).

Η διεύρυνση του Κορινθιακού, η απομάκρυνση δηλαδή της Πελοποννήσου από την Στερεά Ελλάδα γίνεται με ιδιαίτερα υψηλούς ρυθμούς (1,5 cm/yr, Billiris et al. 1991, Rigo et al. 1996) και η συνεπακόλουθη σεισμικότητα είναι το αντικείμενο ευρωπαϊκού ερευνητικού προγράμματος που ευρίσκεται στη φάση ολοκλήρωσης (DGLAB-CORINTH, EVR1-CT-2000-40005). Το πρόγραμμα συμπεριέλαβε μεταξύ άλλων και την καταγραφή της σεισμικής δραστηριότητας σε γεωτρήσεις με όργανα που σχεδιάστηκαν ειδικά για το σκοπό αυτό. Επίσης, έγινε στην περιοχή του Αιγίου ερευνητική γεώτρηση βάθους 1100 m (Cornet et al. 2004, Daniel et al. 2004, Rettenmaier et al. 2004). Δεν είναι τυχαίο ότι ο σχεδιασμός του προγράμματος με επίκεντρο το Αίγιο έγινε μετά τις αρχαιολογικές έρευνες για την αρχαία Ελίκη που επιβεβαίωσαν την καταστροφή της αρχαίας πόλης από σειμούς. Αξίζει να σημειωθεί επίσης ότι στα πλαίσια των αρχαιολογικών ανασκαφών έγιναν και επιτυχείς παλαιοσεισμολογικές έρευνες στο ρήγμα της Ελικής (Stewart & Vita-Finzi 1996, Koukouvelas et al. 2001, Pavlides et al. 2004). Παλαιοσεισμολογικές μελέτες πραγματοποιήθηκαν και σε άλλες θέσεις του κόλπου (π.χ. Ambraseys et al. 1997, Collier et al. 1998, Pantosti et al. 2001, Palyvos et al. 2007), με σκοπό να αποσαφηνιστεί η διαδικασία ανύψωσης της περιοχής και να εξαχθούν στοιχεία για την εκτίμηση του σεισμικού κινδύνου.

Από το 1995, στην περιοχή του Κορινθιακού, έχει εγκατασταθεί και λειτουργεί, υπό την αιγίδα του Πανεπιστημίου Αθηνών, το μόνιμο ψηφιακό τηλεμετρικό δίκτυο σειсмоγράφων (CORNET). Από αυτό έχουν καταγραφεί περισσότερες από 6.000 σεισμικές δονήσεις, 3.000 από τις οποίες έχουν χρησιμοποιηθεί για την αναγνώριση των ενεργών περιοχών κατά τη διάρκεια της περιόδου αυτής.

2.4 Υποθαλάσσια Γεωλογία – Γεωφυσική

Για να επιτευχθεί μια ολοκληρωμένη εικόνα των περίπλοκων δομών που συναντώνται στον Κορινθιακό κόλπο, έχει πραγματοποιηθεί σειρά ερευνών στην θαλάσσια περιοχή. Με την εφαρμογή σεισμικών γεωφυσικών μεθόδων κατά μήκος πολλαπλών γεωφυσικών διασκοπίσεων ανάκλασης γραμμών διεύθυνσης τόσο Βορρά-Νότου, όσο και παράλληλα με τις ακτές του κόλπου, κατέστη δυνατή η αναγνώριση και χαρτογράφηση της υποθαλάσσιας τεκτονικής δομής του Κορινθιακού (Perissoratis et al. 1986, Perissoratis et al. 2000, Moretti et al. 2003, Clément et al. 2004, McNeil et al. 2005, Stefatos 2005, Charalambakis et al. 2007, Lykousis et al. 2007, Rohais et al. 2007, Sakellariou et al. 2007). Οι Zygouri et al. (2008) παρουσιάζουν μια ανασκόπηση των γεωμετρικών ιδιοτήτων 136 ενεργών ρηγμάτων, 76 από τα οποία εντοπίζονται κάτω από το επίπεδο της θάλασσας.

2.5 Ιζηματολογία – Παλαιοντολογία – Ισοτοπικές χρονολογήσεις

Ένα ακόμη γεγονός το οποίο διάφορες επιστημονικές ομάδες καλούνται να αποσαφηνίσουν είναι η ανύψωση της νότιας ακτής του Κορινθιακού. Εδώ δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στην τεκτονική της χερσονήσου της Περαχώρας (π.χ. Collier & Dart, 1991), περιοχή που είχε μελετηθεί μέχρι πρόσφατα λιγότερο από τις δυτικότερες περιοχές του Κορινθιακού. Οι Leeder et al. (2005), βασισμένοι σε δημοσιευμένα και νέα δεδομένα γεωχρονολόγησης με τη μέθοδο σειράς Ουρανίου (U-series), υποστηρίζουν την ενιαία ανύψωση της χερσονήσου κατά το Ανώτερο Τεταρτογενές (μετά το 7ο Θαλάσσιο Ισοτοπικό Στάδιο – MIS 7), με ρυθμούς ανύψωσης της τάξης του 0,2-0,3 mm/yr. Στην εργασία τους χαρτογραφούν τέσσερις ανυψωμένες Πλειστοκαινικές ακτές, οι τοποθετούνται χρονικά στα MIS 5a/c, MIS 5e, MIS 7a/c, MIS 7e. Όπου κατέστη δυνατό, οι αναβαθμίδες αυτές χρονολογήθηκαν με τη μέθοδο U/Th σε κοραλλιογενή αραγωνίτη (Vita-Finzi 1993, Dia et al. 1997, Leeder et al. 2005). Η παρουσία θαλάσσιων αναβαθμίδων και της αντίστοιχης πανίδας στο κάτω τέμαχος των σεισμικών ρηγμάτων της Περαχώρας αποτελεί απόδειξη της ανύψωσης αυτής. Μεταξύ των απολιθωμάτων αναφέρονται τα κοράλλια *Cladocora* και τα δίσθηρα *Lithorhaga*, η χρονολόγηση των οποίων υποδηλώνει ρυθμούς ανύψωσης 0,3-0,6 mm/yr κατά τη διάρκεια των τελευταίων 300.000 ετών (π.χ. Collier et al. 1992, Pirazzoli et al. 1994,

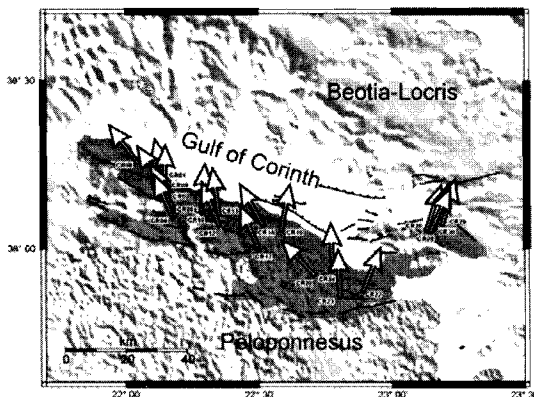
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

