

ΦΑΣΕΙΣ ΕΞΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΛΙΤΥΟΣ ΤΩΝ ΗΩΚΑΙΝΙΚΩΝ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΩΝ ΣΤΗΝ ΤΟΜΗ ΤΩΝ ΑΓΙΩΝ ΠΑΝΤΩΝ (ΖΑΚΥΝΘΟΣ, ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ)*

M. KATH¹

ΣΥΝΟΨΗ

Η ανάλυση φάσεων των Ηωκαινικών ασβεστολίθων στην τομή των Αγίων Πάντων στην κεντρική Ζάκυνθο, τμήματος της ευρύτερης Προαπούλιας ανθρακικής ακολουθίας στην περιοχή, ανέδειξε τρεις τύπους μεγαφάσεων: α) διαβαθμισμένα στρώματα, στα οποία αναγνωρίστηκαν δύο κύριες υποφάσεις, των μεσο- έως λεπτοστρωματωδών ασβεσταρενιτών-ασβεστολουτιτών και των παχυστρωματωδών ρουδιτικών ασβεσταρενιτών, συνιστάμενες κυρίως από επαναϊζηματοποιημένες ρηχές ανθρακικές άμμους (κυρίως βιοκλαστών νομμουλιτών και εχινοειδών) με βάση το σύνολο των ιζηματοδομών τους ερμηνεύτηκαν ως αποθέσεις χαμηλής πυκνότητας τουρβιδιτών και υψηλής πυκνότητας τουρβιδιτών (ή αμμωδών ροών θραυσμάτων) αντίστοιχα, β) ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή αποτελούμενα από λιθοκλάστες φάσεων μικρού βάθους και άφθονους πελαγικούς ενδοκλάστες που ερμηνεύτηκαν ως αποθέσεις ροών θραυσμάτων και γ) πτυχωμένα στρώματα πελαγικής-ημιπελαγικής σύστασης που ερμηνεύτηκαν ως συνιζηματογενείς πτυχοειδείς μορφές (slumps). Επομένως, οι εξετασθέντες ασβεστολίθοι συνιστούν αποκλειστικά βαθιές επαναϊζηματοποιημένες φάσεις που αποτέθηκαν κυρίως μέσω διεργασιών ροών ιζημάτων από βαρύτητα, μεταφέροντας σημαντικά ποσά ρηχού βιο- λιθοκλαστικού υλικού. Η κατανομή και η οργάνωση των φάσεων στην παρούσα συνάθροιση, με την επικράτηση ιδιαίτερα των "ατελών" τουρβιδιτικών σειρών, υποδεικνύουν ως χώρο τελικής απόθεσης των εξεταζόμενων Ηωκαινικών ασβεστολίθων ένα "χαμηλό" στα εξωτερικά τμήματα της κλιτύς που συνδέει την Προαούλια πλατφόρμα με την Ιόνια λεκάνη.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ζάκυνθος, Ηώκαινο, επαναϊζηματοποιημένοι ασβεστολίθοι, φάσεις εξωτερικής κλιτύς, ανθρακικοί τουρβιδίτες, ροές θραυσμάτων, πτυχοειδείς δομές ολίσθησης.

KEY WORDS: Zakynthos, Eocene, resedimented limestones, outer-slope facies, carbonate turbidites, debris flows, slumps

ABSTRACT

The facies analysis of the Eocene limestones in the Aghioi Pantes section in central Zakynthos, part of the Preapulian carbonate sequence in the greater area, showed three megafacies types: a) graded beds, in which two main subtypes have been recognized, medium- to thin-bedded calcarenites-calcilitites and thick-bedded ruditic calcarenites, consisting mainly of redeposited shallow-water carbonate sands (mostly bioclasts of nummulites and echinoids); based on their sedimentary structures they have been interpreted as low density turbidite and high density turbidite (or sandy debris flows) deposits correspondingly, b) calcareous conglomerates consisting of shallow-water facies lithoclasts and abundant pelagic intraclasts all of which have been interpreted as debris flow deposits and c) folded strata of pelagic-hemipelagic composition that have been interpreted as slumps. Subsequently, the studied limestones constitute exclusively deep-water resedimented facies having been deposited mainly through sediment gravity flows, carrying significant amounts of shallow-water bio- lithoclastic material. The distribution and the organization of this facies association, with the dominance in particular of the base cut-out turbidites, suggest as depositional environment of the studied Eocene limestones a "low" in the outer slope connecting the Preapulian platform with the adjacent Ionian basin.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αναγνώριση φάσεων "πλατφόρμας" στην Προαπούλια ζώνη (ή ζώνη Παξών) και φάσεων "λεκάνης" στην Ιόνια ζώνη αρχικά πραγματοποιήθηκε από τον Renz (1955) και έγινε αποδεκτή από τους Aubouin (1959, 1965), Aubouin & Dercourt (1962), Bernoulli & Laubscher (1972), Aubouin et al. (1976), αλλά ουσιαστικά και

* TOE-OF-SLOPE FACIES OF THE EOCENE LIMESTONES IN AGHIOI PANTES SEQUENCE (ZAKYNTHOS ISLAND, WESTERN GREECE).

1. University of Athens, Department of Geology, Panepistimiopolis, 15784 Athens, Greece.

από όλους τους νεότερους ερευνητές. Επιπλέον, η παλαιογεωγραφική σύνδεση της Προαπούλιας ζώνης με την Απούλια πλατφόρμα της Ιταλίας και η ερμηνεία της ως η ανατολική συνέχεια αυτής, με την έννοια μίας περιθωριακής κατοφρέειας προς την Ιόνια λεκάνη, σύμφωνα με τους αναπέρα ερευνητές ή το "αυτόχθονο" ηπειρωτικό περιθώριο της Απούλιας μικροπλάκας στις Ελληνίδες από νεότερους ερευνητές (Mountrakis 1985, Papanikolaou 1986, Robertson et al. 1991, Dercourt et al. 1993), συντέλεσε στον γενικό χαρακτηρισμό και της Προαπούλιας ζώνης ως μία αβαθή ανθρακική πλατφόρμα που λειτούργησε σχεδόν αδιάκοπα από το Ιουρασικό μέχρι και το Ολιγόκαινο. Ωστόσο, πρόσφατες λιθοστρωματογραφικές και τεκτονικές μελέτες υποδεικνύουν ότι η παλαιογεωγραφική της εξέλιξη, ιδιαίτερα κατά το Ανώτερο Κρητιδικό και μέσα στο Παλαιογενές, παρουσιάζει αξιοσημείωτη πολυπλοκότητα και τελικά αποτελείται τουλάχιστον από δύο διαφορετικές τεκτονο-ιζηματογενείς ενότητες, με χαρακτηριστές πλατφόρμας, με διαφορετική όμως πορεία ανάπτυξης και οι οποίες σήμερα βρίσκονται σε τεκτονική προσέγγιση (Accordi and Carbone 1992, Accordi et al. 1998).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να παρουσιάσει χαρακτηριστικές φάσεις κλιτύς της ανθρακικής Προαπούλιας ακολουθίας στη Ζάκυνθο και τελικά να συμβάλλει στη διερεύνηση της εξέλιξης και διαμόρφωσης των περιθωρίων της Προαπούλιας πλατφόρμας κατά τη διάρκεια του Ηωκαίνου.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΘΕΣΗ

