

## ΑΝΑΖΗΤΗΣΗ ΕΝΑΛΙΩΝ ΚΙΝΗΤΩΝ ΚΑΙ ΑΚΙΝΗΤΩΝ ΜΑΡΤΥΡΙΩΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΣΤΗΝ ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΑ (ΑΙΓΥΠΤΟΣ), ΜΕ ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΓΕΩΦΥΣΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ-ΠΡΟΚΑΤΑΡΚΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ\*

Γ. ΠΑΠΑΘΕΟΔΩΡΟΥ<sup>1</sup>, Α. ΣΤΕΦΑΤΟΣ<sup>1</sup>, Μ. ΓΕΡΑΓΑ<sup>1</sup>, Α. ΧΑΛΑΡΗ<sup>1</sup>, Δ. ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ<sup>1</sup>,  
Γ. ΦΕΡΕΝΤΙΝΟΣ<sup>1</sup>, Α. ΠΑΛΑΙΟΚΡΑΣΑΣ<sup>2</sup>, Χ. ΤΖΑΛΑΣ<sup>3</sup>, Μ.Ε. ΦΑΗΜΥ<sup>4</sup>, Σ.Α. ΟΜΕΡ<sup>4</sup>

### ΣΥΝΟΨΗ

Το Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας (Ε.Θ.Α.Γ.Ε.Φ.Ω.) σε συνεργασία με το Ελληνικό Ινστιτούτο Αρχαίας και Μεσαιωνικής Αλεξάνδρειας εκτελεί θαλάσσιες γεωφυσικές έρευνες στην παράκτια ζώνη της Αλεξάνδρειας (Αίγυπτος) μεταξύ Άκρα Λοχιάδος και Μοντάζας, με σκοπό την ανάπλαση της παράκτιας παλαιομορφολογίας τα τελευταία 2300 χρόνια και τον εντοπισμό κινήτων (ναυάγια) και ακινήτων (εγκαταστάσεις) μαρτυριών ανθρώπινης δραστηριότητας στον πυθμένα. Ο πυθμένας της ερευνηθείσας περιοχής είναι βραχώδους σύστασης σε ποσοστό 65%, στοιχείο που δυσχεραίνει τον εντοπισμό και την αναγνώριση στόχων αρχαιολογικής αξίας. Σε περιοχές του πυθμένα οι οποίες καλύπτονται από χαλαρά ιζήματα, εντοπίστηκε σημαντικός αριθμός στόχων που πιθανώς σχετίζονται με κινήτες μαρτυρίες ανθρώπινης δραστηριότητας. Η παρουσία επιφανειακού στρώματος οργανικής ιλύος, προϊόν της έκχυσης ανεπεξέργαστων αστικών λυμάτων, δυσχεραίνει ακόμη περισσότερο τον εντοπισμό και την αναγνώριση των στόχων. Τέλος, αν και διερευνήθηκε ένα πολύ μικρό τμήμα του πυθμένα με βάθη μικρότερα των 8.0 m, προέκυψαν ενθαρρυντικά στοιχεία για ύπαρξη καταβυθισμένων τμημάτων χέρσου ή/και εγκαταστάσεων.

### ABSTRACT

A detailed marine geophysical survey was planned and carried out in the coastal zone of Alexandria (Egypt), by the Laboratory of Marine Geology and Physical Oceanography of the University of Patras in co-operation with the Hellenic Institute of Ancient and Medieval Alexandrian Studies. The survey aimed to the detailed mapping of the geomorphological and textural features of the seafloor and the detection and recognition of targets, which may represent wrecks or man-made structures. The following equipment were used: (i) an EG&G260 corrected image side scan sonar, (ii) a Remote Operated Vehicle (R.O.V) Benthos MKII and (iii) a Trimble 4000 Differential Global Positioning System (DGPS).

