

ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΔΙΑΠΕΙΡΙΣΜΟΥ ΙΛΥΟΣ ΣΤΗΝ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΤΑΞΥ ΚΩ ΚΑΙ ΚΑΛΥΜΝΟΥ, ΝΑ ΑΙΓΑΙΟ: ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ*

Κ. ΠΕΡΙΣΟΡΑΤΗΣ¹, Γ. ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ², Ε. ΖΗΜΙΑΝΙΤΗΣ¹

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Προκαταρκτική εξέταση στοιχείων από την θαλάσσια περιοχή μεταξύ Κώ-Καλύμνου έδειξε την παρουσία διαπειρών ιλύος, που εμφανίζονται στην επιφάνεια του πυθμένα με μορφή ομαλών αναβολώσεων και εξαωμάτων ύψους 4 έως 18μ. και εύρους 50 έως 250μ. σε βάθος θαλάσσης από 290 έως 520 μ.

Το στρώμα δημιουργίας των διαπειρών βρίσκεται σε βάθος περίπου 20μ. κάτω από τον πυθμένα έχει ποικίλο πάχος (έως 60μ.) και έχει χαρακτηριστικά απόθεσης ροής η/και κορημάτων. Λόγω της μαζικής απόθεσης του στρώματος, εγκλωβίστηκαν α' αυτό σημαντικές ποσότητες ρευστών (κυρίως ύδατος) που σε συνδυασμό με την απόθεση του επικείμενου στρώματος φαίνεται ότι δημιούργησαν συνθήκες υψηλής πίεσης μεταξύ των κόκκων του ιζήματος με αποτέλεσμα την διείσδυση του στο ανώτερο στρώμα με την μορφή διαπειρών.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Ν.Α.Αιγαίο, διάπειροι ιλύος, αποθέσεις ροής /κορημάτων

ABSTRACT

Preliminary evaluation of data collected from the marine area between Kos and Kalimnos islands have indicated presence of mud diapirs. They appear on the sea floor as small domes and shills, with a height from 4 to 18m and width 50 to 350m. They occur in water depths from 290 to 520m.

The diapirs are originated from a transparent layer, lying about 20m below sea bottom, which has variable thickness (up to 60m) and characteristics of a debris/mud flow deposit. This process usually results in the entrapment of considerable amounts of fluids, mainly water, within the sediment. The subsequent loading because of the deposition of the overlying sediments probably produced high pore pressure within the sediment of transparent layer resulting in its diapiric intrusion into and through the overlying bed.

KEY WORDS: SE Aegean, Mud diapirism, debris/mud flow deposits.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ως διαπειρισμός ιλύος (ή αργίλλων -mud diapirism) αναφέρεται το φαινόμενο της διείσδυσης ιλύος από τα κατώτερα υποστρώματα του θαλάσσιου πυθμένα προς τα ανώτερα. Η διείσδυση αυτή φθάνει μερικές φορές και στην επιφάνεια του πυθμένα όπου δημιουργούνται υψώματα ομαλού αναγλύφου με μορφή μεμονωμένων εξαωμάτων ή κυματοειδών πτυχώσεων. Φαινόμενα διαπειρισμού ιλύος έχουν αναφερθεί από περιοχές υφαλοπλασίων (continental margins Hovland and Judd, 1988), αλλά και