Οι Ηωκαινικοί σχηματισμοί, όπως και όλες οι νεότερες στρωματογραφικές διαπλάσεις της Προαπούλιας ζώνης στη Ζάκυνθο, απαντώνται ολοκληρωτικά στις ανατολικές παρυφές της οροσειράς Βραχίωνα, ενός ασβεστολιθικού αντικλίνου με άξονα διεύθυνσης ΒΒΔ και το οποίο καλύπτει την δυτική πλευρά του νησιού, σχεδόν στο μισό του. Οι εξεταζόμενοι σχηματισμοί εμφανίζονται σε ένα εγκαταλειμμένο λατομείο, 1,5 Km περίπου ΝΔ του χωριού των Αγίων Πάντων, στη κεντρική Ζάκυνθο (Εικ. 1). Πρόκειται για μία απομονωμένη εμφάνιση των Ηωκαινικών ασβεστολίθων, αφού στην συγκεκριμένη τομή είναι οι μοναδικοί σχηματισμοί που εμφανίζονται και οριοθετούνται πλευρικά με τις ρηχές φάσεις της Ανωκρητιδικής ακολουθίας μέσω ρηγμάτων γενικής διεύθυνσης Α-Δ. Οι υπό μελέτη ασβεστολίθοι συνίστανται κυρίως από καλά στρωμένους, λεπτοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις βιοκλαστικούς ασβεσταρενίτες-ασβεστολουτίτες έως και ασβεστορουδίτες καθώς και από κάποιους οριζόντες ασβεστολιθικών κροκαλοπαγών και πτυχωμένων ασβεστολουτιτικών στρωμάτων ενδιαστωμένων στα προαναφερθέντα στρώματα (Εικ. 2).

Στρωματογραφικές μελέτες των διαφόρων σχηματισμών της Προαπούλιας ζώνης στη Ζάκυνθο έχουν πραγματοποιηθεί από διάφορους ερευνητές όπως, Horstmann (1967), Μίρκου (1974), Δερμιτζάκης (1978), Τριανταφύλλου (1996), ενώ λιθοφασικές και ιζηματολογικές μελέτες με έμφαση στην ανάπτυξη και εξέλιξη της Κρητιδικής πλατφόρμας κατά την διάρκεια του Παλαιογενούς έχουν γίνει από Accordi and Carbone (1992) και Κατή (1999).

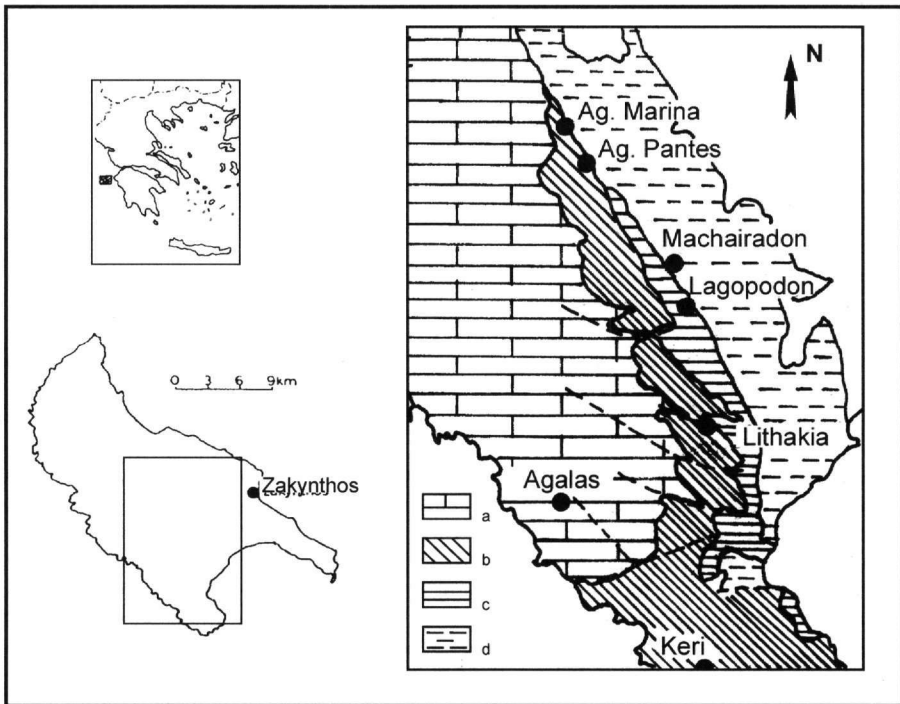
3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΑΣΕΩΝ

Η μελέτη των εξετασθέντων Ηωκαινικών ασβεστολίθων περιέλαβε αρχικά αποτίμηση των ιστολογικών χαρακτήρων και μακροδομών τους, στη συνέχεια αναγνώριση και διαχωρισμό των κύριων φάσεων και υποφάσεων που τους συνιστούν και τελικά ανάλυση των μικροφάσεων τους. Ο διαχωρισμός των αποθετικών τους φάσεων έγινε κυρίως με βάση το μέγεθος των συστατικών τους και/ή κάποιων κύριων ιστολογικών χαρακτηριστικών τους, όπου αυτό κρίθηκε αναγκαίο. Η ερμηνεία των φάσεων στηρίχθηκε στην ταξινόμηση των Pickering et al. (1986), η οποία αποτελεί τροποποίηση της ταξινόμησης των Mutti and Ricci Lucchi (1972) για τις βαθιές κλαστικές αποθέσεις προσαρμοσμένη στα αντίστοιχα ανθρακικά ιζήματα. Για την ορυκτολογική μελέτη του ελάχιστου περιεχομένου μη-ανθρακικού κλάσματος αρχικά πραγματοποιήθηκε διάλυση ολικού δείγματος με ήπια επίδραση οξικού οξέος και ακολούθησε ακτινοσκοπική μελέτη του αδιάλυτου υπολείμματος εφαρμόζοντας τις κλασικές μεθόδους έρρευνας για το κλάσμα <2μm. Οι αναλύσεις έγιναν σε περιθλασίμετρο Philips PW 1050 και ακτινοβολία kaCo στα εργαστήρια του Geus στην Κοπεγχάγη.

Συνολικά, στην τομή των Αγίων Πάντων αναγνωρίστηκαν τρεις κύριες κατηγορίες (μεγα)φάσεων, οι εξής: α) διαβαθμισμένα στρώματα, β) κροκαλοπαγή και γ) πτυχωμένα ασβεστολουτιτικά στρώματα.

