



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Τεχνική αναφορά για τις Ιόνιες Νήσους

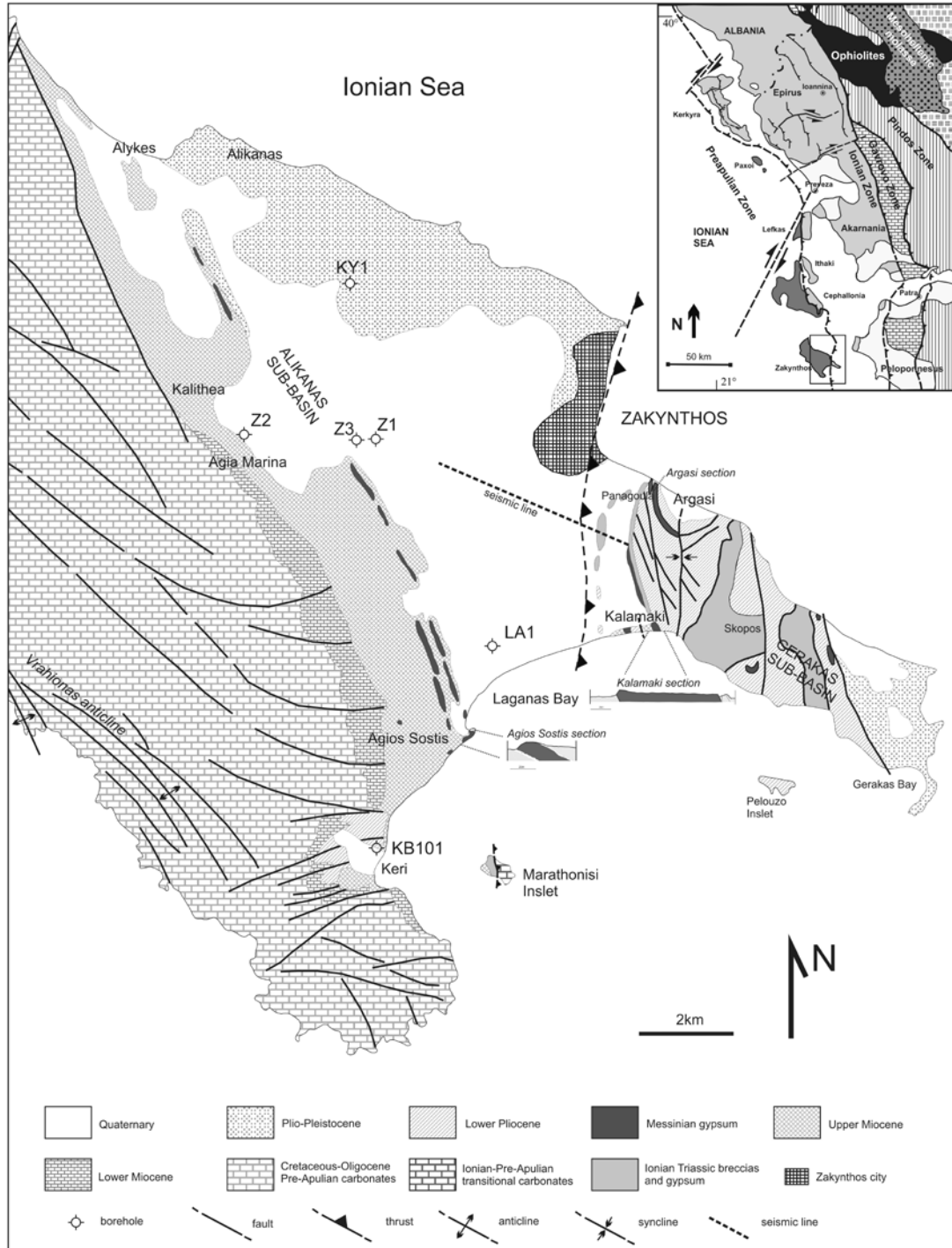
Νήσος Ζάκυνθος

1. Γεωλογικό υπόβαθρο

Η Ζάκυνθος αποτελείται από Αλπικά πετρώματα τα οποία ανήκουν κυρίως στην Προαπούλια Ζώνη και λιγότερο στην Ιόνια (Σχήμα 1). Οι δύο αυτές Ζώνες, διαχωρίζονται από την Ιόνια επώθηση, η τελική τοποθέτηση της οποίας έλαβε χώρα στο Κατώτερο Πλειόκαινο (BP, 1971; Sorel, 1976; Nikolaou, 1986; Underhill, 1989; Karakitsios, 2013). Η Προαπούλια Ζώνη της Ζακύνθου αποτελείται από ιζήματα ηλικίας Ανώτερου Κρητιδικού έως Πλειστόκαινου, ενώ η Ιόνια Ζώνη αντιπροσωπεύεται από Τριαδικά breccias και γύψους, τα οποία αντιστοιχούν στην κατώτερη στρωματογραφική μονάδα αυτής της Ζώνης. Τα ανθρακικά Κρητιδικού-Ολιγόκαινου παρατηρούνται μόνο στο Μαραθωνήσι (2.5 km ανατολικά από το Κερί, Σχήμα 1) και πιθανό να αντιστοιχούν σε πλευρική μεταβατική φάση μεταξύ της Ιόνιας και της Προαπούλιας Ζώνης (Nikolaou, 1986). Αυτά τα ιζήματα ακολουθούνται από παρόμοιες αποθέσεις Νεογενούς και Τεταρτογενούς όπως αυτά της Προαπούλιας, τα οποία είναι όμως πιο λεπτά και χαρακτηρίζονται από ασυμφωνίες.

Στη σειρά Κρητιδικού-Ολιγόκαινου της Προαπούλιας, παρατηρήθηκε σημαντική μείωση σε αρκετά ΒΔ-ΝΑ ανάστροφα ρήγματα, επίσης κατά το Ανώτερο Μειόκαινο μάργες και ψαμμίτες έχουν εκτεθεί σε παράκτιες τομές μεταξύ των περιοχών Άγιου Σώστη και Κερί (Σχήμα 1). Σε αυτές τις τομές έχουν καταγραφεί πολλά ρήγματα κανονικά και ανάστροφα, τα οποία