Kerauden et al. 1995, Dia et al. 1997). Πρόσφατη μελέτη των Andrews et al. (2007) επικεντρώνεται στις ανθρακικές αποθέσεις της Περαχώρας του MIS 5e και υποδεικνύει δύο ταχείες διακυμάνσεις του επιπέδου της θάλασσας, κατά τη διάρκεια του πρώιμου MIS 5e. Ο Kershaw και οι συνεργάτες του (Kershaw & Guo 2002, Kershaw et al. 2005, Kershaw & Guo 2006) έχουν ασχοληθεί εκτενώς με τις Πλειστοκαινικές αποθέσεις της χερσονήσου. Μελετώντας τη δομή και τις απολιθωματοφόρες φάσεις που συναντώνται στις ασβεστοποιημένες αποθέσεις κυανοβακτηρίων (*Rivularia haematites*, *Lithorhynchium rustulatum*) υποστηρίζουν ότι οι αποθέσεις αυτές αναπτύχθηκαν σε γλυκό ή υφάλμυρο νερό. Κατά συνέπεια αποκλείουν το γεγονός η αναβαθμίδα αυτή να είναι Τυρρήνια. Στη συνέχεια, η σχετική άνοδος του επιπέδου της θάλασσας επέτρεψε την κάλυψη της περιοχής με θαλάσσιο νερό και την ανάπτυξη θαλάσσιας χλωρίδας και πανίδας. Την άποψη αυτή αντικρούουν οι Andrews et al. (2007α,β) που αναφέρουν ότι τα μέχρι σήμερα δεδομένα δεν αποκλείουν το σχηματισμό των, στρωματογραφικά κατώτερων, βιοεργμάτων του MIS 5e σε ρηχό θαλάσσιο περιβάλλον που συνδυάζεται με υποθαλάσσια ροή γλυκού νερού (Portman et al. 2005), προερχόμενου από ρήγματα.

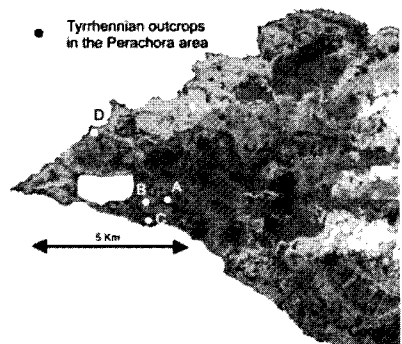
Οι Collier and Jones (2004) θεωρούν τον Κορινθιακό ως ιδανική περιοχή για τη χωρική και χρονική εξέλιξη μιας ρηξιγενούς τάφρου, αλλά και της συνεπακόλουθης ιζηματογένεσης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως μοντέλο στην έρευνα υδρογονανθράκων σε ιζηματογενείς λεκάνες με εφελκυστική τεκτονική. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περιγραφή τους για τους συντεκτονικούς δελταϊκούς κώνους του Κορινθιακού.

2.6 Παλαιομαγνητισμός

Με στόχο να διερευνηθεί η περίπλοκη κινηματική ιστορία του Κορινθιακού κόλπου πραγματοποιήθηκε σειρά παλαιομαγνητικών αναλύσεων και μετρήσεων της ανισοτροπίας της μαγνητικής επιδεκτικότητας σε δείγματα από τις Πλειο-Πλειστοκαινικές ιζηματογενείς λεκάνες της Κορίνθου και των Μεγάρων (Mattei et al. 2004). Με βάση τα παλαιομαγνητικά αποτελέσματα προκύπτει ότι από το Πλειόκαινο έως σήμερα η λεκάνη των Μεγάρων έχει υποστεί δεξιόστροφη περιστροφή γύρω από κατακόρυφο άξονα, ενώ για εκείνη της Κορίνθου η περιστροφή είναι αριστερόστροφη (Σχ. 2). Η συσχέτιση των παλαιομαγνητικών με δημοσιευμένα δεδομένα του Παγκοσμίου Συστήματος Εντοπισμού (G.P.S.) υποδηλώνει ότι τα όρια των συμπαγών τεκτονικών τεμαχών στην κεντρική Ελλάδα έχουν μετατοπιστεί με την πάροδο του χρόνου. Έτσι, προτείνεται ότι η λεκάνη των Μεγάρων ανήκε αρχικά στο τέμαχος της Βοιωτίας-Λοκρίδας, ενώ στην συνέχεια ενσωματώθηκε σε εκείνο της Πελοποννήσου, πιθανώς εξαιτίας της διάδοσης της ρηγμάτωσης τόσο προς Βορρά όσο και ανατολικότερα. Η μεθοδολογία αυτή εφαρμόστηκε σε κάποιες θέσεις της ίδιας περιοχής και από τους Duermeijer et al. (2000), στα πλαίσια μελέτης του ευρύτερου χώρου του τόξου του Αιγαίου.



Σχήμα 2. Παλαιομαγνητικές διευθύνσεις που μετρήθηκαν σε 32 θέσεις στις λεκάνες Κορίνθου και Μεγάρων.



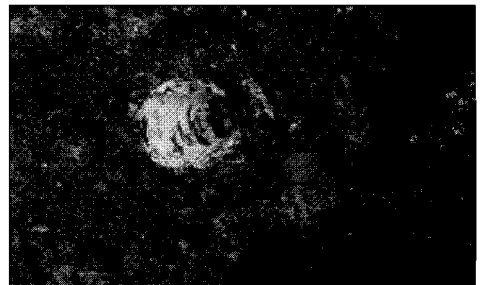
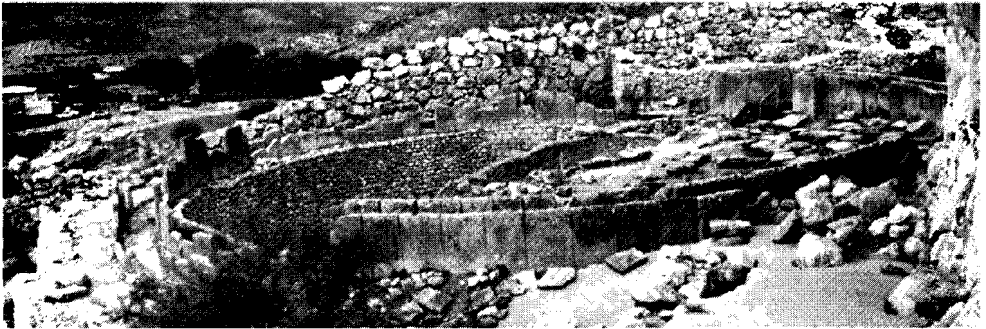
Σχήμα 3. Θέσεις Τυρρηνίων αποθέσεων στη χερσονήσο Περαχώρας.