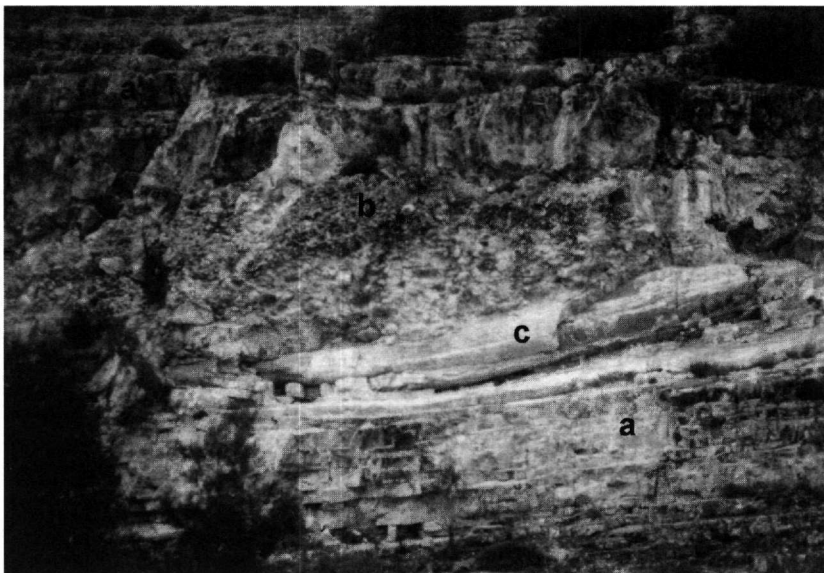
α) Διαβαθμισμένα στρώματα

Περιγραφή : Αποτελούν την πιο διαδεδομένη φάση στην εξεταζόμενη ακολουθία με φαινόμενο μέγιστο πάχος περίπου 40 m. Πρόκειται για πολύ καλά στρωμένους και διαβαθμισμένους ασβεσταρενίτες-ασβεστολουτίτες, καστανού έως γκριζοκάστανου χρώματος σε εναλλαγές με λευκούς, χαλαρούς έως εύθρυπτους και λεπτοστρωματώδεις οριζόντες ασβεστολουτιτικών μαργαίτης υφής. Τα πάχη των στρωμάτων κυμαίνονται από 5-50 cm, με επικρατέστερα τα μεγέθη των 15-25 cm, ενώ το πάχος των μαργαίτης υφής οριζόντων κυμαίνεται



Εικ. 1. Γεωγραφική θέση και απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης, από *IGME (1980)* και *Accordi and Carbone (1992)* (a.Κρητιδικό, b.Εώκαινο, c.Ολιγόκαινο, d.Μειόκαινο, e.Πλειο-Τεταρτογενές).

Fig. 1. Simplified geological map and the localities of the studied area, after *IGME (1980)* and *Accordi and Carbone (1992)* (a.Cretaceous, b.Eocene, c.Oligocene, d.Miocene, e.Plio-Quaternary).



Εικ. 2. Αποψη του λατομείου των Αγίων Πάντων: a.διαβαθμισμένα στρώματα, b.ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή, c.πτυχωμένα στρώματα ολίσησης.

Fig. 2. View of Aghioi Pantes quarry: a.graded beds, b.calcareous conglomerates, c.folded strata (slumps).

από λίγα mm έως και 10 cm (συνήθως 2-5 cm). Οι ανώτερες και κατώτερες επιφάνειες των στρωμάτων είναι γενικά επίπεδες και παράλληλες. Η γενική τους κλίση είναι 300 BA (Εικ. 2, 3a). Ανάλυση με ακτίνες-X στο αδιάλυτο υπόλειμμα επιλεγμένων δειγμάτων από τους μαργαίτης υφής οριζόντες έδειξε συγκέντρωση πολύ μικρών ποσοστών κλαστικού υλικού συνιστάμενο από α-χαλαζία, καολινίτη και σμηκτίτη (0,18% στη συνολική σύσταση). Η μικροσκοπική μελέτη από τα κατώτερα προς τα ανώτερα τμήματα των στρωμάτων έδωσε τις ακόλουθες κύριες κατηγορίες μικροφάσεων:

1. Διαβαθμισμένα grainstone-packstone με άφθονα νηριτικά στοιχεία όπως εχινοειδή, ελασματοβράγχια, φύκη, οστρακώδη και βενθονικά τρηματοφόρα, κυρίως Miliolidae, αλλά και λίγα πελαγικά τρηματοφόρα, όπως Globigerina και Globigerinatheka.
2. Λαμινώδη packstone και wackestone σε εναλλαγές, πάχους λίγων mm, (συνήθως 2-3 mm) και σύσταση όμοια με αυτή των υποκείμενων grainstone-packstone αλλά με περισσότερα πελαγικά τρηματοφόρα, όπως Globigerina, Cerroazulensis pomeroli, Globigerinathenka και Truncorotaloides topilensis.
3. Mudstone-wackestone με άφθονα πελαγικά τρηματοφόρα (Globigerina, Globigerinathenka, Truncorotaloides topilensis) και έντονους χαρακτήρες βιοαναμόχλευσης, όπως υποδεικνύεται και από την παρουσία burrows συνήθως πληρωμένα με πιο χονδρόκοκκο βιοκλαστικό υλικό όμοιο με αυτό των υποκείμενων packstone.

Μέσα στα προαναφερθέντα στρώματα και ιδιαίτερα στα χαμηλότερα τμήματα του λατομείου, έντονη είναι η παρουσία κάποιων πολύ πιο χονδρόκοκκων οριζόντων, επίσης διαβαθμισμένων, οι οποίοι συνιστούν μία δεύτερη κύρια υποφάση, αυτή των ρουδιτικών ασβεσταρενιτών (Εικ. 2, 3a). Πρόκειται για διάσπαρτους, παχυστρωματώδεις έως άστρωτους οριζόντες, σχήματος τραπέζιου (πάγκου) και πάχους 60 cm έως 1,5 m. Συχνά παρατηρείται και μία επιπλέον διαφοροποίηση του ίδιου του πάγκου σε λεπτότερα στρώματα. Οι κατώτερες και ανώτερες επιφάνειες τους είναι απότομες και γενικά επίπεδες και παράλληλες μεταξύ τους. Το κύριο ιστολογικό χαρακτηριστικό της υποφάσης αυτής αποτελεί η περιοδική και πολύ υψηλή συγκέντρωση του βιοκλαστικού κλάσματος, μεγέθους γενικά πολύ μεγαλύτερου από 2 mm. Ειδικότερα, από τα κατώτερα προς τα ανώτερα τμήματα ενός τέτοιου πάγκου, αρχικά παρατηρείται ένας χονδρόκοκκος ρουδιτικός ασβεσταρενίτης, πάχους 20 - 30 cm, με άφθονους Nummulites και θραύσματα εχινοειδών, μεγέθους 0,5-1,5 cm. Χαρακτηριστικός είναι ο προσημιωτός προσανατολισμός των σκελετικών αυτών στοιχείων, παράλληλα ή σε πολύ μικρή γωνία με τη γενική στρώση, καθώς και η διαβάθμιση του μεγέθους τους, γενικά κανονικού τύπου αν και συχνά ξεκινούν με διαβάθμιση ανάστροφο τύπου. Στη συνέχεια, οι χονδρόκοκκοι αυτοί οριζόντες περνούν σε λεπτόκοκκους ασβεσταρενίτες-ασβεστολουτίτες, πάχους 5-10 cm με λίγα και λεπτά σκελετικά θραύσματα, συνήθως μη αναγνωρίσιμα στη μακροσκοπική κλίμακα. Η εναλλαγή των δύο αυτών φάσεων επαναλαμβάνεται με τον ίδιο τρόπο σε όλη την έκταση του πάγκου. Η ανάλυση μικροφάσεων έδωσε τους εξής κύριους τύπους: 1. Rudstone με Nummulites, 2. Grainstone-packstone με πελλοειδή και 3. Πελαγικά Wackestone-mudstone.

Η προσδιοριζόμενη ηλικία για όλα τα διαβαθμισμένα στρώματα, κυρίως μέσω της μελέτης των πελαγικών τρηματοφόρων, είναι το Μέσο Ηώκαινο και ειδικότερα το ανώτερο τμήμα του Μέσου Ηώκαινου (Ανώτ. Λουτήσιο - Μπαρτόνιο;).