αντικατοπτρίζουν μετά-Μειοκαινική ηλικία για την επώθηση της Ιόνιας Ζώνης (Underhill, 1989; Karakitsios, 2013). Οι Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις της Ζακύνθου έχουν μελετηθεί σε αρκετές περιοχές, κυρίως στο νοτιοανατολικό κομμάτι του νησιού (Dermitzakis, 1977; Nikolaou, 1986; Triantaphyllou, 1996; Kontopoulos et al. 1997; Zelilidis et al. 1998; Duermeijer et al. 1999; Pierre et al., 2006; Agiadi et al. 2010). Σύμφωνα με τις παραπάνω μελέτες η λεκάνη της Ζακύνθου ηλικίας Κατώτερου Μειοκαίνου πληρώθηκε κυρίως με κλαστικό υλικού τύπου φλύσχη στα δυτικά, ενώ στα ανατολικά με αποθέσεις shelf. Αυτές οι αποθέσεις ακολουθήθηκαν από μάργες πάχους 30-100 μέτρων, οι οποίες παρεμβάλλονται από στρώματα γύψου Μεσσήνιας ηλικίας. Αυτοί οι εβαπορίτες έχουν συσχετιστεί με τις αποθέσεις sabkha (Dermitzakis, 1977; Nikolaou, 1986) ή με περιβάλλοντα υψηλής αλατότητας σε ρηγές λεκάνες με βάθος λιγότερο από 500 μέτρα (Fabricius et al. 1978) ή ακόμα με τουρβιδιτικές γύψους οι οποίες συγκεντρώθηκαν σε νερό βάθους λιγότερο των μερικών εκατοντάδων μέτρων (Kontopoulos et al. 1997). Οι αποθέσεις του Κατώτερου Πλειόκαινου στο νησί αποτελούνται από μάργες με πελαγική πανίδα (Ασβεστόλιθοι Trubi) με ενδιαστρώσεις ψαμμιτών. Το Μέσο Πλειόκαινο-Πλειστόκαινο αντιστοιχεί σε μια μεταβατική σειρά που αποτελείται στο κατώτερο μέρος της από μάργες, πηλό και ιλύ, ενώ το ανώτερο μέρος αντιστοιχεί σε εναλλαγές

μαργών και μαργαϊκών ασβεστόλιθων (Dermitzakis, 1977; Nikolaou, 1986).