The study of the sonar data has shown that the seafloor is covered by rocky outcrops and loose sediments. The rocky outcrops are layered and cover about 75% of the surveyed zone. The rest of the seafloor is covered by sandy sediments. The sonar survey identified a large number of potentially interesting targets (e.g. shipwrecks) on the sandy seafloor. These targets are located in four isolated areas. The detection and the recognition of the targets is complicated by the presence of cohesionless organic mud of anthropogenic origin.

The sonar survey has shown the presence of elongated features, which are perpendicular to the Alexandria's shoreline and parallel to the Cape Lochias. These elongated features are detected on sandy seafloor in water depth of about 5 to 8 m, have a maximum depth of about 135 m and a width ranging from 5 to 20 m. At least at one site, two of these features cross each other at a water depth of about 6 m. The visual inspection of the elongated features reveals that consist of well-shaped limestone blocks. The areal extension, the size and the geometrical shape of the elongated features, support the suggestion that some of them may be related to man-made structures.

\* A RECONNAISSANCE MARINE GEOPHYSICAL SURVEY IN ALEXANDRIA, EGYPT, FOR THE DETECTION OF ANCIENT SHIPWRECKS AND OTHER TRACES OF HUMAN ACTIVITY

1. Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας Τμήμα Γεωλογίας Παν/μιο Πατρών

2. AKTI ENGINEERING.CO.

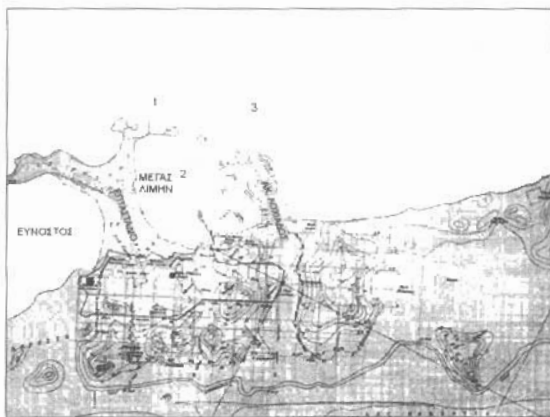
3. ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΜΕΛΕΤΩΝ ΑΡΧΑΙΑΣ ΚΑΙ ΜΕΣΑΙΩΝΙΚΗΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΕΙΑΣ & ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΤΗΣ ΝΑΥΤΙΚΗΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

4. SUPREME COUNCIL OF ANTIQUITIES OF EGYPT-Department of Underwater Archaeology, Alexandria.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### (i) Ιστορικά στοιχεία

Η Αλεξάνδρεια ιδρύθηκε από το Μέγα Αλέξανδρο το 332-331π.Χ. πάνω σε μια στενή λωρίδα γης μεταξύ της Μεσογείου και της λίμνης Μαριούτιδας (Mariut), στη θέση που υπήρχε ήδη εκεί ένα μικρό ψαράδικο χωριό το Rb-keket ή Ραχότις (Rakotis) όπως συνήθως αποκαλείται από τους Έλληνες. Η Ραχότις ήταν γνωστό λιμάνι, ήδη από τα Ομηρικά χρόνια, και είχε ναυσιπλοϊκή επικοινωνία με τους Φοίνικες και τους Κρήτες (Tzalas 2000). Ο Μέγας Αλέξανδρος επέλεξε την συγκεκριμένη θέση για να ιδρύσει την πρωτεύουσά του, γιατί αποτελούσε «συνδέσμο τινί της όλης γης», και πράγματι η θέση της Αλεξάνδρειας στον αρχαίο κόσμο ήταν μοναδική. Η θέση της βρίσκεται σε ένα κομβικό σημείο που συνδέει τις τρεις ηπείρους στις οποίες ο Μέγας Αλέξανδρος είχε εξαπλώσει την Αυτοκρατορία του (Tzalas 2000). Ο Δεινοκράτης, υπεύθυνος για την σχεδίαση και ανάπτυξη της πόλης, συνέδεσε την πόλη με τη νησίδα Φάρος που βρισκόταν μπροστά από αυτή, με μια οδό μήκους επτά σταδίων (1 στάδιο= 187 m)(Σχ.1). Το Επταστάδιο διαμόρφωσε δύο επιμέρους λιμένες στην παράκτια ζώνη της Αλεξάνδρειας. Τον ανατολικό που καλείται Μέγας Λιμένας και το δυτικό λιμένα, τον Εύνοστο (Σχ.1).