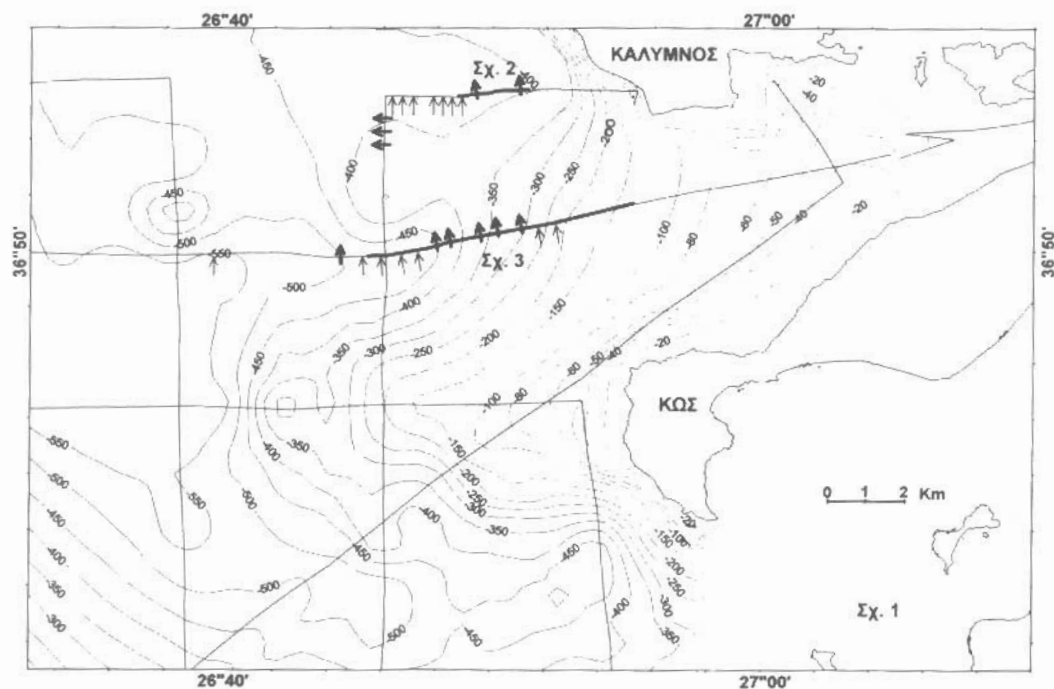
* OCCURRENCE OF MUD DIAPIRISM IN THE MARINE SECTOR BETWEEN KOS AND KALYMNOS ISLANDS, SE AEGEAN: PRELIMINARY RESULTS.

¹ Γεωλόγοι, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών

² Σεισμολόγος, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών

βαθύτερες ωκεάνιες περιοχές όπως η ράχη των νήσων Barbados (LANGSETH et al., 1988) και η τάφρος της Ιαπωνίας (OGAWA and KOBAYASHI, 1993). Ακόμη θεωρείται ότι η κεντρική Μεσογειακή ράχη αποτελεί ένα εκτεταμένο πεδίο διατειρών ιλύος (Hieke, 1996). Επομένως το φαινόμενο αυτό απαντά και σε ποικίλα γεωτεκτονικά περιβάλλοντα.

Στην εργασία αυτή περιγράφονται φαινόμενα διατειρισμού ιλύος που παρατηρήθηκαν στον θαλάσσιο πυθμένα και στα υποστρώματά του στην θαλάσσια περιοχή μεταξύ Κω και Καλύμνου στο ΝΑ Αιγαίο (Σχ.1).



Σχ. 1: Περιοχή μελέτης και διαδρομές σεισμικών ανακλάσεων. Τα βέλη δείχνουν την θέση των διατειρών που εμφανίζονται στον πυθμένα (παχιά βέλη) ή βρίσκονται κάτω από αυτόν (λεπτά βέλη).

Fig.1: Study area and location of seismic profiling used. Thick arrows indicate presence of mud diapirs on the sea floor thin arrows indicated diapirs below the sea floor.

Οι έρευνες έγιναν τον Ιούλιο 1994, στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος CITEC που πραγματοποιήθηκε στο ηφαιστειακό τόξο του Ν.Αιγαίου, και περιελάμβανε σεισμικές διασκοπίσεις με συστήματα Sparker και 3.5 KHz και πυρηνοληψίες με πυρηνολήπτη βαρύτητας.

2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Μορφολογικά η περιοχή μεταξύ Κω και Καλύμνου σχηματίζει μια ευρεία κοιλάδα η κορυφή της οποία βρίσκεται στον διάλογο μεταξύ των δύο νησών. Ο άξονάς της κοιλάδας αυτής βυθίζεται προς τα δυτικά σε βάθος που υπερβαίνει τα 500μ. Νότια η κοιλάδα περιορίζεται από μια υποθαλάσσια ράχη που είναι προέκταση του δυτικού άκρου της νήσου Κω, ενώ βόρεια φαίνεται ότι ο πυθμένας της κατέρχεται περισσότερο σχηματίζοντας ένα ευρύτερο βύθισμα, που αποτελεί τμήμα της λεκάνης της Αμοργού. Τα ιζήματα είναι αδρομερή (άμμοι, πηλούχοι άμμοι) μέχρι το υφαλοδίορο που βρίσκεται στα 120μ. περίπου, ενώ βαθύτερα τα ιζήματα γίνονται λεπτόκοκκα (αιμολόχοι πηλοι, πηλούχοι άργιλοι).