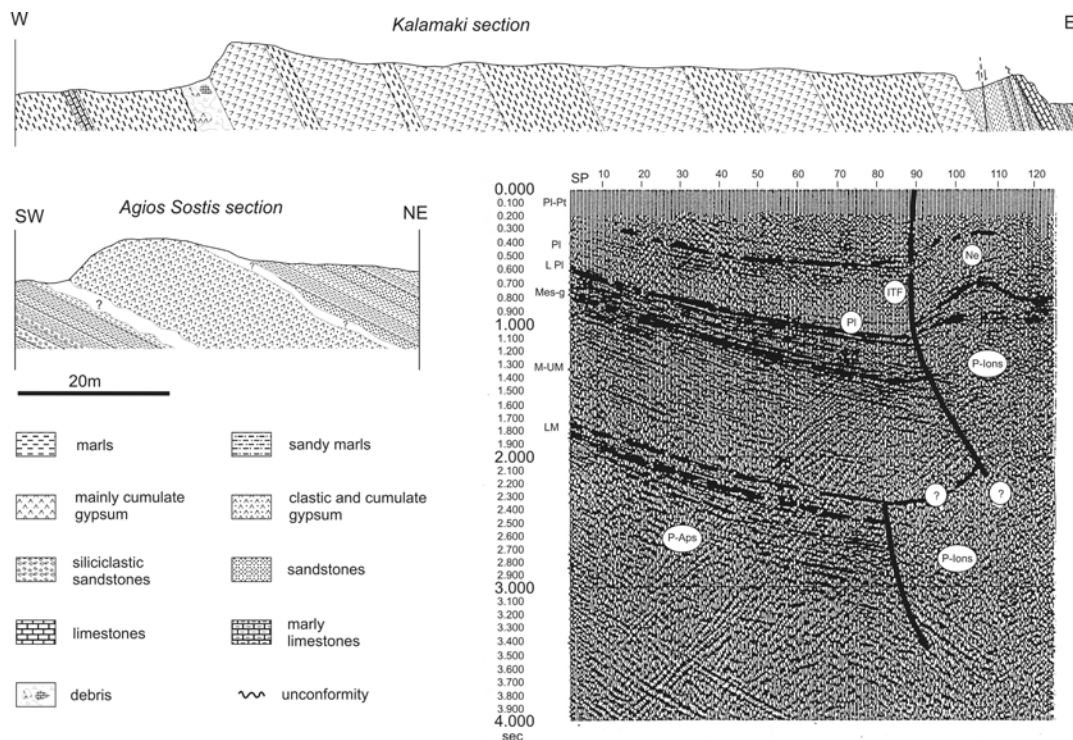


Σχήμα 1. Γεωλογικός χάρτης της ανατολικής Ζακύνθου (Karakitsios et al., 2013)

1.1 Περιοχή Καλαμάκι-Αργάσι

Η Νεογενής σειρά της περιοχής Καλαμάκι-Αργάσι έχει αποτεθεί πάνω στο Ιόνιο υπόβαθρο. Αυτή η τομή (σχήμα 2) ξεκινάει με ακολουθία πάχους 15 m από

εναλλαγές συμπαγών και φυλλώδων μαργών με σπάνιες εμφανίσεις ενδιαστρώσεων από ασβεστολιθικές μάργες και calcarenite. Στο μεσαίο τμήμα της ακολουθίας παρατηρήθηκαν δίθυρα, *Discospirina*, πτερόποδα και μαλάκια. Αυτή η ακολουθία συνεχίζει με 10 m από πτυχωμένα ιζήματα ίδιας λιθολογίας, μερικώς καλυπτόμενα από Τεταρτογενή ιζήματα και συνεχίζει με την εβαποριτική μονάδα πάχους 98 m. Στην εβαποριτική σειρά αναγνωρίζονται 6 κύκλοι των τύπων απόθεσης γύψων, οι οποίοι αντιστοιχούν σε συμπαγείς, συμπαγείς στρωματοποιημένοι, banded και branching selinite facies (Lugli et al, 2010). Στο ανώτερο τμήμα της σειράς εμφανίζονται επίσης και λεπτές ενδιαστρώσεις από gypsrudites και γυσαρενίτη (gypsaerenite). Αυτές οι αποθέσεις αντιστοιχούν στους Κατώτερους Γύψους (Primary Lower Gypsum unit, PLG, Roveri et al., 2008) που αποτίθενται κατά το 1^ο στάδιο της Κρίσης Αλμυρότητας του Μεσσηνίου (5.971-5.60, CIESM, 2008). Πάνω από τις γύψους και πριν από το μεταβατικό στάδιο των Ασβεστόλιθων Trubi, εμφανίζονται περίπου 8 μέτρα κλαστικών αποθέσεων. Το κατώτερο μέρος των κλαστικών αυτών αποθέσεων αποτελείται από φυλλώδεις γκρι μάργες και μετά το πρώτο μέτρο αυτής της εμφάνισης ακολουθεί ένα στρώμα γυσαρενίτη δεκαμετρικού πάχους. Το ανώτερο τμήμα της απόθεσης αποτελείται από εναλλαγές φυλλώδων πράσινων μαργών με ασβεστολιθικές μάργες. Περίπου 10 cm από εμφανίσεις σχιστολίθων διαχωρίζουν αυτήν τη σειρά από τον υπερκείμενο σχηματισμό ασβεστόλιθων Trubi, με μια ασυμφωνία μικρής κλίσης. Οι ασβεστόλιθοι Trubi ξεκινούν με 3 m από συμπαγείς μάργες και ακολουθούν εναλλαγές από ανθρακικών δεκαμετρικού πάχους και στρώματα φυλλώδων μαργών.