Σχ.1: Χάρτης της Αλεξάνδρειας (Carte de l'Antique Alexandrie et de ses Faubourges) σχεδιασμένος από τον Mahmoud Bey el Falaki το 1865-66. [(1):Περιοχή ερευνών γαλλικής αποστολής J.Y.Empereur, (2)Περιοχή ερευνών γαλλικής αποστολής F.Goddio, (3):Περιοχή ερευνών Ελληνικής αποστολής Ινστιτούτου Μελετών Αρχαίας κ' Μεσαιωνικής Αλεξάνδρειας] (Τζάλας 2000).

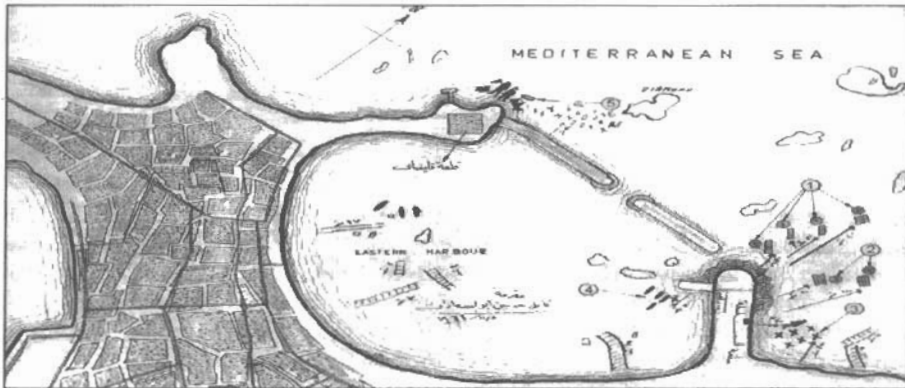
Fig.1: Map of Alexandria (Carte de l'Antique Alexandrie et de ses Faubourges) designed by Mahmoud Bey el Falaki in 1865-66. [(1):Survey area of French mission J.Y.Empereur, (2):Survey area of French mission F.Goddio, (3): Survey area of Greek mission Institute of Ancient and Medieval Alexandria] (Tzalas 2000).

Ο περίφημος Φάρος της Αλεξάνδρειας (ύψους περίπου 100m) οικοδομήθηκε στο ανατολικό άκρο της νησίδας του Φάρου. Έως τον 14<sup>ο</sup> αιώνα, οπότε κατέρρευσε από ένα μεγάλο σεισμό, αποτελούσε σημείο αναφοράς της Αλεξάνδρειας και διευκόλυνε την προσέγγιση στα λιμάνια της. Με τα ερείπια του Φάρου οικοδομήθηκε στην ίδια θέση το φρούριο του Quait Bay, το οποίο συνεχίζει να καλείται Φάρος ακόμη και μετά τους Μεσαιωνικούς χρόνους. Η ανάπτυξη της πόλης και των λιμένων της Αλεξάνδρειας συνεχίστηκε κατά τους Ελληνιστικούς και Ρωμαϊκούς χρόνους μέχρι τον 4<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. Η σταδιακή παρακμή της πόλης άρχισε με τη σύγκρουση της πόλης με τους Ρωμαίους Αυτοκράτορες (Καρακάλλας 215μ.Χ.-Διοκλιτιανός 296μ.Χ). Παρά την πληθυσμιακή συρρίκνωση της Αλεξάνδρειας, τα λιμάνια της διαδραμάτισαν ένα σημαντικό ρόλο κατά τους Υστερορωμαϊκούς, Χριστιανικούς και Βυζαντινούς χρόνους (Τζάλας 2000). Στους δύο αιώνες των Σταυροφοριών, τα λιμάνια της Αλεξάνδρειας δέχτηκαν πολλές φορές την επίθεση Χριστιανικών στόλων. Τον 13<sup>ο</sup> και 14<sup>ο</sup> αιώνα τα λιμάνια της αποτελούν σημαντική βάση του Αραβικού στόλου, ενώ η Αλεξάνδρεια πρέπει να περιμένει μέχρι τις αρχές του 19<sup>ου</sup> αιώνα για να δει τα λιμάνια της να αναγεννούνται και πολλά μεταφορικά πλοία να δένουν σε αυτά.