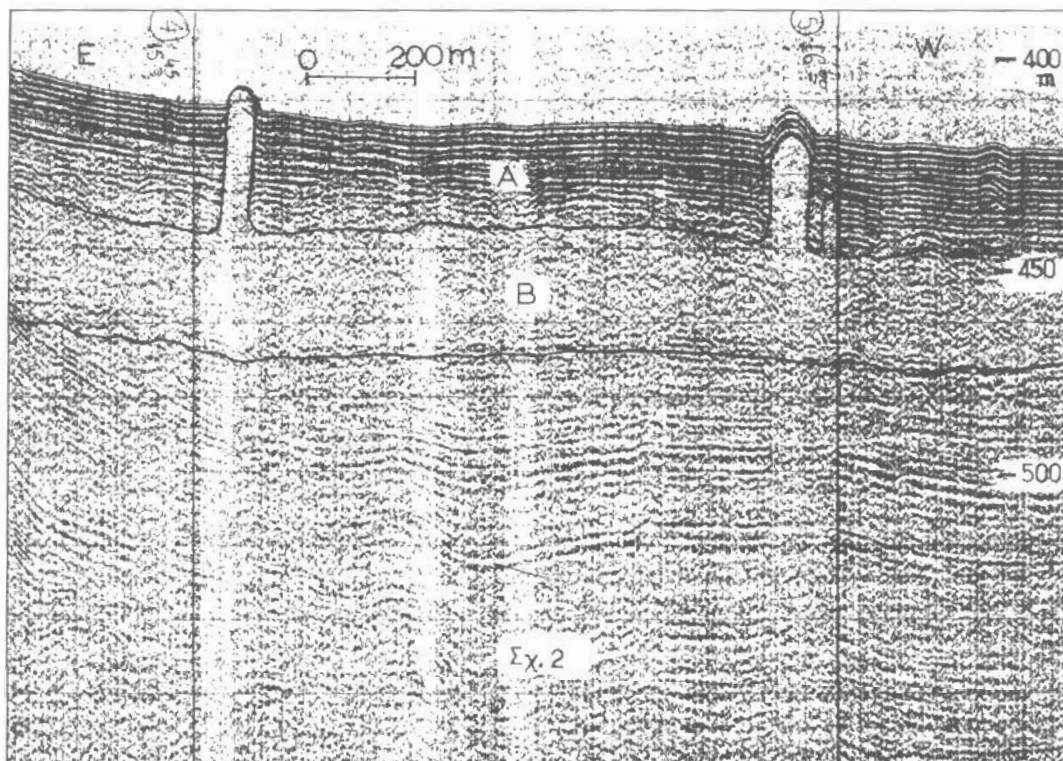
Η μελέτη των σεισμικών ανακλάσεων έγινε στο πλαίσιο της μελέτης που συντάσσεται από Πλειο-

Πλειστοκαινικά ιζηματα πάχους μερικών εκατοντάδων μέτρων που αποτελούνται από πακέτα διαφανών ή αδιαφανών ανακλαστήρων, ενώ σε μερικές περιπτώσεις εμφανίζουν χαώδη δομή. Η ευρύτερη περιοχή στην οποία ανήκει η κοιλάδα θα οριοθετείται από δύο βυθίσματα προς βορρά το βύθισμα της Σάμου-Ικαρίας και προς νότο το βύθισμα νότια της Κώ (MASCLE and MARTIN, 1990).. Τα βυθίσματα αυτά θεωρούνται ότι είναι αποτέλεσμα διαδικασίας πλευρικής μετατόπισης-εφέλκυσμού (transtentional) που δημιούργησε στο Αιγαίο μία σειρά επιμήκων τάφων.

3. ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΔΙΑΠΕΙΡΙΣΜΟΥ

Η επιφάνεια του πυθμένα της κοιλάδας σε αρκετά σημεία παρουσιάζει εξάρματα και αναθολώσεις ύψους 4μ. έως 18μ. και εύρος 50μ. έως 350μ. σε βάθος πυθμένα από 290μ έως 520μ. Τα εξάρματα αυτά διακρίνονται από τις ανυψώσεις του πυθμένα λόγω ανόδου του υποβάθρου γιατί έχουν ομαλότερο ανάγλυφο πλευρών και κορυφής, επίσης είναι διαφορετικά από τις συσσωρεύσεις ιζημάτων λόγω μαζικών μετακινήσεων γιατί οι διάπειροι συνήθως έχουν υψηλότερο λόγο ύψους/εύρους αναγλύφου.