Σχήμα 2. Οι τομές Καλαμάκι και Άγιος Σώστης και ένα σεισμικό προφίλ της περιοχής (Karakitsios et al., 2013)



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ
πρόγραμμα για την ανάπτυξη

Στην περιοχή Αργάσι (Σχήμα 1) εμφανίζεται μια μονάδα γύψων παρόμοια με αυτή που εμφανίζεται στο Καλαμάκι. Εδώ αναγνωρίστηκαν 8 διαφορετικά στρώματα γύψων. Δεν είναι δυνατό, σε αυτήν την τομή, να παρατηρηθεί η μετάβαση από τις γύψους στο υπερκείμενο στρώμα εξαιτίας του τεκτονισμού της περιοχής και των Τεταρτογενών κορημάτων.

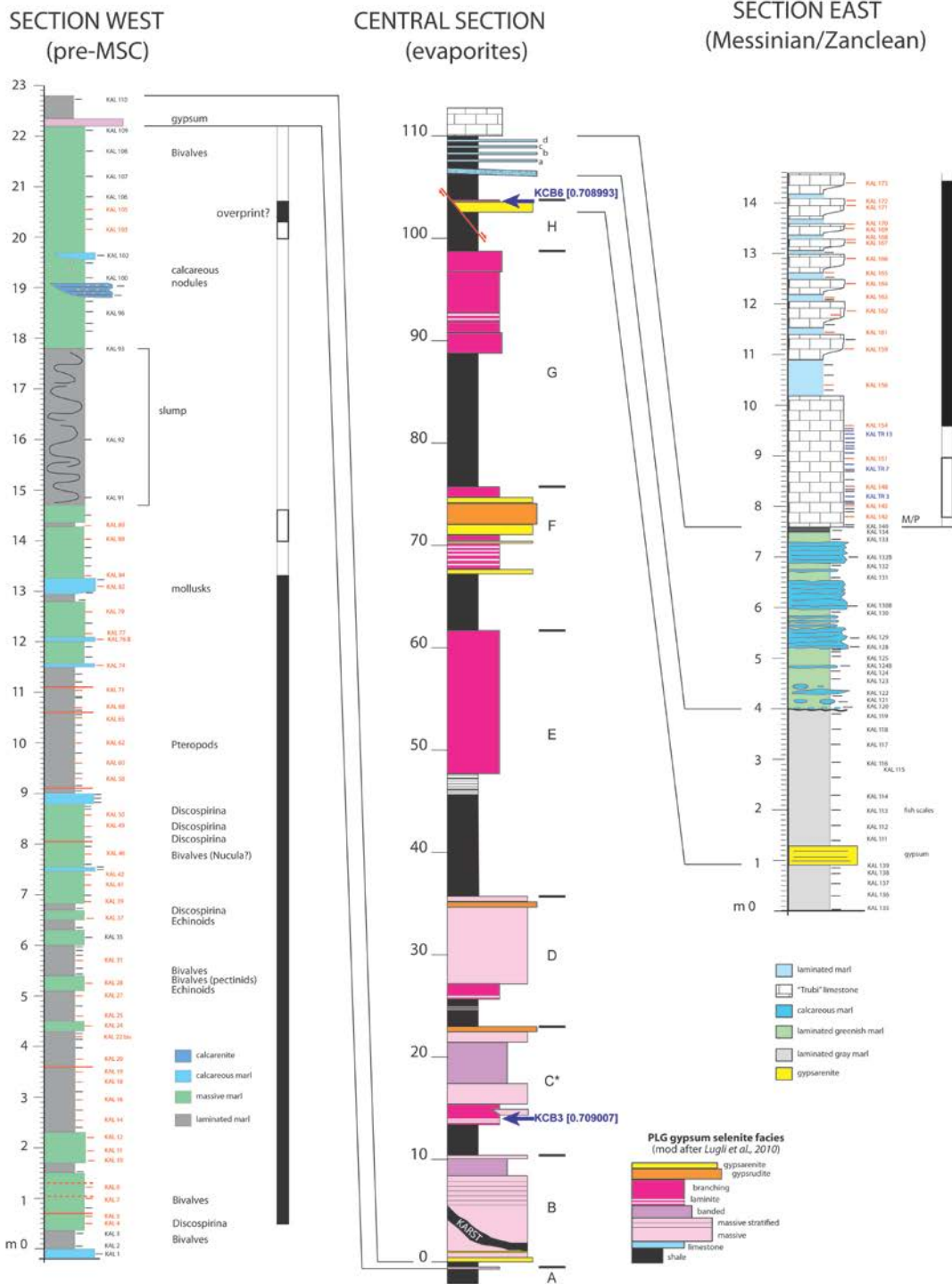
1.3 Περιοχή Άγιος Σώστης

Στην περιοχή Άγιος Σώστης, η Νεογενής ακολουθία έχει αποτεθεί πάνω σε Προ-Απούλιο υπόβαθρο. Σε αυτήν την τομή (Σχήμα 2) τα πρώτα 10 m αποτελούνται από εναλλαγές μπλοκ δεκαμετρικού πάχους siliclastic shalesandstone, οι οποίες δείχνουν μια μείωση της κλαστικής εισροής προς το ανώτερο τμήμα. Στη συνέχεια ακολουθούν 3 m από εναλλαγές λεπτών στρωμάτων ψαμμιτών με μάργες, το οποίο περνάει σε 3 m από εναλλαγές πράσινων αργίλων και μαργών. Ακολουθεί ένα κενό παρατήρησης 2 m και στη συνέχεια ξεκινάει η εβαποριτική μονάδα. Αυτή η μονάδα έχει πάχος 15 m και αποτελείται από αρκετές εναλλαγές πρωτογενούς (clastic και cumulate) και κλαστικού (gypsrudite, gypsarenite and gypsiltite) γύψου. Αυτή η εβαποριτική μονάδα χαρακτηρίζεται κυρίως από κλαστικές αποθέσεις, ενώ δεν εμφανίζει τις τυπικές εβαποριτικές φάσεις ρηχού νερού οι οποίες εμφανίζονται στην περιοχή Καλαμάκι-Αργάσι. Για αυτό το λόγο θεωρούμε ότι αντιστοιχεί στην μονάδα Resedimented Lower Gypsum (RLG, Roveri et al., 2008). Αυτή η μονάδα που προέρχεται από επανατοποθετημένα και επανιζηματοποιημένα PLG ιζήματα, έχει αποτεθεί κατά το 2^ο στάδιο της Κρίσης Αλμυρότητας του Μεσσηνίου (5.60-5.55, CIESM, 2008, Roveri et al., 2008). Στη συνέχεια ακολουθούν περίπου 2 m υβριδικών ψαμμιτών και μετά ένα κενό παρατήρησης 1,5 m, το οποίο περνάει σε μια ακολουθία πάχους 18 m που αποτελείται από εναλλαγές ψαμμιτών και μαργών. Το τέλος της τομής αποτελείται 2 m μαργών. Βόρεια της τομής σε απόσταση περίπου 60 m στο λιμάνι του Αγίου Σώστη εμφανίζονται αποκλειστικά οι ασβεστόλιθοι Trubi. Προς ΒΒΔ κατεύθυνση (σχήμα 1), η Νεογενής ακολουθία παρεμβάλλεται από επανιζηματοποιημένα μπλοκ δεκαμετρικού πάχους αποτελούμενα από σελινίτη μικρού βάθους απόθεσης. Προς ΝΑ, αυτή η βαρυντικά μεταφερόμενη μάζα της Μεσσηνιας γύψου μεταπίπτει κυρίως σε τουρβιδιτική γύψου, όπως αυτή που παρατηρείται στην τομή Άγιος Σώστης.