(ii) Ένας αιώνας υποβρυχίων αρχαιολογικών ερευνών στην παράκτια ζώνη της Αλεξάνδρειας.

Η ανάπτυξη τόσο πολιτισμών στην Αλεξάνδρεια έχει αφήσει τα ανεξίτηλα ίχνη της στην παράκτια ζώνη της, τόσο στην επιφάνεια της χέρσου, όσο θαμμένα κάτω από τους εδαφικούς σχηματισμούς, αλλά και καταβυθισμένα στη θάλασσα. Τα τελευταία είναι ιδιαίτερης αρχαιολογικής αξίας και σημαντικά στον αριθμό καθώς διαπιστώνεται ένας σταθερός ρυθμός καταβύθισης της παράκτιας ζώνης της Αλεξάνδρειας τα τελευταία δύο χιλιάδες χρόνια. Οι υποβρύχιες αρχαιοότητες της Αλεξάνδρειας αν και προκάλεσαν το ενδιαφέρον των ερευνητών από τις αρχές του προηγούμενου αιώνα, μόλις τη τελευταία δεκαετία έγιναν αντικείμενο συστηματικών ερευνών.

Ο Αρχιμηχανικός του Τμήματος Λιμένων και Φάρων της Αιγύπτου, ο Gaston Jondet εντόπισε και χαρτογράφησε καταβυθισμένες λιμενικές εγκαταστάσεις στο Δυτικό Λιμένα της Αλεξάνδρειας σε βάθος νερού (6.5-8.5m). Ο Jondet χρησιμοποίησε αξιόπιστες μεθόδους εντοπισμού και αποτύπωσης (ταχύμετρο, lunette of eau, δύτες με σκάφανδρα) των καταβυθισμένων εγκαταστάσεων και δεδομένης της χρονικής περιόδου (1911-1913) των ερευνών του, τα αποτελέσματά του κρίνονται ως εξαιρετικά αξιόπιστα και ακριβή (Jondet 1916, Morcos 2000).



Σχ.2: Χάρτης του Ανατολικού Λιμένα της Αλεξάνδρειας, σχεδιασμένος από τον Kemal Abul-Saadat, στον οποίο παρουσιάζονται τα ευρήματά του (7/11/1961). (1):τέσσερις σαρκοφάγοι, (2):δύο σαρκοφάγοι, (3):ακέφαλο άγαλμα, σκάλα με 3 σκαλοπάτια, κολώνες από γρανίτη, σπασμένοι σαρκοφάγοι από βασάλτη, (4):κολώνες και (5):αγάλματα, σφίγγες, σαρκοφάγοι και κολώνες (Morcos,2000).

Fig.2: Map of the Eastern Harbour of Alexandria, designed by Kemal Abul-Saadat, which shows his findings (7/11/1961). (1): four sarcophagus, (2):two sarcophagus, (3):statue without head, stairs with 3 steps, columns in granite, broken sarcophagus made of basalt, (4):columns and (5):statues, sphinx, sarcophagus and columns (Morcos, 2000).