Ερμηνεία: Τα διαβαθμισμένα στρώματα, συνολικά, ερμηνεύονται ως τουρβιδίτες, αφού διαθέτουν χαρακτηρισές ανάλογες με αυτούς των αποθέσεων από τουρβιδιτικά ρεύματα (Bouma 1962, Walker 1965, Middleton and Hampton 1973, Nardin et al. 1979, Lowe 1979, 1982). Ωστόσο, η λεπτομερής μελέτη των δύο υποφάσεων έδειξε ότι η καθεμία από αυτές διαθέτει ένα σύνολο ιστολογικών χαρακτήρων και δομών ικανών να υποδείξουν σχετικά "διαφορετικούς" μηχανισμούς απόθεσης για την κάθε μία. Συγκεκριμένα, οι ασβεσταρενίτες-ασβεστολουτίτες συνιστούν τουρβιδίτες χαμηλής πυκνότητας (low density turbidites) αφού διαθέτουν: 1)μεγέθη κόκκων ιλύος (πηλού) έως και μέσης άμμου, γενικά < 500 μm, 2)πάχη στρωμάτων 15-25 cm, 3)κανονικό τύπο διαβάθμισης του μεγέθους των κόκκων, 4)μικρό έως μέτριο βαθμό ταξινόμησης και 5)ανάπτυξη παράλληλων λαμινών. Οι διάφοροι χαρακτήρες τους επαναλαμβάνονται με την ίδια σειρά και σε συγκεκριμένα διαστήματα (οριζόντες) τα οποία μπορούν να αποδοθούν στα αντίστοιχα της τυπικής τουρβιδιτικής ακολουθίας Bouma, συνιστώντας ειδικότερα τύπους: Tabe, Tade, Tbe και Tde. Επιπλέον, θα πρέπει να σημειωθεί ότι, στο σύνολο της Ηώκαινικής αυτής υποφάσης επικρατούν οι πιο λεπτόκοκκοι από τους παραπάνω τύπους (Tbe και Tde) δηλαδή "τουρβιδίτες χωρίς βάσεις" ή "ατελείς τουρβιδίτες" (Crevello and Schlager 1980, Mullins et al. 1984, Mullins and Cook 1986, Eberli 1987). Συνολικά, οι εξεταζόμενοι τουρβιδίτες αντιστοιχούν στις φάσεις C2 έως και D2 της ταξινόμησης των Pickering et al., (1986), που αναφέρονται σε καλά οργανωμένες άμμους και ιλύες και συναντώνται στα εξωτερικά τμήματα των κλιτύων και προς την λεκάνη.

Όσον αφορά τους ρουδιτικούς ασβεσταρενίτες ερμηνεύονται ως τουρβιδίτες υψηλής πυκνότητας (high density turbidites) γιατί διαθέτουν: 1)κόκκους με μεγέθη χονδρής άμμου έως και λεπτού χαλικιού, 2)ανάστροφο έως κανονικό τύπο διαβάθμισης του μεγέθους των συστατικών, 3)εξαιρετικά μικρό βαθμό ταξινόμησης,

4) επαναλαμβανόμενα τμήματα υψηλής πυκνότητας των μεγαλύτερων συστατικών, πάχους έως 40 cm συνήθως, 5) σαφείς και συχνά διαβρωσιγενείς κατώτερες επιφάνειες και 6) εμφανίζονται πάντοτε στη βάση των χαμηλής πυκνότητας τουρβιδιτικών στρωμάτων (Lowe 1982, Stow 1986, 1994). Ειδικότερα, τα κατώτερα τμήματα τους με την υψηλή συγκέντρωση των επανεπεξεργασμένων νηριτικών θραυσμάτων δείχνουν να αντιστοιχούν διαδοχικά στους οριζόντες S2 και S3 της ακολουθίας των υψηλής πυκνότητας τουρβιδιτών, η οποία αποτελεί επέκταση της ακολουθίας Bouma για πολύ πιο χονδρόκοκκο μεταφερόμενο ιζήμα (Lowe, 1982, Stow, 1994). Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι, μέχρι και σήμερα, ο όρος "υψηλής πυκνότητας τουρβιδιτικά ρεύματα" θεωρείται αρκετά ασαφής και τείνει να αντικατασταθεί πλήρως από τον όρο "αμμώδεις ροές θραυσμάτων" (sandy debris flows) ο οποίος περιλαμβάνει όλο το φάσμα των διεργασιών απόθεσης των ροών θραυσμάτων, από τις συνεκτικές ιλυώδεις ροές θραυσμάτων (muddy debris flows) έως τις μη-συνεκτικές ροές κόκκων (grain flows) (Shanmugam 1996, 1997, 2000). Οι εξεταζόμενοι ρουδιτικοί ασβεσταγενίτες διαθέτουν πολλούς από τους απαιτούμενους ιστολογικούς χαρακτήρες της νέας αυτής ταξινόμησης όπως: 1) στρώματα που πλευρικά διακόπτονται απότομα (πάγκοι), 2) υψηλή συγκέντρωση μεταφερόμενων χονδρόκοκκων θραυσμάτων, 3) χαμηλό ποσοστό κύριας μάζας (ιστοί κυρίως tuffstone-gtuffstone), 4) πρόσανατολισμένα και στρωματοποιημένα τα περισσότερα συστατικά τους και 5) διαστήματα με ανάστροφο τύπο διαβάθμισης (οριζόντες S2), με αποτέλεσμα να θεωρούμε ότι ο όρος "αμμώδεις ροές θραυσμάτων" τους αντιπροσωπεύει ικανοποιητικά. Κατατάσσονται δε στην γενική κατηγορία A.2 (και πιθανότατα στην A.2.4) της ταξινόμησης των Pickering et al. (1986) που αναφέρεται σε διαβαθμισμένες και στρωσιγενείς χονδρόκοκκες αποθέσεις βαθιάς θάλασσας.

β) Κροκαλοπαγή

Περιγραφή: Τα κροκαλοπαγή βρίσκονται ενδιαστωμένα στη μεγαφάση των διαβαθμισμένων στρωμάτων, στο κέντρο περίπου του λατομείου, σχηματίζοντας έναν σχεδόν συνεχή οριζόντα γεωμετρίας φακού, μέγιστου πάχους 2,1 m και μήκους 10 -15 m και σε γωνιώδη ασυμφωνία με τα υποκείμενα διαβαθμισμένα στρώματα (Εικ. 2). Τα χρώματά τους είναι καστανόλευκα έως γκριζοκάστανα. Τα τεμάχια τους (κροκάλες) παρουσιάζονται μέτρια ως πολύ καλά στρογγυλεμένα και με συνήθη μεγέθη χαλικιού ή και μεγαλύτερα (σπάνια έως 50-60 cm). Πρωτογενείς αποθετικές δομές (π.χ. στρώση κ.ά.) γενικά δεν παρατηρούνται με εξαίρεση μία σχετική διαβάθμιση των κροκαλών κυρίως στις άκρες του οριζόντα (Εικ. 3b). Οι κροκάλες αποτελούνται γενικά από σκελετικούς ασβεσταγενίτες και λεπτόκοκκους ασβεστολουτίτες. Η κύρια μάζα που διατηρείται κατέχει πολύ χαμηλό ποσοστό και αποτελείται από μαργαϊκής υψής ανθρακική ιλύ. Ανάλυση με ακτίνες-X στο αδιάλυτο υπόλειμμα αυτής, έδειξε ένα κλαστικό υλικό συνολικού ποσοστού περίπου 0,66% συνιστάμενο από ιλλίτη, σμηκίτη, κωσινίτη, βερμικουλίτη και α-χαλαζία. Η ανάλυση μικροφάσεων σε όσο το δυνατό αντιπροσωπευτικά δείγματα κροκαλών έδωσε τους ακόλουθους κύριους τύπους μικροφάσεων:

1. **Mudstone-wackestone** με πελαγικά τρηματοφόρα όπως *Globigerina*, *Globigerinathea*, *Cerroazulensis-cerroazulensis*, *Truncorotaloides*, και *Orbulinoides becmani* (Μ.Ηώκαινο - ανώτερο τμήμα του Μέσου Κωκάνου), συνήθως έντονα βιοαναμοχλευμένα.
2. **Wackestone-packstone** με πελαγικά τρηματοφόρα αλλά και νηριτικά θραύσματα.
3. **Packstone-grainstone** με άφθονα νηριτικά στοιχεία, όπως *Nummulites*, *Discocyclina*, *Alveolina*, μαλάκια, γαστερόποδα, φύκη και εχινοειδή αλλά και αρκετά πελλοειδή καθώς και πελαγικούς ενδοκλάστες.

Ερμηνεία: Τα εξεταζόμενα ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή ερμηνεύονται ως αποθέσεις ροών θραυσμάτων (debris flows) (Lowe 1976, 1982), οι οποίες συνιστούν μία από τις κυριότερες διεργασίες επαναϊζηματοποίησης στα περιβάλλοντα των κλιτύων (Mullins and Cook 1986, Stow 1986, 1994). Κύρια κριτήρια για την ερμηνεία τους αποτέλεσαν: 1) η ανάπτυξη τους με μορφή φακού, 2) η πτωχή ταξινόμηση, 3) η έλλειψη γενικά πρωτογενών εσωτερικών δομών, 4) τα απότομα και σαφή όρια τους, με την κατώτερη επιφάνεια τους διαβρωσιγενή και 5) η μεγάλη ποικιλία φάσεων των συστατικών τους, από αβαθείς νηριτικές έως βαθιές πελαγικές. Κατατάσσονται δε, στην τάξη A.1.1 των μη-οργανωμένων και αυτοσυγκρατούμενων ρουδιτικών αποθέσεων της ταξινόμησης των Pickering et al. (1986) που συναντώνται στα πιο απομακρυσμένα τμήματα των κλιτύων, κοντά στη λεκάνη (Enos and Moore, 1983, Mullins et al. 1984, Mullins and Cook 1986).

Βέβαια, οι ροές θραυσμάτων ή συνεκτικές ροές θραυσμάτων, όπως επίσης συχνά αποκαλούνται (Lowe 1982, Stow 1994), περιέχουν μεγάλο ποσοστό κύριας μάζας και γενικά δείχνουν μη-αυτοστηριζόμενους ιστούς, αντίθετα δηλαδή με τα υπό μελέτη κροκαλοπαγή που παρουσιάζονται γενικά αυτοσυγκρατούμενα. Ωστόσο, η απουσία σημαντικού ποσοστού κύριας μάζας δεν αποκλείει την ερμηνεία τους ως αποθέσεις ροών θραυσμάτων, αφού έχει παρατηρηθεί ότι ακόμη και ένα ποσοστό κύριας μάζας <5% του συνολικού όγκου της ροής είναι ικανό να προσδώσει σημαντική ανωσιτική δύναμη στους διάφορους κλάστες και να τους μεταφέρει σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Επιπλέον, η διατήρηση του λεπτομερούς υλικού στην τελική μορφή μίας τέτοιας ροής εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως, έκπλυση του ιζήματος από τη δράση των κυμάτων του πυθμένα κατά

μήκος του οποίου μεταφέρεται, αφυδάτωση του ιζημάτος κατά τη λιθοποίηση του, μεταποθετική συμπίεση και ιδιαίτερα διάλυση από πίεση (Enos 1977, Enos and Sawatsky 1981, Enos and Moore 1983, Shinn and Robbin 1983, Melim and Scholle 1995).

γ) Πτυχωμένα ασβεστολουτιτικά στρώματα

Περιγραφή: Η τρίτη μεγαφάση της υπό μελέτη ακολουθίας εμφανίζεται μεταξύ των διαβαθμισμένων ασβεσταρενιτών-ασβεστολουτιτών και των κροκαλοπαγών και αφορά έναν μικρό αριθμό πτυχωμένων στρωμάτων (κατακεκλιμένες πτυχές) τοποθετημένων ασύμφωνα πάνω στα υποκείμενα διαβαθμισμένα στρώματα (Εικ. 2). Δυστυχώς η προσέγγισή τους για λεπτομερή μελέτη δεν είναι εύκολη λόγω του ύψους στο οποίο βρίσκονται. Ωστόσο είναι σαφές ότι πρόκειται για ασβεστολουτιτικά στρώματα που συνιστούν πελαγικές-ημιπελαγικές αποθέσεις, οι οποίες έχουν μελετηθεί εκτενώς σε άλλες εμφανίσεις των Ηωκαινικών σχηματισμών στη Ζάκυνθο (Κατή, 1999). Έχουν δε μία σαφή κοίλη προς τα πάνω κατώτερη επιφάνεια και μία σχετικά επίπεδη και ελαφρώς διαβρωσιγενή ανώτερη επιφάνεια. Το μήκος τους είναι περίπου 5m με μία διόγκωση περίπου 2,5 m στο κορυφαίο της πτυχής.