2.7 Γεωδαισία

Από τη δεκαετία του 1890, η Ελλάδα διαθέτει ένα αξιόπιστο δίκτυο τριγωνισμού πρώτης τάξης, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για σταθμούς του Παγκοσμίου Συστήματος Εντοπισμού (Billiris et al. 1991, Davies et al. 1997). Έτσι, κατέστη δυνατή η πραγματοποίηση γεωδαιτικών μελετών, με στόχο τον καθορισμό και την ποσοτικοποίηση της παραμόρφωσης (π.χ. Briole et al. 2000, McClusky et al. 2000, Avalone et al. 2004, Stiros et al. 2007). Οι Clarke et al. (1997, 1998), με μετρήσεις GPS υπολόγισαν τον σημερινό ρυθμό εφελκυσμού, ο οποίος φαίνεται να είναι μικρότερος στο ανατολικό τμήμα του Κορινθιακού κόλπου (~6 mm/yr), ενώ στο δυτικό φτάνει τα ~13 mm/yr. Δε συμβαίνει το ίδιο, όμως, με τον μακράς διάρκειας ρυθμό σεισμικού εφελκυσμού, που κατανέμεται ομοιόμορφα σε ολόκληρο τον Κορινθιακό, γεγονός που αποδίδεται στην παρουσία, σε σημαντικό ποσοστό, ασεισμικής παραμόρφωσης φλοιού στο δυτικό τμήμα του κόλπου (Clarke et al. 1998).

3 ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ ΤΥΡΡΗΝΙΟΥ ΠΕΡΑΧΩΡΑΣ

Η πρόσφατη μελέτη μας στην Περαχώρα (Σχ. 3) είχε ως αφετηρία την αναζήτηση κοχχυλιάτη ασβεστόλιθου, κατάλληλου για την αναστήλωση των θωρακίων του Ταφικού Κύκλου Α' στην ακρόπολη των Μυκηνών (Σχ. 4), μελέτη που μας ανέθεσε το Υπουργείο Πολιτισμού (Χιώτης κ.ά. 2006, Chiotis et al. 2007). Από τη μακροσκοπική εξέταση των θωρακίων προέκυψε το συμπέρασμα ότι τα δομικά υλικά προέρχονται από νεότερα θαλάσσια ιζήματα του Τεταρτογενούς που σχηματίστηκαν σε παράκτιο περιβάλλον (Σχ. 4). Με το κριτήριο αυτό, οι έρευνες ξεκίνησαν από την ευρύτερη περιοχή των Μυκηνών και συνεχίστηκαν στις παράκτιες περιοχές Αργολίδος, στα Εξαμίλια Κορινθίας, στο Λουτράκι και στην Περαχώρα, όπου τελικά εντοπίστηκαν τα κατάλληλα πετρώματα. Στα Εξαμίλια και στην Κόρινθο, τα αντίστοιχα απολιθωματοφόρα ιζήματα είναι σαθρά και δεν προσφέρονται για την εξόρυξη συμπαγών πλακών, ενώ στο Λουτράκι υπάρχουν συγγενείς συνεκτικές εμφανίσεις, σε παράκτιες θέσεις με τουριστική ανάπτυξη αλλά και με ανεπαρκή αποθέματα.

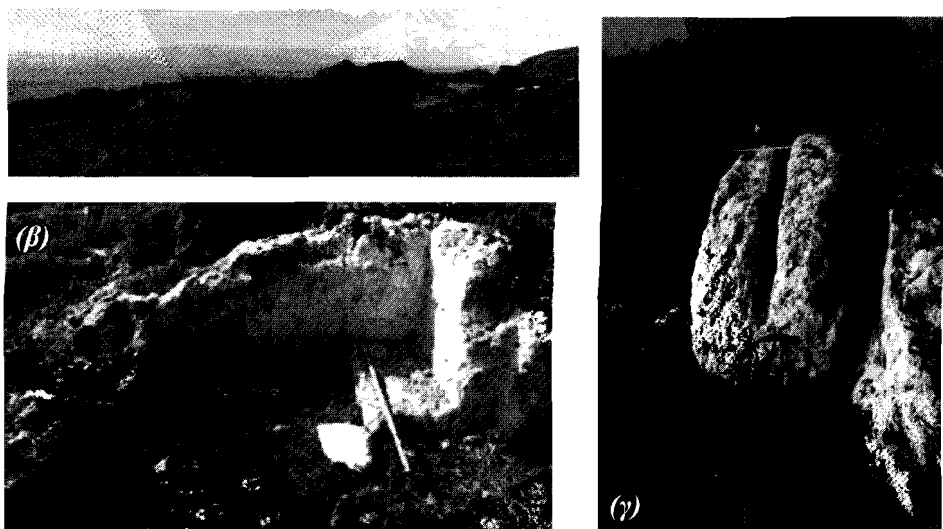


Σχήμα 4. Ταφικός Κύκλος Α' Μυκηνών: άποψη από ΝΑ (άνω) και τυπικές μορφές κοχχυλιάτη λίθου από στήλες στον Ταφικό Κύκλο Α' (κάτω).

Δυτικά της Λίμνης Περαχώρας (θέση Α) εντοπίσθηκαν, επί του προνεογενούς υποβάθρου, θαλάσσιες Πλειστοκαινικές αποθέσεις, που φέρουν όχι μόνο τα επιζητούμενα πετρώματα, αλλά και εκτεταμένο αρχαίο λατομείο από το οποίο πιθανώς εξορύχθηκαν θωράκια του μνημείου. Στο αρχαίο λατομείο, που αναπτύσσεται σε θαλάσσια αναβαθμίδα του Τυρρηγίου σε υψόμετρο 100 m περίπου (Σχ. 5α), τα αποθέματα κογχυλιάτη ασβεστολίθου έχουν πρακτικά εξαντληθεί και απομένουν άθικτα μόνο τα υποκείμενα ανθρακικά βιοέρματα, όμοια με τα περιγραφόμενα κατά μήκος της ΒΑ ακτής της Περαχώρας, από το Ηραϊόν μέχρι τη Στέρνα, που σχηματίσθηκαν από την ασβεστιπίωση κυανοβακτηρίων *Rivularia haematites*. Παρόμοιες μικρότερες εμφανίσεις βιοερμάτων χαρτογραφήθηκαν στην περιοχή των αρχαίων λατομείων μέχρις υψομέτρου 130 m.