Μία μορφή που συνδέσει το όνομά της με τις σημαντικότερες ανακαλύψεις υποβρυχίων αρχαιοτήτων και ιστορικών μαρτυριών της Αλεξάνδρειας, ήταν αναμφίβολα ο Αιγύπτιος δύτες Kamel Abul-Saadat (1933-1984) (Morcos 2000, Halim 2000). Η συμβολή του, στον εντοπισμό ναυαγίων του στόλου του Ναπολέοντα ο οποίος καταναυμαχήθηκε από το Βρετανικό στόλο του Νέλσον, το 1798 στο Abu Qir, ήταν πολύ σημαντική. Ήδη, από το 1965 είχε εντοπίσει τη θέση του ναυαγίου Le Guerrier, ενώ περίμενε έως τις αρχές της δεκαετίας του '80 για να αρχίσουν οι συστηματικές έρευνες εντοπισμού των ναυαγίων. Η μεγάλη συμβολή του Abul-Saadat στην υποβρύχια αρχαιολογία της Αλεξάνδρειας επικεντρώνεται στον Ανατολικό Λιμένα της. Αυτός ο ακούραστος σκαπανέας της υποβρύχιας αρχαιολογίας υπέδειξε, ήδη από το 1961, θέσεις αρχαιολογικού ενδιαφέροντος στην περιοχή του φρουρίου Qait Bey και γύρω από το Ακρωτήριο της Λοχιάδος (Σχ.2).

Το Ινστιτούτο "Euroipien d' Archologie Sous-Marine" (IEASM) υπό τη διεύθυνση του F.Goddio και σε συνεργασία με το Αρχαιολογικό Συμβούλιο της Αιγύπτου (Τμήμα Υποβρύχιας Αρχαιολογίας του Ανώτατου Συμβουλίου Αρχαιοτήτων), εκτέλεσε το 1992 θαλάσσιες γεωφυσικές έρευνες στο ανατολικό τμήμα του Ανατολικού Λιμένα της Αλεξάνδρειας. Με βάση τα αποτελέσματα των γεωφυσικών ερευνών, σχεδιάστηκαν και εκτελέστηκαν περίπου 2500 καταδύσεις, τη χρονική περίοδο 6-10/1996, που ως αποτέλεσμα είχαν τον εντοπισμό και την αποτύπωση καταβυθισμένων λιμενικών εγκαταστάσεων (κυματοθραύστης, μόλοι)(Goddio 1998).

Ο J.Y.Empeur (Centre d'Etudes Alexandrines) σε συνεργασία με το Αρχαιολογικό Συμβούλιο της Αιγύπτου εκτέλεσε υποβρύχιες αρχαιολογικές έρευνες στη θέση Φάρων και στην περιοχή όπου είχε ήδη εντοπίσει

αρχαιότητες ο Αιγύπτιος δύτες K.A. Saadat. Αποτέλεσμα αυτών των ερευνών ήταν ο εντοπισμός περίπου 2500 αντικειμένων αρχαιολογικής αξίας (κολώνες διαφόρων μεγεθών, σφίγγες, αγάλματα, τειμάχη του περιφήμου Φάρου) σε μια έκταση μόλις 2,5 εκταρίων. Επιπλέον, εντοπίστηκαν περίπου 40 ναυάγια Ελληνικά και Ρωμαϊκά, ηλικίας από τον 4<sup>ο</sup> π.Χ. έως 7<sup>ο</sup> μ.Χ. αιώνα σε βάθος νερού 12m και σε απόσταση περίπου 350m από την είσοδο του Ανατολικού Λιμένα της Αλεξάνδρειας (Empereur J.Y. 1998, 2000).

### (iii) Ελληνική αποστολή στα νερά της Αλεξάνδρειας

Τα Ινστιτούτα Μελετών Αρχαίας και Μεσαιωνικής Αλεξάνδρειας και Προστασίας της Ναυτικής Παράδοσης, υπό τη διεύθυνση του Χ. Τζάλα, έλαβαν το 1997 την άδεια από το Αρχαιολογικό Συμβούλιο της Αιγύπτου, για εκτέλεση υποθαλάσσιων αρχαιολογικών ερευνών στην παράκτια ζώνη της Αλεξάνδρειας, δυτικά της Ακρας Λοχιάδος έως την Muntaza, συνολικής έκτασης 40km<sup>2</sup>.