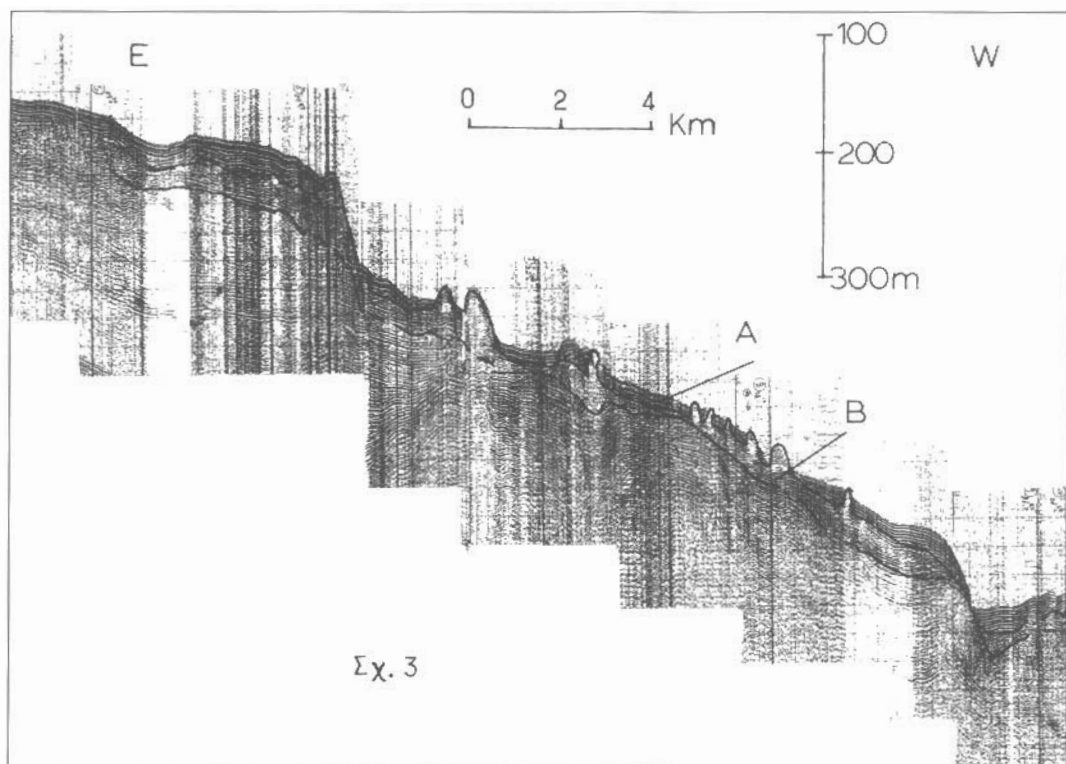
Η εξέταση των σεισμικών ανακλάσεων στην περιοχή των διαπειρών (Σχ.2,3) έδειξε ότι αμέσως κάτω από τον πυθμένα υπάρχει ένα πακέτο αδιαφανών εντόνων, συνεχών, αδιατάρακτων ανακλαστήρων-οριζόντων πάχους περίπου 20μ.(Σχ.2,3,Α) αποσφηνούμενο στις πλευρές της κοιλάδας. Κάτω από το πακέτο αυτό υπάρχει ένα ποικίλλου πάχους στρώμα, κατά τόπους πάχους έως 60μ., διαφανές που δεν παρουσιάζει εσωτερική δομή, ή μάλλον έχει χαώδη δομή, ενώ σποραδικά εμφανίζονται και εστρωμένα τμήματα αδιαφανών ανακλαστήρων (Σχ.2,3,Β). Το διαφανές αυτό στρώμα δεν φαίνεται να ακολουθεί την γενική στρωματογραφική εικόνα της περιοχής αλλά μάλλον πληροί προϋπάροχουσα μορφολογία, ανάλογα αυξανόμενο ή μειούμενο σε πάχος ή ακόμη και δημιουργώντας και θετικό ανάγλυφο.



Σχ. 2: Εικόνα των διαπειρών δυτικά της Καλύμνου. Διακρίνονται τα στρώματα Α και Β, και σημειώνονται οι διαχωριστικές επιφάνειές τους.

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

Fig.2: Mud diapirs west of Kallimnos island. The beds A and B are indicated, along with their separating horizons.



Σχ. 3

Σχ. 3: Εικόνα των διαπειρών κατά μήκος της κοιλάδας Κώ- Καλιμνίου.

Fig.3: Mud diapirs along the Kos-Kalimnos valley.