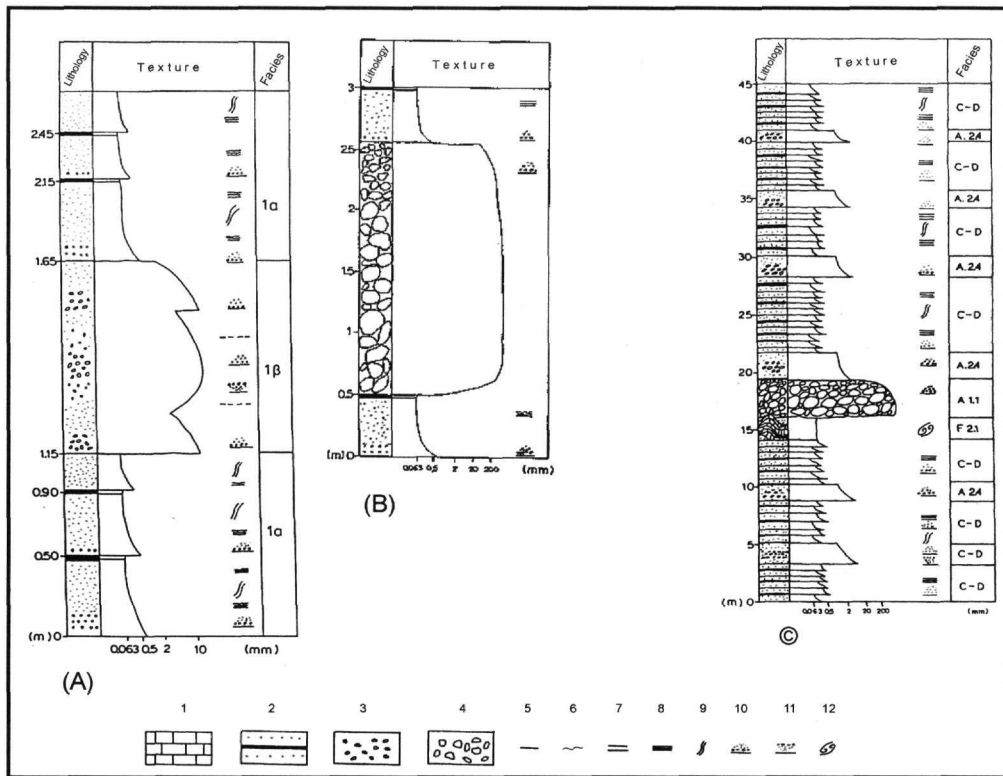
Ερμηνεία: Τα εξετασθέντα στρώματα ερμηνεύονται ως συνιζηματογενείς πτυχοειδείς μορφές (slumps) και συνιστούν δηλαδή μάζες προϋπαρχόντων ιζημάτων που έχουν μετακινηθεί πλευρικά πάνω στο θαλάσσιο πυθμένα, μέσω ολίσθησης και περιστροφής, διατηρώντας την συνοχή τους. Η μεγάλη εσωτερική τους παραμόρφωση, αναγκαίο κριτήριο για την ερμηνεία τους, έχει συνιζηματογενή χαρακτηριστικά και δεν αποτελεί προϊόν τεκτονικής παραμόρφωσης λόγω: α) της διαφορετικής τους σύστασης από τα περιβάλλοντα στρώματα, β) της παρουσίας अपαραμόρφωτων στρωμάτων πάνω και κάτω από αυτά, γ) του διαβρωσιγενούς χαρακτήρα της ανώτερης επιφάνειάς τους και δ) της σχετικά οριζόντιας κατώτερης επιφάνειας των διαβαθμισμένων στρωμάτων όπου και όταν αυτά αποτελούν τα αμέσως υπερκείμενα στρώματα. Ιζηματογενείς αποθέσεις με τέτοιους χαρακτήρες παραμόρφωσης μπορεί να δημιουργηθούν σε οποιοδήποτε βάθος της κλιτύς αλλά ο σχηματισμός τους εννοείται ιδιαίτερα σε κλιτύς με απότομα περιθώρια, ταχεία απόθεση, λεπτόκοκκο ιζημα και απουσία σημαντικής λιθοποίησης. Οι δύο πρώτες συνθήκες επικρατούν κυρίως στην ανώτερα τμήματα ενώ οι δύο τελευταίες στα κατώτερα τμήματα των κλιτύων (Schlager and Chermak 1979, Enos and Moore 1983, Mullins et al. 1984, Mullins and Cook, 1986). Κατατάσσονται δε, στην τάξη F2.1 της ταξινόμησης των Pickering et al. (1986), που αναφέρεται στα διαταραγμένα και μικροπτυχωμένα στρώματα των βαθιών θαλάσσιων περιβαλλόντων.

4. ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΦΑΣΕΩΝ

Αν και γενικότερα η κατανομή των Ηωκαινικών φάσεων στο χώρο παρουσιάζει μεγάλη διασπορά (Κατή, 1999), λόγω κυρίως της διάβρωσης και του έντονου τεκτονισμού που έχουν επηρεάσει την ευρύτερη περιοχή, ωστόσο η συνάθροιση φάσεων στην τομή των Αγίων Πάντων - τουρβιδίτες - πτυχωμένα στρώματα ολίσθησης - ροές θραυσμάτων - είναι χαρακτηριστική για την αναγνώριση του περιβάλλοντος απόθεσής τους (Εικ. 3c). Συγκεκριμένα, συναθροίσεις επαναϊζηματοποιημένων φάσεων με σχήματα C-D+F+A, στις οποίες ιδιαίτερα επικρατούν οι μεσόκοκκοι έως λεπτόκοκκοι χαμηλής πυκνότητας τουρβιδίτες, όπως στις υπό μελέτη Ηωκαινικές, αναπτύσσονται γενικά στα εξωτερικά τμήματα των ανθρακικών κλιτύων (outer slope) (Schlager and Chermak, 1979, Mullins et al. 1984, Mullins and Cook, 1986). Ειδικότερα, τομές με μεγάλο αριθμό "ατελών τουρβιδιτών" και μικρή παρουσία των οριζόντων Α ή και Β της ακολουθίας Bouma θεωρούνται ως οι πιο απομακρυσμένες θέσεις του μεταφερόμενου ιζημάτος από την πηγή τροφοδοσίας, ενώ επιπλέον η συνύπαρξή τους με αμμώδεις ροές θραυσμάτων (ή υψηλής πυκνότητας τουρβιδίτες), χαρακτηρίζει κατά κύριο λόγο την άκρη της κλιτύς προς τη λεκάνη (toe-of-slope facies) (Mullins and Cook 1986, Tucker and Wright 1990, Stow 1994).

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ανάλυση και η ερμηνεία των φάσεων με βάση τους μηχανισμούς απόθεσης έδειξε ότι οι Ηωκαινικοί σχηματισμοί στην τομή των Αγίων Πάντων συνίστανται αποκλειστικά από επαναϊζηματοποιημένες ανθρακικές φάσεις που αποτέθηκαν κυρίως μέσω των διεργασιών των ροών ιζημάτων από βαρύτητα. Αντιπροσωπεύονται δε, από τουρβιδίτες υψηλής αλλά κυρίως χαμηλής πυκνότητας, αποθέσεις ροών θραυσμάτων και κάποια πτυχωμένα στρώματα από ολίσθηση πελαγικής-ημιπελαγικής σύστασης. Το περιβάλλον απόθεσης τους ήταν τα εξωτερικά τμήματα μίας ανθρακικής κλιτύς και συγκεκριμένα της κλιτύς της Ηωκαινικής πλατφόρμας, η ύπαρξη της οποίας αν και δεν πιστοποιήθηκε άμεσα τόσο στην υπό μελέτη όσο και στην ευρύτερη περιοχή (Κατή, 1999) δηλώνεται έμμεσα από το επαναϊζηματοποιημένο υλικό του υφαλικού περιθωρίου της. Ωστόσο εδώ, οι άφθονοι νηριτικοί βιοκλάστες στη σύσταση των τουρβιδιτών και των αποθέσεων των ροών θραυσμάτων



Εικ. 3. (Α) Λιθοστρωματογραφική στήλη τμήματος των διαβαθμισμένων στρωμάτων (Υποφάσεις: 1α:εναλλαγές ασβεσταρενιτών-ασβεστολουτιτών με μαργαικούς οριζόντες, 1β: ρουδιτικοί ασβεσταρενίτες), (Β) Λιθοστρωματογραφική στήλη της φάσης των κροκαλοπαγών, (Γ)Συνάθροιση φάσεων των Ηωκαινικών ασβεστολίθων στο λατομείο των Αγίων Πάντων: τουρβιδίτες-πτυχωμένα στρώματα ολίσησης-ροές θραυσμάτων. (Υπόμνημα: 1.ασβεστολουτιτίτες, 2.ρουδιτικοί ασβεσταρενίτες, 3.κροκαλοπαγή, 4.διαβαθμισμένοι ασβεσταρενίτες-ασβεστολουτιτίτες, 5.επίπεδη επαφή, 6.διαβρωσιγενής επαφή, 7.παράλληλη στρώση, 8.ελασματοποίηση, 9.βιοαναμόχλευση, 10.κανονική διαβάθμιση, 11.ανάστροφη διαβάθμιση, 12.πτυχωειδής δομή ολίσησης).