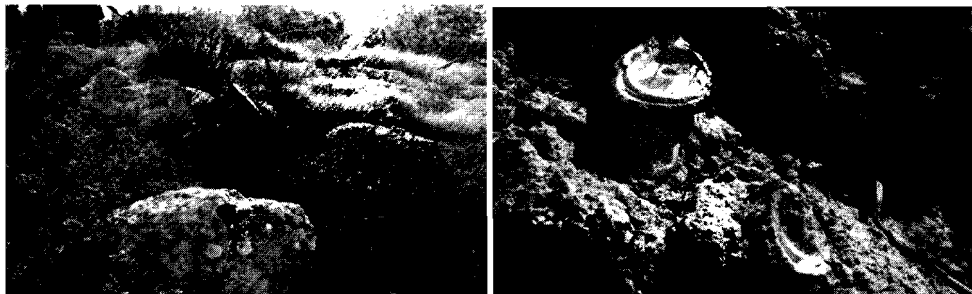
Νεότερη θαλάσσια αναβαθμίδα κογχυλιάτη ασβεστολίθου, ιδιαίτερα πλούσιου σε *Spondylus Gaederopus* (Σχ. 6), χαρτογραφήθηκε σε υψόμετρο 80 m (θέση Β), όπου επίσης έχει γίνει εξόρυξη κατά την αρχαιότητα με απλούστερη τεχνική.

Παρόμοια απολιθωματοφόρα πετρώματα με εκείνα του Ταφικού Κύκλου Α', συμπαγή και κατάλληλα για εξόρυξη, απαντούν επίσης στις εκτεταμένες θαλάσσιες αναβαθμίδες από το Ηραϊόν μέχρι τη Στέρνα, όπου έχουν αποτεθεί επί των βιοερμάτων με *Rivularia*.



Σχήμα 5. (α) Θαλάσσια αναβαθμίδα Τυρρηγίου (Θέση Α), (β) Αρχαία εξόρυξη κογχυλιάτη λίθου, (γ) Προσπάθεια εξόρυξης στον ασβεστόλιθο με *Rivularia*.

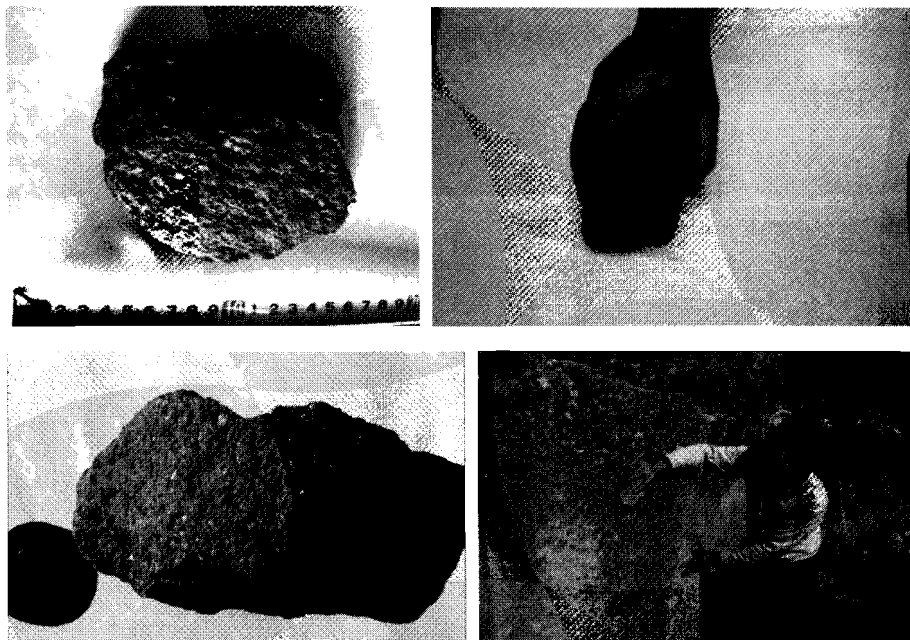
Η θέση των βιοερμάτων που αναφέρθηκαν, και μάλιστα σε θαλάσσιες αναβαθμίδες σε υψηλότερα υψόμετρα από τις δημοσιευμένες εμφανίσεις, επηρεάζει τον επιστημονικό προβληματισμό που έχει αναπτυχθεί πρόσφατα, τόσο για το περιβάλλον σχηματισμού τους, όσο και για τους ρυθμούς τεκτονικής ανύψωσης. Επιπλέον, επιτρέπουν τη χαρτογράφηση ενεργών ρηγμάτων που ερμηνεύουν την νεοτεκτονική τους ανύψωση και αλλοιώνουν την εικόνα της ομοιόμορφης ανύψωσης της χερσονήσου της Περαχώρας.



Σχήμα 6. Θαλάσσια αναβαθμίδα κογχυλιάτη ασβεστολίθου, πλούσιου σε *Spondylus Gaederopus*.

Η έντονη ρηξιγενής νεοτεκτονική κατάτμηση της περιοχής έχει δημιουργήσει τεμάχια τα οποία ανυψώθηκαν, και συνεχίζουν να ανυψώνονται στο βόρειο τμήμα της περιοχής και κατά συνέπεια των Πλειστοκαινικών (Τυρρηνίων) θαλασσίων αποθέσεων σε υψόμετρα μέχρι τα 140 m (Χιώτης κ.ά. 2006). Επιπλέον, η περιοχή αυτή του ανατολικού Κορινθιακού, χαρακτηρίζεται από τις παλαιότερες αναβαθμίδες που έχουν χρονολογηθεί και η ηλικία τους κυμαίνεται από 312-350 ka (Collier et al. 1992, Armijo et al. 1996). Η Βαρδαλά-Θεοδώρου έχει εκπονήσει εκτενή μελέτη των Πλειστοκαινικών αναβαθμίδων της χερσονήσου Περαχώρας (1998) που περιλαμβάνει απόλυτες χρονολογήσεις TL και EPR απολιθωμένων κελυφών μαλακίων.

Η τεχνική εξόρυξης κογγυλιάτη λίθου στα αρχαία λατομεία στη θέση Α είναι φανερή από τα διατηρούμενα μέτωπα εξόρυξης. Αυλάκι πλάτους 10-15 cm εξορυσσόταν με καλέμι περιμετρικά γύρω από τον προς εξόρυξη όγκο, και στη συνέχεια γινόταν αποκόλληση του όγκου με σφήνες (Σχ. 5β). Η μοναδική προσπάθεια εξόρυξης στον ασβεστόλιθο με *Rivularia* εγκαταλείφθηκε, προφανώς λόγω της υψηλής συνεκτικότητας και μηχανικής αντοχής του πετρώματος (Σχ. 5γ). Αυτό αποτελεί ένδειξη ότι τα λατομεία ήταν πρωιμότερα του ναού του Ηραίου, όπου συστηματικά έχει χρησιμοποιηθεί το πέτρωμα αυτό και μάλιστα για την κατασκευή κιόνων.