Κατά τόπους, υλικό του κατώτερου αυτού στρώματος διεισδύει στο ανώτερο καλώς εστρωμένο πακέτο ανακλαστήρων δημιουργώντας τους διάπειρους. Μετρήθηκαν συνολικά 25 διάπειροι από τους οποίους οι 11 διαπερνούν τον πυθμένα και σχηματίζουν τις αναβολώσεις που αναφέρθηκαν πιο πριν, ενώ οι υπόλοιποι 14 διεισδύσαν στο ανώτερο στρώμα χωρίς να φθάσουν στην επιφάνεια του πυθμένα. Δεν φαίνεται όμως να υπάρχει καμμία σχέση μεταξύ του βαθμού διεισδυσής των διαπειρών και άλλων παραγόντων (π.χ. βάθος θαλάσσης, πάχος ανώτερων στρωμάτων κ.λ.π.).

Το ότι οι διάπειροι έχουν αρχή και περιοχή γένεσης μόνο το διαφανές στρώμα φαίνεται από το γεγονός ότι η βάση του στρώματος δεν επηρεάζεται από την δημιουργία των διαπειρών, αλλά είναι σε άλλες περιοχές σχεδόν ελίπεδη και αδιατάρακτη και σε άλλες πληρεί την προϋπάρχουσα μορφολογία.

Θα πρέπει να σημειωθεί επίσης ότι στις εμφανίσεις των διαπειρών πηλού που έχουν περιγραφεί τόσο σε περιοχές υφαλοπλαισίου όσο και σε βαθύτερες περιοχές, το στρώμα δημιουργία των διαπειρών έχει την ίδια μορφή διαφανούς στρώματος όπως και στην παρούσα εργασία (π.χ. COLLIER and WHITE, 1990, SHEPPARD, 1973).

Η ταχύτητα δημιουργίας και ανάπτυξης των διαπειρών κατά τους COLLIER and WHITE (1990) κυμαίνεται από 2 εκ. έτη έως μερικές ημέρες.

4. ΕΞΗΓΗΣΗ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ

Το φαινόμενο του διαπειρισμού πηλού παρατηρείται όταν ίζημα μικρότερης πυκνότητας στο οποίο υπάρχουν ποσότητες ρευστών υπόκειται στρώματος μεγαλύτερης πυκνότητας με αποτέλεσμα να δημιουργείται επιπλέον "πίσηση πόρων" (pore pressure) που στις κατάλληλες συνθήκες ωθεί το κατώτερο στρώμα να διεισδύσει στο ανώτερο. Κατά τους BARBER et.al. 1986 οι αιτίες που μπορούν να προκαλέσουν την πίση στους κοκκώδεις και ιζηματογενείς φόρτιση λόγω ταξείας

ιζηματογένεσης, τεκτονική φόρτιση λόγω ελώθησης, υψηλή πίεση πόρων (pore pressure) σε μη συνεκτικούς αργιλικούς σχηματισμούς, δημιουργία στο ιζημα υδρογονανθράκων από την αποσύνθεση οργανικού υλικού, παραγωγή ύδατος από ορυκτολογικές αλλοιώσεις στις αργίλους (π.χ. μετατροπή σμηκτίτη σε ιλλίτη) και έντονη σεισμική ή/και τεκτονική δραστηριότητα.

Στην περιοχή που εξετάζεται στην εργασία αυτή, οι παρατηρήσεις που έγιναν στις σεισμικές καταγραφές δείχνουν ότι το στρώμα που δημιούργησε τους διαπείρους θα πρέπει να αποτέθηκε μαζικά σαν μία μεγάλη κατολίπηση ροής και κορημάτων. Η χαώδης δομή του, η παρουσία κατά τόπους εστρωμένων τμημάτων και το ακανόνιστο πάχος του συνηγορούν σε μία τέτοια διαδικασία απόθεσης. Στην περίπτωση αυτή η ταχεία απόθεση του διαφανούς στρώματος είχε αποτέλεσμα και τον εγκλωβισμό στο ιζημα σημαντικών ποσοτήτων ρευστών (κυρίως ύδατος), δημιουργώντας έτσι τις προϋποθέσεις δημιουργίας πίεσης ρευστών μεταξύ των κόκκων του ιζήματος. Η απόθεση του ανώτερου στρώματος αύξησε επί πλέον την εσωτερική πίεση στο ιζημα το οποίο άρχισε να διεισδύει στο ανώτερο δημιουργώντας τους διαπείρους. Η ανομοιομορφία στον βαθμό διεισδύσης που παρατηρείται υποδηλώνει ότι πρόκειται μάλλον για μια ασυνεχή διαδικασία που ξεκίνησε με την απόθεση του ανώτερου στρώματος και συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Δεν φαίνεται δηλαδή ότι η αφορμή του διαπείρισμού ήταν ένα ξαφνικό τεκτονικό ή σεισμικό γεγονός που λειτούργησε πυροδοτικά και ώθησε το κατώτερο στρώμα να διεισδύσει στο ανώτερο. Σίγουρα όμως μακροχρόνια ο συνδυασμός ιζηματογένεσης και τεκτονισμού πρέπει να έπαιξε τον αποφασιστικό ρόλο για την δημιουργία των διαπείρων στην περιοχή.