Fig. 3. (A) Lithostratigraphic column of part of the graded beds (Subfacies: 1a:alternations of calcarenite-calcilitite with marly horizons, 1b:ruditic calcarenites), (B) Lithostratigraphic column of the conglomerates facies, (C) Facies association of the Eocene limestone: turbidites - slumps, debris flows. (Legend: 1.calcilitites, 2.ruditic calcarenites, 3.conglomerates, 4.graded calcarenites-calcilitites, 5.plane contact, 6.erosional contact, 7.parallel bedding, 8.lamination, 9.biturbation, 10.normal grading, 11.reverse grading, 12.slump).

υποδεικνύουν ως κύρια πηγή τροφοδοσίας τους μία ενεργή αποικία εχινοειδών και βενθονικών τρηματοφόρων πιθανότατα στα εξωτερικά βαθύτερα τμήματα του περιθωρίου της πλατφόρμας (ή και στην αρχή της κλιτύς), παρά τα πολύ ρηχά τμήματα αυτού, όπως δηλώνει και η ολοκληρωτική απουσία επανεπεξεργασμένων τεμαχών βιολιθιτών που παρατηρήθηκαν σε αφθονία σε άλλες εμφανίσεις των Ηωκαινικών σχηματισμών στη Ζάκυνθο (Καπί, 1999).

Ο τρόπος οργάνωσης και η κατανομή των διαφόρων φάσεων στην παρούσα τομή δίνουν επιπλέον πληροφορίες για τη γεωμετρία του χώρου μέσα στον οποίο αποτέθηκαν οι εξεταζόμενοι σχηματισμοί. Ειδικότερα, παρά το ότι η εμφάνιση των αποθέσεων των υψηλής πυκνότητας τουρβιδιτών (αμμωδών ρούν θραυσμάτων) δεν είναι συνεχής σε όλο το μήκος της τομής, ωστόσο οι Ηωκαινικοί τουρβιδίτες συνολικά δείχνουν να αναπτύσσονται σε καλά οργανωμένους "λεπτότερους και λεπτόκοκκους προς τα πάνω κύκλους", ο αριθμός των οποίων ελαττώνεται προς την κορυφή της τομής και τελικά επικρατούν μόνο οι ατελείς σειρές τουρβιδιτών, υποδεικνύοντας μία σταδιακή αύξηση της απόστασης από την πηγή τροφοδοσίας αλλά και ένα σημαντικό βάθος απόθεσης για αυτούς. Έτσι, ο χώρος μέσα στον οποίο τελικά αποτέθηκαν οι υπό μελέτη τουρβιδίτες

πρέπει να ήταν ένα σχετικά στενό αλλά βαθύ "χαμηλό" του θαλάσσιου πυθμένα, αναπτυγμένο παράλληλα στα κανονικά ρήγματα τα οποία οριοθετούν τους Ηωκαινικούς αυτούς σχηματισμούς από τις ρηχές φάσεις της ανωκρητιδικής ασβεστολιθικής ακολουθίας. Η υπόθεση αυτή δικαιολογείται άμεσα και από την τεκτονική δραστηριότητα που έχει δημιουργήσει στον ευρύτερο χώρο "υψηλά" και "χαμηλά" οφειλόμενα σε συνιζηματογενή κανονικά ρήγματα (Sorel 1976) ή συστήματα κανονικών ρηγμάτων ελεγχόμενα από οπισθοχωρούσα κλιμακωτή διάταξη (Accordi and Carbone 1992). Γενικότερα έχει δειχθεί ότι ανάλογα ρηματογόνα συστήματα δημιουργούν αντίστοιχες θέσεις απόθεσης κατά μήκος των ρηγμάτων (Gibbs 1984, Eberli 1987).

Επίσης, η παρουσία των στρωμάτων του slump υποδεικνύει ότι ο θαλάσσιος πυθμένας που δεχόταν τα ιζήματα αυτά, το προαναφερόμενο "χαμηλό", δεν ήταν εντελώς οριζόντιος αλλά παρουσίαζε μία ελαφρά κλίση προς την λεκάνη, απαραίτητη για να λάβει χώρα η ολίσθηση και η μετατόπιση των στρωμάτων του slump, που είχαν ήδη αποτεθεί σε ψηλότερα τμήματα της κλιτύς. Τέλος, ο τρόπος ανάπτυξης των αδρομερών αποθέσεων των ροών θραυσμάτων υποδεικνύει και την ύπαρξη μικρών εσωτερικών διαβρωσιγενών καναλιών στον ευρύτερο χώρο απόθεσης, ενώ τα άφθονα αβαθή επαναϊζηματοποιημένα υλικά τους επιβεβαιώνουν τη λειτουργία των σύγχρονων ενεργών "υψηλών" του θαλάσσιου πυθμένα.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θερές ευχαριστίες εκφράζω προς τον Καθηγητή P. Scholle για τις χρήσιμες συζητήσεις και συμβουλές κατά τη διάρκεια της μελέτης, τον Αναπλ. Καθηγητή N. Solakius του Πανεπιστημίου Lund στη Σουηδία για τη βοήθειά του στην αναγνώριση των ειδών των τρηματοφόρων και τον βοηθό κ. X. Παπαγεωργίου του Γεωλογικού τμήματος του Πανεπιστημίου Αθηνών για την βοήθειά του στο ύπαιθρο και τις χρήσιμες υποδείξεις του στο κείμενο της εργασίας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ACCORDI, G. & CARBONE, F., 1992. Lithofacies map of the Hellenide Pre-Apulian zone (Ionian Islands, Greece). *Cons. Nazion. Ricer., Spec. Publ.*, 27p., Roma.
- ACCORDI, G., CARBONE, F. & PIGNATTI, J., 1998. Depositional history of a Paleogene carbonate ramp (western Cephalonia, Ionian islands, Greece): *Geol. Roman.*, 34: 131-205.
- AUBOUIN, J., 1959. Contribution a l' etude geologique de la Grece septentrionale: les confins de l' Epire et de la Thessalie. *Ann. Geol. pays Hell.*, Athens.
- AUBOUIN, J., 1965. *Geosynclines*. Elsevier Publishing Company, Amsterdam, New York.
- AUBOUIN, J. & DERCOURT, J., 1962. Zone Preapulienne, zone ionienne et zone du Gavrovo en Peloponnese occidental. *Bull. Soc. Geol. France*, 7, IV: 785-794.
- AUBOUIN, J., BONNEAU, M., DAVIDSON, J., LEBOULENGER, P., MATESCO, S. & ZAMBETAKIS, A., 1976. Esquisse structurale de l' Arc egeen externe: des Dinarides aux Taurides. *Bull. Soc. Geol. France*, 18(2): 327-336.
- BERNOULLI, D. & LAUBSCHER, H., 1972. The Palinspastic Problem of the Hellenides. *Eclog. geol. Helv.*, 65: 107-118.
- BOUMA, A.H., 1962. *Sedimentology of Some Flysch Deposits: A Graphic Approach to Facies Interpretation*. Elsevier, Amsterdam, p.168.
- CREVELLO, P.D. & SCHLAGER, W., 1980. Carbonate debris sheets and turbidites, Exuma Sound, Bahamas. *Journ. Sedim. Petrol.*, 50: 1121-1148.
- DERCOURT, J., RICOU, L.E. & VRIELYNCK, B., 1993. *Atlas Tethys palaeoenvironmental maps*. Gauthier-Villars, Paris, p. 307.
- ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ, Μ.Δ., 1978. Στρωματογραφία και ιστορία ιζηματογενέσεως του Μειοκαινού της νήσου Ζακύνθου. *Ann. Geol. pays Hell.*, 29: 47-186.
- EBERLI, G.P., 1987. Carbonate turbidite sequences deposited in rift-basins of the Jurassic Tethys Ocean (eastern Alps, Switzerland). *Sedimentology*, 34: 363-388.
- ENOS, P., 1977. Tamabra limestone of the Poza Rica trend, Cretaceous, Mexico. *Soc. Econ. Pal. Min. Sp. Publ.*, 25: 273-314.
- ENOS, P. & MOORE, C.H., 1983. Fore-reef slope. In: Scholle, P.A., Bebout, D.G. and Moore, G.H., (eds) "Carbonate Depositional Environments". *Mem. Am. Ass. Petrol. Geol.*, 33: 507-538.
- ENOS, P. & SAWATSKY, L.H., 1981. Pore networks in Holocene carbonate sediments. *Journ. Sedim. Petrol.*, 51: 961-985.
- GIBBS, A.D., 1984. Structural evolution of extensional basin margins. *Journ. Geol. Soc. Lond.*, 141: 609-620.
- HORSTMANN, G., 1967. *Geologie de la partie meridionale de l' ile de Zante*. These Univ. Paris, pp. 127.
- I.G.M.E., 1980. *Geological Map of Greece, Zakynthos Island*. Athens.