2. Δειγματοληψία

Η δειγματοληψία στην Ζάκυνθο έλαβε χώρα σε δύο φάσεις. Στην πρώτη φάση έγινε η παρατήρηση της γεωλογίας στις περιοχές Καλαμάκι-Αργάσι και Άγιος Σώστης. Επίσης έγινε η δειγματοληψία της προ-και της μετά-εβαποριτικής σειράς από την τομή Καλαμάκι (σχήμα 3) και η δειγματοληψία της τομής Άγιος Σώστης (σχήμα 4).

ΚΑΛΑΜΑΚΥ ΚRYSTAL BEACH COMPOSITE SECTION



Σχήμα 3. Τομή Καλαμάκι και τοποθέτηση των δειγμάτων



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



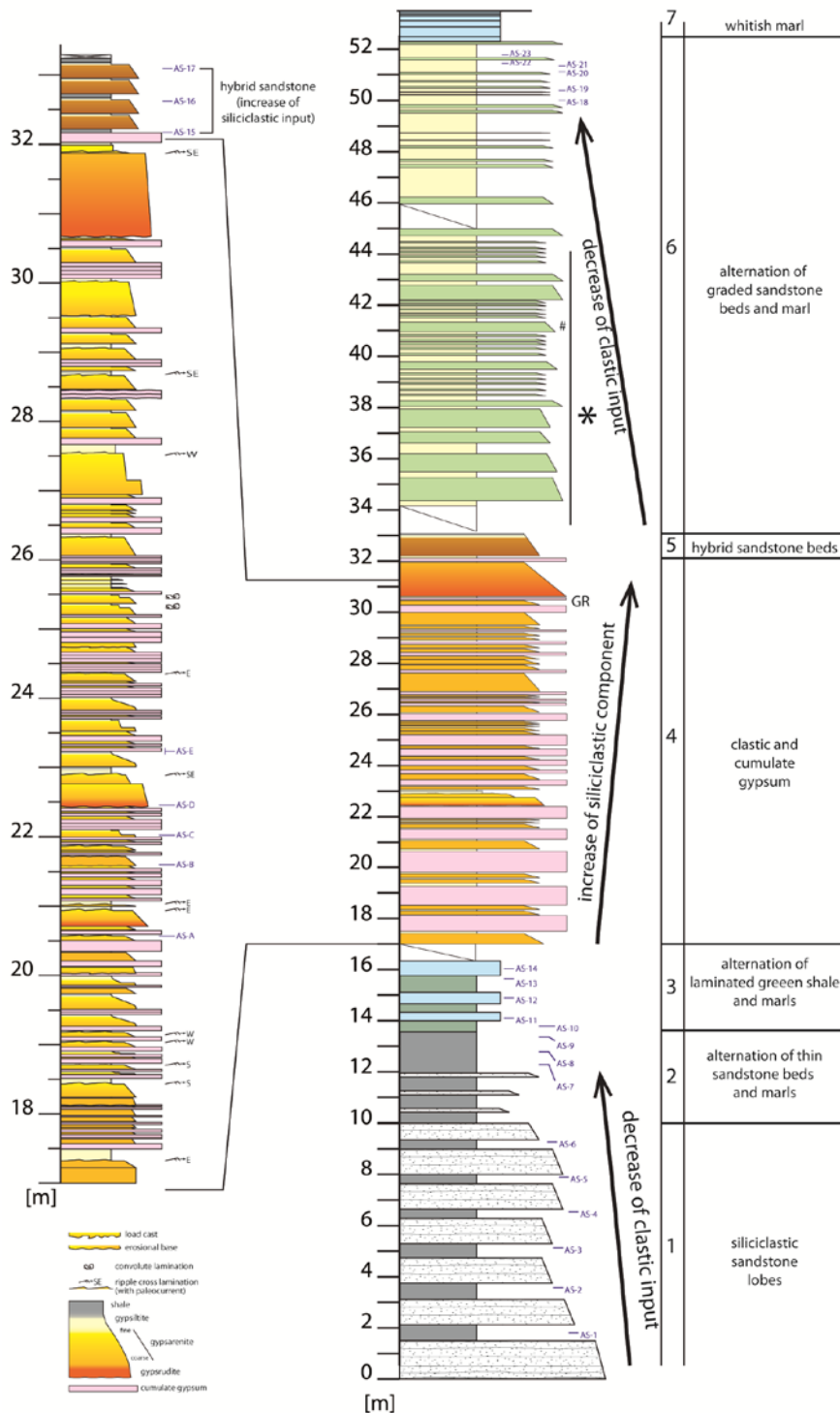
ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