Οι ταχύτητες ιζηματογένεσης στην περιοχή των διαπείρων είναι περίπου 10 εκ/χιλιετία (ΠΕΡΙΣΟΡΑΤΗΣ και ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, in press), επομένως η ηλικία του ανώτερου στρώματος πρέπει να είναι περίπου 200.000 έτη. Εάν αυτό είναι σωστό τότε η απόθεση του κατώτερου στρώματος θα έγινε προ 200.000 ετών, δηλαδή κατά την διάρκεια της προηγούμενης μεγάλης εύρους (περίπου 120μ.) ταπεινώσης της στάθμης της θάλασσας (στάδιο 9).

Τα παραπάνω αποτελούν προκαταρκτικά συμπεράσματα ενός φαινομένου που απ' ότι γνωρίζουμε για πρώτη φορά περιγράφεται στον ευρύτερο χώρο του Αιγαίου. Θα ακολουθήσει λεπτομερέστερη μελέτη των στοιχείων που έχουν συλλεχθεί από την περιοχή εμφάνισης των διαπείρων, δηλαδή τόσο των σεισμικών καταγραφών όσο και των πυρήνων, για να διευκρινιστούν όλοι οι παράγοντες που συνέβαλαν στη δημιουργία του φαινομένου (π.χ. πυκνότητα υλικού, περιεκτικότητα σε H₂O, κοκκομετρία) και να προσδιοριστεί η συσχέτιση του με το τεκτονικό-ιζηματολογικό καθεστώς της ευρύτερης περιοχής.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε τους γεωλόγους D. Piper και Δ. Μητρόπουλο για τις ενδιαφέρουσες συζητήσεις και υποδείξεις κατά την προκαταρκτική ανάλυση των στοιχείων.

Η έρευνα χρηματοδοτήθηκε από το πρόγραμμα ENVIRONMENT της Ε.Ε. στο πλαίσιο του έργου GITEC EVSV-CT92-0175.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- BARBER, A.J., TJOKROSAPOETRO, S., AND CHARLTON, T.R., 1986: Mud volcanoes, shale diapirs, wrench faults, and melanges in accretionary complexes, Eastern Indonesia, A.A.P.G., v.70, No 11, p.1729-1741.
- COLLIER, J.S., and WHITE, R.S., 1990: Mud diapirism within indus fan sediments: Murray Ridge, Gulf of Oman. Geophys. J. Int., p.345-353.
- HIEKE, W., 1996: Geomorphological study of an area with mud diapirs south of Crete (Mediterranean Ridge). Mar.Geol. v.132, p.63-93
- HOVLAND, M., and JUDD, A.G., 1988: Seabed Pockmarks and seepages impact on Geology: Biology and the Marine environment Graham and Trotman, London, 293pp.
- LANGSETH, M.G., **Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.** Physical Survey of a Mud

- volcano seaward of the Barbados Ridge Accretionary complex, *J. G. Res.* v. 93, B2, p.1049-1061.
- MASCLE J., and MARTIN, L., 1989: Shallow structure and recent evolution of the Aegean Sea: a synthesis based on continuous reflection profiles. *Mar. Geol.* V.94, p.271-299.
- OGAWA, Y., and KOBAYASHI, K., 1993: Mud ridge on the crest of the outer swell off Japan Trench, *Mar. Geol.* V.111, 1-6.
- PERISSORATIS, C., and PAPADOPOULOS, G., (in press): Sediment instability, occurrence of large scale slumping in the southern Aegean sea, and the case history of the 1956 tsunami. *Marine Geology*.
- SHEPPARD, F.P., 1973: Sea floor off Magdalena Delta and Santa Marta Area, Colombia, G.S.A. *Bull.* V.84, p.1955-1972.