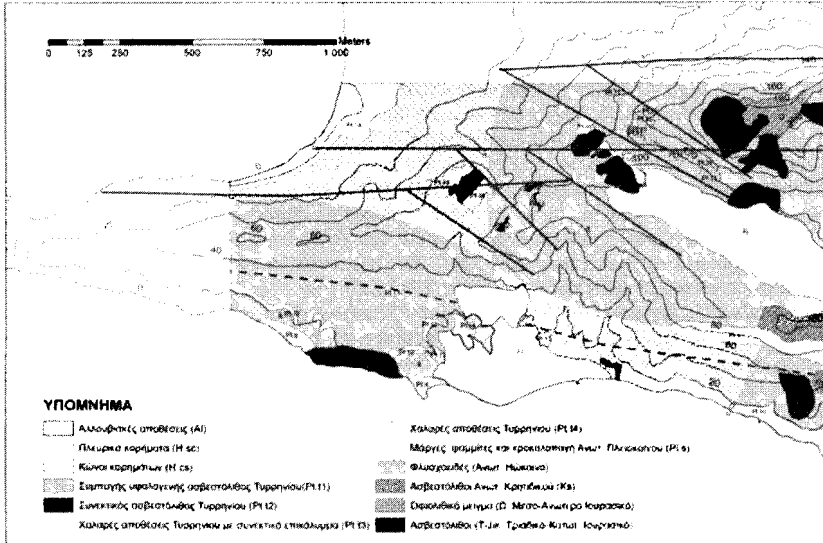
Σχήμα 7. Τριπτήρες ηφαιστειακής προέλευσης από τη θέση Β (επάνω) και τον Ταφικό Κύκλο Α' (κάτω).

Στη θέση Β, το πέτρωμα εξορυσσόταν με αποκόλληση ακανόνιστων όγκων που διαμορφώνονταν σε κανονικό σχήμα με τη βοήθεια τριπτήρων ηφαιστειακού πετρώματος. Τέτοιοι τριπτήρες βρέθηκαν στη θέση Β, αλλά επίσης και στον δακτύλιο του Ταφικού Α' στις Μυκήνες, όπου χρησιμοποιούντο για τη λείανση των θωρακίων. Το ηφαιστειακό πέτρωμα των τριπτήρων είναι δακίτης και θα μπορούσε να προέρχεται αναμφίβολα τόσο από την Πλειο-Πλειστοκαινική ηφαιστειότητα της ευρύτερης περιοχής Κρομμυωνίας/ Σουσακίου/ Μεγάρων, όσο και από την Τεταρτογενή και Πλειο-Πλειστοκαινική ηφαιστειότητα των Μεθάνων ή/ και της Αίγινας. Αποτελείται από υγιείς κρυστάλλους αστρίων που περιβάλλονται από λιγότερο ανθεκτική υαλώδη μάζα που είναι εύθραπτη. Έτσι, με την τριβή φθειρείται πρώτα η υαλώδης μάζα και αποκαλύπτει νέους άφθαρτους κρυστάλλους αστρίων, δηλαδή με τη χρήση το πέτρωμα τροχίζεται αυτόματα (Σχ. 7).

Ο πλούτος των απολιθωμάτων των Τυρρηνίων ιζημάτων (Σχ. 8) αναδεικνύει την περιοχή σε εξέχον φυσικό παλαιοντολογικό μουσείο που αξίζει να προστατευθεί και να προβληθεί στο κοινό. Μεταξύ των απολιθωμάτων αφθονούν *Spondylus* και *Glycimeris*, που αναφέρονται ειδικά γιατί ήταν εμπορεύσιμο αγαθό μεγάλης σημασίας στους Νεολιθικούς και Προϊστορικούς χρόνους για την κατασκευή κοσμημάτων.

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

Η Περαχώρα είναι επίσης ευνοημένη από ιστορικής πλευράς, όπως επιβεβαιώνεται από την ύπαρξη θαλαμωτών Μυκηναϊκών τάφων που έχουν μάλιστα ορυχθεί σε εύθυρπτα Τυρρήνια ιζήματα. Επιπλέον, το Ηράϊον Περαχώρας ήταν ένα ιερό λατρείας της θεάς Ήρας, στο οποίο η λατρευτική δραστηριότητα συνεχίστηκε από τον 9ο αιώνα π.Χ. μέχρι τους Ρωμαϊκούς χρόνους.



Σχήμα 8. Γεωλογικός χάρτης, ανατολικά της λίμνης της Βουλιαγμένης (Χερσόνισος Περαχώρας).

4 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο Κορινθιακός κόλπος αποτελεί μια ασύμμετρη τεκτονική τάφρο και χαρακτηρίζεται από ιδιαίτερα υψηλούς ρυθμούς εφελκυσμού, διεύθυνσης ΒΒΑ-ΝΝΔ. Σειρά γεωλογικών φαινομένων, όπως η ανύψωση ακτών, η έντονη σεισμική δραστηριότητα, κατολισθήσεις και ρηγματώσεις φανερώνουν την ενεργό παραμόρφωση της περιοχής και την καθιστούν ένα ταχέως εξελισσόμενο γεωλογικό εργαστήριο. Όλο το φάσμα των εργασιών που εκπονήθηκαν μαρτυρούν τη σπουδαιότητα του Κορινθιακού κόλπου για την κατανόηση της γεωλογικής εξέλιξης ενεργών τεκτονικών τάφρων και σεισμογενών ρηγμάτων. Μέσω της διεπιστημονικής προσέγγισης που ακολουθήθηκε πολλά από τα ερωτήματα έχουν αποσαφηνιστεί, άλλα παραμένουν ανοιχτά, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις παρουσιάζονται αντικρουόμενες απόψεις από διαφορετικές επιστημονικές ομάδες.

Τέλος, στη χερσόνησο της Περαχώρας επιτεύχθηκε, με καθαρά γεωλογική προσέγγιση, η επιτόπια αναγνώριση των θωρακίων του Ταφικού Κύκλου Α' στην Ακρόπολη των Μυκηνών και ο εντοπισμός στην περιοχή όμοιων λιθολογικών τύπων με τους δομικούς λίθους του μνημείου. Αξίζει να αναφερθεί ότι οι εμφανίσεις αυτές αποτελούν Πλειστοκαινικές θαλάσσιες αναβαθμίδες, σε υψόμετρα μέχρι 140 m, γεγονός που μαρτυρά την έντονη ρηξιγενή κατάσταση της περιοχής. Επίσης, προέκυψαν νέα δεδομένα αρχαιολογικού ενδιαφέροντος, όπως τα αρχαία λατομεία Περαχώρας και η τεχνική εξόρυξης και κατεργασίας που εφαρμόστηκε με τη χρήση ηφαιστειακών πετρωμάτων ως τριπτήρων.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Εκφράζουμε τις ειλικρινείς ευχαριστίες μας για την εμπιστοσύνη με την οποία περιέβαλαν το Ι.Γ.Μ.Ε. οι αρμόδιες αρχαιολογικές υπηρεσίες, αλλά και για τη βοήθεια και τις διευκολύνσεις που μας παρασχέθηκαν.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Abercrombie, R.E., Main, I.C., Douglas, A., Burton, P.W., 1995. The nucleation and rupture processes of the 1981 Gulf of Corinth earthquakes from deconvolved broadband data. *Geophys. J. Int.*, 120, 393-405.