- KATH, M., 1999. Απόθεση - διαγένεση - εξέλιξη πορώδους των Ηωκαινικών σχηματισμών της Προαπούλιας ζώνης στη νήσο Ζάκυνθο. Διδ.Διατρ., Πανεπιστήμιο Αθηνών, 305 σελ.
- LOWE, D.R., 1979. Sediment gravity flows: their classification and some problems of application to natural flows and deposits. In: Doyle, L.J. and Pilkey, O.H. (eds) "Geology of continental slopes". Sp. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner., 27: 75-82.
- LOWE, D.R., 1982. Sediment gravity flows: II. Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. Journ. Sedim. Petrol., 52: 279-297.
- MELIM, L.A. & SCHOLLE, P.A., 1995. The foreereef facies of the Permian Capitan Formation: the role of sediment supply versus sea-level changes. Journ. Sedim. Research, B65: 107-118.
- MIDDLETON, G.V. & HAMPTON, M.A., 1973. Sediment Gravity Flows: Mechanics of Flow and position. In: Middleton, G.V. and Bouma, A.H. (eds) "Turbidites and deep water sedimentation". Soc. Econ.Paleont. Miner. Pacif. Sect. Short Course, 1-38.
- MIPKOY, P.M., 1974. Στρωματογραφία και γεωλογία του βορείου τμήματος της νήσου Ζακύνθου. Ann. Geol. pays Hellen., 26: 35-108.
- MOUNTRAKIS, D., 1985. Geology of Greece. University Studio Press, Thessaloniki, 207pp., (in Greek).
- MULLINS, H.T. & COOK, H.E., 1986. Carbonate apron models: alternatives to the submarine fan model for paleoenvironmental analysis and hydrocarbon exploration. Sediment. Geol., 48: 37-79.
- MULLINS, H.T., HEATH, K.C., VAN BUREN, H.M. & NEWTON, C.R., 1984. Anatomy of modern open-ocean carbonate slope: Northern Little Bahama Bank. Sedimentology, 31:141-168.
- MUTTI, E., & RICCI LUCCHI, F., 1972. Le torbiditi dell' Appennino Settentrionale: introduzione all' analisidi facies. Mem. Soc. geol. Ital., 11: 161-199.
- NARDIN, T.R., HEIN, F.J., GORSLINE D.S.& EDWARDS, B.D., 1979. A review of mass movement processes, sediment and acoustic characteristics, and contrasts in slope and base-of-slope systems versus canyon-fan-basin floor systems. In: Doyle, L.J. and Pilkey, O.H. (eds) "Geology of continental slopes". Sp. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner., 27: 61-73.
- PAPANIKOLAOU, D., 1986. Geology of Greece. Athens: Eptalofos, 240pp., (in Greek).
- PICKERING, K.T., STOW, D.A.V., WATSON, M. & HISCOTT, R.N. 1986. Deep-water facies, processes and models: a review and classification scheme for modern and ancient sediments. Earth Sci. Rev., 22: 75-174.
- RENZ, C., 1955. Die vorneogene stratigraphie der normalsedimentaren Formationen Griechenlands. I.G.S.R., Athens.
- ROBERTSON, A.H.F., CLIFT, P.D., DEGNAN, P.J. & JONES, G. 1991. Paleogeographic and paleotectonic evolution of the Eastern Mediterranean Neotethys. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 87, 289-344.
- SCHLAGER, W. & CHERMAK, A., 1979. Sediment facies of platform-basin transition, Tongue of the Ocean, Bahamas. In: Doyle, L.J. and Pilkey, O.H. (Eds) "Geology of Continental Slopes". Sp. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner., 27: 193-207.
- SHANMUGAM, G., 1996. High-density turbidity currents: are they sandy debris flows? Journ. Sedim. Petrol., 66: 2-10.
- SHANMUGAM, G., 1997. The Bouma sequence and the turbidite mind set. Earth Sci. Rev., 42: 201-229.
- SHANMUGAM, G., 2000. 50 years of the turbidite paradigm (1950s-1990s): deep-water processes and facies models-a critical perspective. Mar.Petrol. Geol., 17: 285-342.
- SHINN, E.A. & ROBBIN, D.M., 1983. Mechanical and chemical compaction in fine grained shallow-water limestones. Journ. Sedim. Petrol., 53: 595-618.
- STOW, D.A.V., 1986. Deep clastic seas. In: Reading, H.G. (ed) "Sedimentary Environments and Facies". Blackwell Scientific Publications, Oxford, 399-444.
- STOW, D.A.V., 1994. Deep sea processes of sediment transport and deposition. In: Pye, K. (ed) "Sediment Transport and Depositional Processes". Blackwell Scientific Publications, Oxford, 257-291.
- SOREL, D., 1976. Tectonique et neotectonique de la zone preapulienne. Bull. Soc. geol. France, 7, XVIII 2: 383-384.
- ΤΡΙΑΝΤΑΦΥΛΛΟΥ, Μ., 1996. Βιοστρωματογραφικές και οικοστρωματογραφικές παρατηρήσεις με βάση τα αβεστολιθικά ναννοαπολιθώματα, των Πλείο - Πλειστοκαινικών ιζημάτων της ανατολικής Μεσογείου. ΓΑΙΑ, No 1, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- TUCKER, M.E. & WRIGHT, V.P., 1990. Carbonate Sedimentology. Blackwell Scientific Publications, Oxford, p. 482.
- WALKER, R.G., 1965. The origin and significance of the internal sedimentary structures of turbidites. Proc. Yorks. Geol. Soc., 35: 1-32.