AGIOS SOSTIS COMPOSITE SECTION



Σχήμα 4. Τομή Άγιος Σώστης και τοποθέτηση των δειγμάτων



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

2.1 Τομή Καλαμάκι

Από την τομή Καλαμάκι στην πρώτη φάση συλλέχθηκαν 173 δείγματα. Αυτά τα δείγματα προέρχονται από την προ- (εικόνα 1) και την μετά- (εικόνες 2 και 3) εβαποριτική σειρά. Από την προ-εβαποριτική σειρά συλλέχθηκαν τα δείγματα από το KAL-1 έως το KAL-110 και για τη μετά-εβαποριτική σειρά από το KAL-111 έως το KAL-173.

Στη δεύτερη φάση έγινε η δειγματοληψία της εβαποριτικής σειράς (εικόνα 4) καθώς και συμπληρωματική δειγματοληψία στην μετά-εβαποριτική σειρά. Σε αυτή τη δειγματοληψία συλλέχθηκαν 203 δείγματα από το κεντρικό τμήμα της τομής (σχήμα 5) και 67 δείγματα από την μετά-εβαποριτική σειρά ως συμπληρωματική δειγματοληψία.



Εικόνα 1. Φωτογραφία της προ-εβαποριτικής σειράς από την τομή Καλαμάκι



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ
επένδυση στην κοινωνία της γνώσης

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



Εικόνα 2. Φωτογραφία της μετά-εβαποριτικής σειράς από την τομή Καλαμάκι



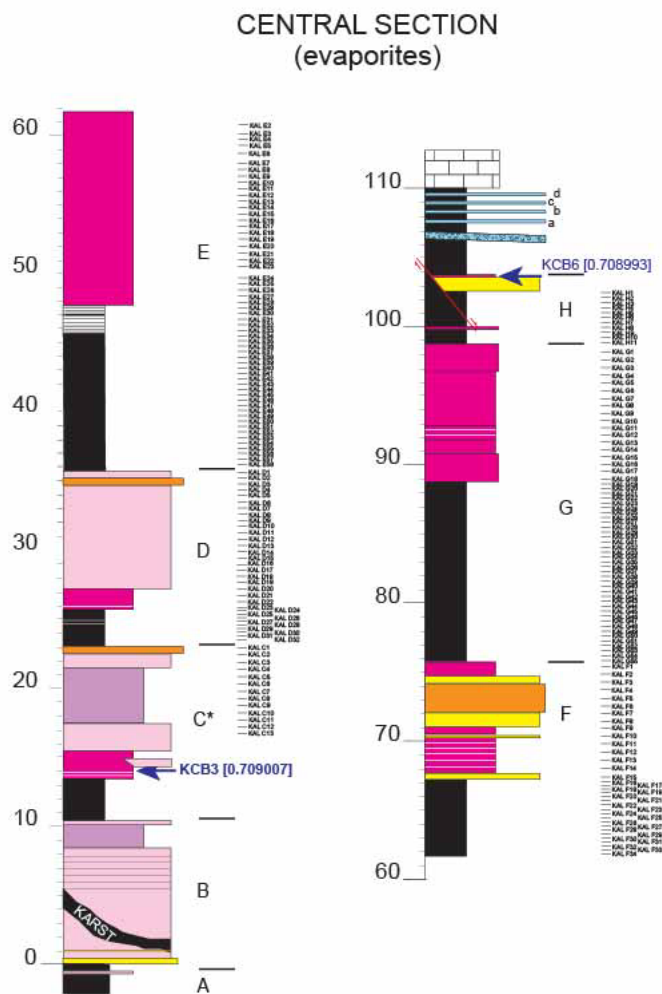
Εικόνα 3. Φωτογραφία της μετά-εβαποριτικής σειράς από την τομή Καλαμάκι



Εικόνα 4. Φωτογραφία της εβαποριτικής σειράς από την τομή Καλαμάκι

2.2 Τομή Άγιο Σώστης

Από την τομή Άγιο Σώστη συλλέχθηκαν 23 δείγματα. Από τον Άγιο Σώστη τα δείγματα που συλλέχθηκαν φαίνονται στο σχήμα 4.