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

- Ambraseys, N.N., Jackson, J.A., 1997. Seismicity and strain in the Gulf of Corinth (Greece) since 1694. *Journal of Earthquake Engineering*, 1, 433-474.
- Andrews, J.E., Portman, C., Rowe, P., Leeder, M., Kramers, J., 2007α. Sub-orbital sea-level change in early MIS 5e: New evidence from the Gulf of Corinth, Greece. *Earth and Planetary Science Letters*, 259, 457-468.
- Andrews, J.E., Leeder, M.R., Portman, C., Rowe, P.J., Smith, J., Kershaw, S., Guo, Li, 2007β. Discussion on Pleistocene calcified cyanobacterial mounds, Perachora peninsula, central Greece: a controversy of growth and history. *Journal of the Geological Society, London*, 164, 1065-1072.
- Armijo, R., Meyer, B., King, G., Rigo, A., Papanastassiou, D., 1996. Quaternary evolution of the Corinth Rift and its implications for the late Cenozoic evolution of the Aegean. *Geophysical Journal International* 126, 11-53.
- Avalone, A., Briole, P., Agatza-Balodimou, A.M., Billiris, H., Charade, O., Mitsakaki, Ch., Nercessian, A., Papazissi, K., Paradissis, D., Veis, G., 2004. Analysis of eleven years of deformation measured by GPS in the Corinth Rift Laboratory Area. *C.R. Geoscience*, 336, 301-311.
- Βαρδαλά-Θεοδώρου, Γ.Ε., 1998. Μελέτη των βενθικών μαλακίων, αρτίγωνων και απολιθωμένων (Τεταρογενών) της Αίλινης Περαχώρας. Πανεπιστήμιο Αθηνών, Διδ. Διατριβή, σελ. 1-480, Αθήνα.
- Bernard, P., Lyon-Caen, H., Briole, P., Deschamps, A., et al., 2006. Seismicity, deformation and seismic hazard in the western rift of Corinth: New insights from the Corinth Rift Laboratory. *Tectonophysics*, 426, 7-30.
- Billiris, H., Paradissis, D., Veis, G., England, P., Featherstone, W., Parsons, B., Cross, P., Rands, P., Rayson, M., Sellers, P., Ashkenazi, V., Davison, M., Jackson, J., Ambraseys, N., 1991. Geodetic determination of tectonic deformation in central Greece from 1900 to 1988. *Nature* 350, 124-129.
- Briole, P., Rigo, A., Lyon-Caen, H., Ruegg, J., Papazissi, K., Mistakaki, C., Balodimou, A., Veis, G., Hatzfeld, D., Deschamps, A., 2000. Active deformation of the gulf of Korinthos, Greece: results from repeated GPS surveys between 1990 and 1995. *Journal of Geophysical Research*, 105, 25605-25625.
- Charalampakis, M., Stafatos, A., Hasiotis, T., Ferentinos, G., 2007. Submarine mass movements on an active fault system in the central Gulf of Corinth. In: Lykousis, V., Sakellariou, D., Locat, J. (Eds.), *Submarine mass movements and their consequences*. Springer, pp. 67-75.
- Chiotis, E., Photiades, A., Tsombos, P., 2007. Geological survey for the localization of rocks proper for the restoration of the Grave Circle A in the acropolis of the Mycenae, Greece. *Geophys. Res. Abstr.*, 9, 01580.
- Clarke, P.J., Davies, R.R., England, P.C., Parsons, B., Billiris, H., Paradissis, D., Veis, G., Denys, P.H., Cross, P.A., Ashkenazi, V., Bingley, R., 1997. Geodetic estimate of seismic hazard in the Gulf of Korinthos. *Geophysical Research Letters*, 24, 1303-1306.
- Clarke, P.J., Davies, R.R., England, P.C., Parsons, B., Billiris, H., Paradissis, D., Veis, G., Cross, P.A., Denys, P.H., Ashkenazi, V., Bingley, R., Kahle, H.-G., Muller, M.-V., Briole, R., 1998. Crustal strain in central Greece from repeated GPS measurements in the interval 1989-1997. *Geoph. J. Int.* 135, 195-214.
- Clément, C., Sachpazi, M., Charvis, P., Graindorge, D., Laigle, M., Hirn, A., Zafiroopoulos, G., 2004. Reflection-refraction seismics in the Gulf of Corinth: hints at deep structure and control of the deep marine basin. *Tectonophysics*, 391, 97-108.
- Collier, R., Pantosti, D., D'Addezo, G., De Martini, P., Masana, E., Sakellariou, D., 1998. Paleoseismicity of the 1981 Corinth earthquake fault: seismic contribution to extensional strain in central Greece and implications for seismic hazard. *Journal of Geophysical Research*, 103, 30001-30019.
- Collier, R.E.L., Dart, C.J., 1991. Neogene to Quaternary rifting, sedimentation and uplift in the Corinth Basin, Greece. *Journal of the Geological Society, London*, 148, 1049-1065.
- Collier, R.E.L., Leeder, M.R., Rowe, P.J., Atkinson, T.C., 1992. Rates of tectonic uplift in the Corinth and Megara Basins, Central Greece. *Tectonics* 11, 1159-1167.
- Collier R., Jones, C., 2004. Rift Sequences of the Southern Margin of the Gulf of Corinth (Greece) as Exploration / Production Analogues. Search and Discovery Article, #50007.
- Cornet, F.H., Doan, M.L., Moretti, I., Borm, G., 2004. Drilling through the Aigion fault: the AIG10 well observatory. *Comptes Rendus Geoscience*, 336, 395-406.
- Davies, R., England, P., Parsons, B., Billiris, H., Paradissis, D., Veis, G., 1997. Geodetic strain of Greece in the interval 1892-1992. *Journal of Geophysical Research*, 102(B11), 24571-24588.
- Dia, A.X., Cohen, A.S., O'Nions, R.K., Jackson, J.A., 1997. Rates of uplift investigated through ²³⁰Th dating in the Gulf of Corinth (Greece). *Chemical Geology*, 138, 171-184.
- Doutsos, T., Poulimenos, G., 1992. Geometry and kinematics of active faults and their seismotectonic significance in the western Corinth-Patras rift (Greece). *J. Struct. Geol.* 14, 689-699.
- Duermeijer, C.E., Nyst, M., Meijer, P.Th., Langereis, C.G., Spakman, W., 2000. Neogene evolution of the Aegean arc: paleomagnetic and geodetic evidence for a rapid and young rotation phase. *Earth and Planetary Science Letters*, 176, 509-525.
- Goldsworthy, M. & Jackson, J., 2001. Migration of activity within normal fault systems: examples from the Quaternary of mainland Greece. *Journal of Structural Geology* 23, 489-506.
- Goldsworthy, M., Jackson, J., Haines, J., 2002. The continuity of active fault systems in Greece. *Geophys. J. Int.*, 148, 596-618.