Σχήμα 5. Τομή Καλαμάκι και τοποθέτηση των δειγμάτων



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

3. Βιβλιογραφία

- Agiadi, K., Triantaphyllou, M., Girone, A., Karakitsios, V., Dermitzakis, M., 2010. Paleobathymetric interpretation of the fish otoliths from the lower - middle quaternary deposits of kephallonia and zakynthos islands (Ionian Sea, Western Greece). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 116(1): 63-78.
- BP Co. Ltd, 1971. The Geological results of petroleum exploration in western Greece. Institute for Geology and Subsurface Research (now I.G.M.E.). Special Report, 10, Athens.
- CIESM (2008), The Messinian salinity crisis from mega-deposits to microbiology. A consensus report, in 33eme CIESM Workshop Monographs, edited by F. Briand, Monaco, 33, 91-96.
- Dermitzakis M., 1977. Stratigraphy and sedimentary history of the Miocene of Zakynthos (Ionian Islands, Greece). *Ann. Geol. Pays Hell.*, v.29, p. 47-186.
- Duermeijer, C.E., Krijgsman, W., Langereis, C.G., Meulenkamp, J.E., Triantaphyllou, M.V., Zachariasse, W.J., 1999. A late Pleistocene clockwise rotation phase of Zakynthos (Greece) and implications for the evolution of the western Aegean arc. *EPSL*, 173(3): 315-331.
- Fabricius, F.H., Heimann, K.O., Braune, K., 1998. Comparison of site 274 with circum-Ionian land sections: implications for the Messinian "salinity crisis" on the basis of a dynamic model. *Initial reports DSDP 42*: 927-942.
- Karakitsios, V., 2013. Western Greece and Ionian Sea petroleum systems. *AAPG Bulletin*, 20 130 315.
- Karakitsios V., Roveri M., Lugli S., Manzi V., Gennari R., Antonarakou A., Triantaphyllou M., Agiadi K., Kontakiotis G., 2013. Remarks on the Messinian Evaporites of Zakynthos Island (Ionian Sea, Eastern Mediterranean). *Bulletin of the Geological Society of Greece*, XLVII.
- Kontopoulos, N., Zelilidis, A., Piper, D.J.W., Mudie, P.J., 1997. Messinian evaporites in Zakynthos, Greece. *Palaeo3*, 129(3-4): 361-367.
- Lugli S., Manzi V., Roveri M. And Schreiber B.C., 2010. The Primary Lower Gypsum in the Mediterranean: A new facies interpretation for the first stage of the Messinian salinity crisis. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 297, 83-99.
- Nikolaou, C., 1986. Contribution to the knowledge of the Neogene, the geology and the Ionian and pre-Apulian limits in relation to the petroleum geology observations in Strophades, Zakynthos and Kephallinia islands. PhD thesis (unpublished). University of Athens. pp. 228
- Pierre, C., Caruso, A., Blanc-Valleron, M.-M., Rouchy, J.M. & F. Orzsag-Sperber, 2006. Reconstruction of the paleoenvironmental changes around the Miocene-Pliocene boundary along a West-East transect across the Mediterranean, *Sed. Geol.*, 188-189, 319-340.
- Roveri M., Lugli S., Manzi V. And Schreiber B.C., 2008. The Messinian Sicilian stratigraphy revisited: new insights for the Messinian salinity crisis. *Terranova*, 20-6, 483-488.
- Sorel, D., 1976. Etude neotectonique dans l'arc egeen externe occidentale. *These 3e c.*, Paris XI, 200p.



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

- Triantaphyllou, M.V., 1996. Biostratigraphical and ecostratigraphical observations based on calcareous nannofossils of the eastern Mediterranean Plio-Pleistocene deposits. *GAIA* 1, Athens, 229p.
- Underhill, J.R., 1989. Late Cenozoic deformation of the Hellenide foreland, western Greece. *Geol. Society of America Bull.*, 101: 513-634.
- Zelilidis, A., Kontopoulos, N., Avramidis, P., Piper, D.J.W., 1998. Tectonic and sedimentological evolution of the Pliocene-Quaternary basins of Zakynthos Island, Greece: Case study of the transition from compressional to extensional tectonics. *Basin Research*, 10(4): 393-408.