- Hatzfeld, D., Karakostas, V., Ziazia, M., Kassaras, E., Papadimitriou, K., Makropoulos, N., Voulgaris, C., Papaioannou, C., 2000. Microseismicity and faulting geometry in the Gulf of Corinth (Greece). *Geoph. J. Int.*, 141, 438-456.
- Jackson, J.A., Gagnepain, J., Houseman, G., King, G.C.P., Papadimitriou, P., Soufleris, C., Virieux, J., 1982. Seismicity, normal faulting, and the geomorphological development of the Gulf of Corinth (Greece): the Corinth earthquakes of February and March 1981. *Earth and Planetary Science Letters*, 57, 377-397.
- Keraudren, B., Sorel, D., 1987. The terraces of Corinth (Greece) - A detailed record of eustatic sea-level variations during the last 500,000 years. *Marine Geology*, 77, 99-107.
- Keraudren, B., Falguères, C., Bahain, J.-J., Sorel, D., Yokoyama, Y., 1995. Nouvelles datations radiométriques des terrasses marines de Corinthe (Péloponnèse septentrional, Grèce). *Comptes Rendues Académie Sciences Paris*, 320 (2A), 483-489.
- Kershaw, S., Guo, L., 2002. Ecology and growth of giant calcified cyanobacterial mounds in the Pleistocene of Central Greece. *Cluj University Press*, 145-156.
- Kershaw, S., Guo, L., Braga, J.C., 2005. A Holocene coral-algal reef at Mavra Litharia, Gulf of Corinth, Greece: structure, history, and applications in relative sea-level change. *Marine Geology*, 215, 171-192.
- Kershaw, S., Guo, L., 2006. Pleistocene calcified cyanobacterial mounds, Perachora Peninsula, central Greece: a controversy of growth and history. *Geological Society of London, Special Publications*, 255, 53-69.
- Koukouvelas, I.K., Doutsos, T., 1996. Implications of structural segmentation during earthquakes. The 1995 Egean earthquake, Gulf of Corinth, Greece. *Journal of Structural Geology*, 18, 1381-1388.
- Koukouvelas, I., Stamatopoulos, L., Katsonopoulou, D., Pavlides, S., 2001. A palaeoseismological and geoarchaeological investigation of Eliki fault, Gulf of Corinth, Greece. *J. Struct. Geol.*, 23, 531-543.
- Le Pichon, X., Angelier, J., 1979. The Hellenic arc and trench system: a key to the neotectonic evolution of the eastern Mediterranean area. *Tectonophysics*, 60, 1-42.
- Leeder, M.R., Seger, M., Stark, C.P., 1991. Sedimentology and tectonic geomorphology adjacent to active and inactive normal faults in the Megara basin and Alkyonides Gulf, Central Greece. *Journal of the Geological Society London*, 148, 331-343.
- Leeder, M.R., Collier, R.E.L.I., Aziz, L.H.A., Trout, M., Ferentinos, G., Papatheodorou, G., Lyberis, E., 2002. Tectono-sedimentary processes along an active marine/lacustrine half-graben, margin: Alkyonides Gulf, E. Gulf of Corinth, Greece. *Basin Research*, 14, 25-41.
- Leeder, M.R., Portman, C., Andrews J.E., Collier, R.E.L.I., Finch, E., Gawthorpe, R.L., McNeill, L.C., Perez-Arlucea, M., Rowe, P., 2005. Normal faulting and crustal deformation, Alkyonides Gulf and Perachora peninsula, eastern Gulf of Corinth rift, Greece. *Journal of the Geological Society*, 162, 549-561.
- Lykousis, V., Sakellariou, D., Moretti, I., Kaberi, H., 2007. Late Quaternary basin evolution of the Gulf of Corinth: Sequence stratigraphy, sedimentation, fault-slip and subsidence rates. *Tectonophysics* 440, 29-51.
- Makropoulos, K., Drakopoulos, J., Latousakis, J., 1989. A revised and extended earthquake catalogue for Greece since 1900. *Geophys. J. Int.* 98, 391-394.
- Mariolakos, I., Stiros, S.C., 1987. Quaternary deformation of the Isthmus and Gulf of Corinthos (Greece). *Geology*, 15, 221-228.
- Mattei, M., D'Agostino, N., Zananiri, I., Kondopoulou, D., Pavlides, S., Spatharas, V., 2004. Tectonic evolution of fault-bounded continental blocks: Comparison of paleomagnetic and GPS data in the Corinth and Megara basins (Greece). *Journal of Geophysical research*, 109, B02106, doi:10.1029/2003JB002506.
- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., et al., 2000. Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus. *Journal of Geophysical Research* 105(B3), 5695-5719.
- McKenzie, D.P., 1972. Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 30, 109-185.
- McKenzie, D.P., 1978. Active tectonics of the Alpine-Himalayan belt: The Aegean Sea and surrounding regions. *Geophys. J. R. Astron. Soc.*, 55, 217-254.
- McNeill, L.C., Cotterill, C.J., Henstock, T.J., Bull, J.M., Stefatos, A., Collier, R.E.L., Papatheodorou, G., Ferentinos, G., Hicks, S.E., 2005. Active faulting within the offshore western Gulf of Corinth, Greece: implications for models of continental rift deformation. *Geology* 33, 241-244.
- Moretti, I., Sakellariou, D., Lykousis, V., Micarelli, A., 2003. The Gulf of Corinth: an active half graben? *Journal of Geodynamics*, 36, 323-340.
- Morewood, N.C., Roberts, G.P., 2001. Comparison of surface slip and focal mechanism data along normal faults: an example from the eastern Gulf of Corinth, Greece. *J. of the Geol. Soc., London*, 159, 263-272.
- Μπρονόβας, Ι., Γαϊτανάκης, Π., Σπυριδούπουλος, Α., Ροντογιάννη, Θ. & Σηματάκης, Κ., 1984. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας «φύλλο Περαχώρα», Κλ. 1:50.000. ΙΓΜΕ.
- Palyvos, N., Lemeille, F., Sorel, D., Pantosti, D., Pavlopoulos, K., 2007. Geomorphic and biological indicators of paleoseismicity and Holocene uplift rate at a coastal normal fault footwall (western Corinth Gulf, Greece). *Geomorphology*, 96, 16-38.

- Pantosti, D., De Martini, P., Koukouvelas, I., Stamatopoulos, L., Palyvos, N., Pucci, S., Lemeille, F., Pavlides, S., 2004. Palaeoseismological investigations of the Aigion fault (Gulf of Corinth, Greece). *C.R. Geoscience*, 336, 335-342.
- Papadopoulos, G., 2000. A new tsunami catalogue of the Corinth Rift: 373 B.C. – A.D. 2000. Historical earthquakes and tsunamis in the Corinth Rift, Central Greece. National Observatory of Athens, Institute of Geodynamics, Athens, 126.
- Papatheodorou, G., Ferentinos, G., 1993. Sedimentation processes and basin-filling depositional architecture in an active asymmetric graben: Strava graben, Gulf of Corinth, Greece. *Basin Research*, 5, 235-253.
- Papazachos, B.C., Comninakis, P.E., 1970. Geophysical features of the Greek Island Arc and Eastern Mediterranean Ridge. *Com. Ren. des Seances de la Conference Reunie a Madrid*, 16, 74-75.
- Papazachos, B.C., Papaioannou, Ch.A., 1993. A time and magnitude predictable model for strong earthquakes and its application for long term earthquake prediction in the Aegean area. *Proc. 2nd Congress of the Hellenic Geophysical Union, Florina, Greece, May 5-9, 1993*, 1, 39-60.
- Papazachos, B.C., Papaioannou, Ch.A., 1997. Seismic hazard in Greece based on new seismotectonic data. *Abstracts: IASPEI 29th General Assembly, Thessaloniki, 18-28 August 1997*, 294.
- Papazachos, B.C., Papazachou, C.B., 1997. The earthquakes of Greece. Ziti Publications Thessaloniki, 304pp.
- Papazachos, B., Karakostas, V., Papazachos, C., Scordilis, E., 2000. The geometry of the Wadati-Beniof zone and lithosphere kinematics in the Hellenic arc. *Tectonophysics*, 319, 275-300.
- Pavlides, S., Koukouvelas, I., Kokkalas, S., Stamatopoulos, L., Keramydas, D., Tsodoulos, I., 2004. Late Holocene evolution of the East Eliki fault, Gulf of Corinth (Central Greece). *Quatern. Int.*, 115-116, 139-154.
- Perissoratis, C., Mitropoulos, D., Angelopoulos, L., 1986. Marine geology research at the eastern Corinthiakos Gulf. *Geological and Geophysical Research, Special Issue*, 381-401.
- Perissoratis, C., Piper, D.J.W., Lykousis, V., 2000. Alternating marine and lacustrine sedimentation during late Quaternary in the Gulf of Corinth rift basin, central Greece. *Marine Geology* 167, 391-411.
- Pirazzoli, P.A., Stiros, S.C., Arnold, M., Laborel, M., Laborel-Derguen, F., Papageorgiou, S., 1994. Episodic uplift deduced from Holocene shorelines in the Perachora peninsula, Corinth area, Greece. *Tectonophysics*, 229, 201-209.
- Portman, C., Andrews, J.E., Rowe, P.J., Leeder, M.R., Hoogewerff, J., 2005. Submarine-spring controlled calcification and growth of large *Rivularia* bioherms, Late Pleistocene (MIS 5e). Gulf of Corinth, Greece. *Sedimentology*, 52, 441-465.
- Rigo, A., Lyon-Caen, H., Armijo, R., Deschamps, A., Hatzfeld, D., Makropoulos, K., Papadimitriou, P., Kassaras, I., 1996. A microseismic study in the western part of the Gulf of Corinth (Greece): implications for large scale normal faulting mechanisms. *Geoph. J. Int.* 126, 663-688.
- Roberts, S., Jackson, J., 1991. Active normal faulting in central Greece: an overview. *Special Publications of the Geological Society of London*, 56, 125-142.
- Roberts, G.P., Koukouvelas, I., 1996. Structural and seismological segmentation of the Gulf of Corinth fault system: implications for models of fault growth. *Annales Geofisica*, 39, 619-646.
- Rohais, S., Eschard, R., Ford, M., Guillocheau, F., Moretti, I., 2007. Stratigraphic architecture of the Plio-Pleistocene infill of the Corinth rift: implications for its structural evolution. *Tectonophysics*, 440, 5-28.
- Sakellariou, D., Lykousis, V., Alexandri, S., Kaberi, H., Rousakis, G., Nomikou, P., Georgiou, P., Ballas, D., 2007. Faulting, seismic-stratigraphic architecture and Late Quaternary evolution of the Gulf of Alkyonides Basin-East Gulf of Corinth, Central Greece. *Basin Research* 19, 273-295.
- Stefatos, A., Papatheodorou, G., Ferentinos, G., Leeder, M., Collier, R., 2002. Seismic reflection imaging of active offshore faults in the Gulf of Corinth: their seismotectonic significance. *Basin Research*, 14, 487-502.
- Stefatos, A., 2005. Study of sedimentological processes and tectonic structures in the Gulf of Corinth using geophysical methods. PhD Thesis, University of Patras, 1-221.
- Stewart, I., Vita-Finzi, C., 1996. Coastal uplift on active normal faults: the Eliki fault, Greece. *Geophysical Research Letters*, 23, 1853-1856.
- Taymaz, T., Jackson, J., McKenzie, D., 1991. Active tectonics of the north and central Aegean Sea. *Geophys. J. Int.*, 106, 433-490.
- Tsodoulos, I., Koukouvelas, I., Pavlides, S., 2008. Tectonic geomorphology of the easternmost extension of the Gulf of Corinth (Beotia, Central Greece). *Tectonophysics*, doi:10.1016/j.tecto.2007.06.015.
- Vita-Finzi, C., 1993. Evaluating Late Quaternary uplift in Greece and Cyprus. In: Pritchard, H.M., Alabaster, T., Harris, N.B.W., Neary, C.R. (Eds.), *Magmatic Processes and Plate Tectonics*. Special Publication of the Geological Society of London, 76, 417-424.
- Χιώτης, Ε., Τσόμπος, Π., Φωτιάδης, Α., 2006. Έκθεση αποτελεσμάτων γεωλογικής μελέτης για την υπόδειξη θέσεων εξόρυξης πετρώματος αναστήλωσης του Ταφικού Κύκλου Α' Μικρών. ΙΓΜΕ, Αθήνα, σελ. 31.
- Zygouri, V., Verroios, S., Kokkalas, S., Xypolias, P., Koukouvelas, I., 2008. Scaling properties within the Gulf of Corinth, Greece; comparison between offshore and onshore active faults. *Tectonophysics*, 453, 193-210.