Το Ε.Θ.Α.Γ.Ε.Φ.Ω του τμήματος Γεωλογίας του Παν/μίου Πατρών επικουρεί το έργο των δύο Ινστιτούτων, από το 1999 (3<sup>η</sup> αποστολή), ερευνώντας την επιφάνεια του πυθμένα με μεθόδους θαλάσσιας γεωφυσικής διασκόπησης. Σκοπός των θαλάσσιων γεωφυσικών ερευνών τις τρεις τελευταίες ερευνητικές περιόδους (10/1999, 4/2000 και 11/2000) είναι:

- 1) Η αποτύπωση της μορφολογίας του πυθμένα με έμφαση τον εντοπισμό καταβυθισμένων τμημάτων ξηράς τα τελευταία 2300 χρόνια.
- 2) Ο εντοπισμός κινητών (ναυάγια) και ακίνητων (λιμενικές εγκαταστάσεις, μόλοι, κυματοθραύστες, κτίσματα) μαρτυριών της ανθρώπινης δραστηριότητας στην παράκτια ζώνη της Αλεξάνδρειας.

## 2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η παράκτια ζώνη της Αιγύπτου στη Μεσόγειο Θάλασσα, που εκτείνεται από το Borg El Agab ως το Abu Qir, αποτελείται από 8 ράχες ασβεστιτικής σύστασης παράλληλες προς την ακτή, οι οποίες διαχωρίζονται μεταξύ τους με κοιλάματα. Η ηλικία των ράχων κυμαίνεται από Ολοκαινική ως Άνω Πλειστοκαινική και αυξάνεται προοδευτικά προς τη χέρσο. Η πόλη της Αλεξάνδρειας εκτείνεται από το El Agami ανατολικά ως το Abu Qir, δυτικά και είναι κτισμένη πάνω σε μια ράχη «Άνω Μοναστηριακής» ηλικίας γνωστής ως ράχη Abu Sir. Η παρούσα ακτογραμμή αποτελείται από ήπιους κρημνούς, τμήματα της ράχης Abu Sir, η οποία έδρασε σαν ένα φυσικό θαλάσσιο τοίχος που προστατεύει την πόλη της Αλεξάνδρειας από την κυματική διάβρωση τα τελευταία 200 χρόνια.

Παρατηρήσεις, βασιζόμενες σε αρχαιολογικά δεδομένα έδειξαν ότι η παράκτια ζώνη από την Αλεξάνδρεια ως το Abu Qir, καταβυθίζεται τα τελευταία 2300 χρόνια, καθώς Ελληνικές και Ρωμαϊκές εγκαταστάσεις κατά μήκος της ακτογραμμής εμφανίζονται 5-8 m κάτω από τη στάθμη της θάλασσας, υποδηλώνοντας μέσο ρυθμό καταβύθισης 2.6 mm/year (Frihy 1992). Παρομοίως, δεδομένα παλιρροιογράφων, υποδηλώνουν ότι η Αλεξάνδρεια καταβυθίζεται τα τελευταία 60 χρόνια με ρυθμό 2 mm/year (Frihy 1992).

Η Αλεξάνδρεια είναι κτισμένη σε μία ενεργή τεκτονικά περιοχή, καθώς αρκετοί μεγάλοι σεισμοί έχουν λάβει χώρα κατά τους ιστορικούς χρόνους. Οι σημαντικότεροι αυτών θεωρούνται αυτοί του 320μΧ, 796μΧ όπου ο Φάρος κατέρρευσε και το 1303μΧ όπου καταστράφηκε ότι είχε απομείνει από το Φάρο.

## 3. ΟΡΓΑΝΑ-ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

### (i) Όργανα

Για την επίτευξη των στόχων χρησιμοποιήθηκε το σκάφος URANIA, νηολογίου Αλεξάνδρειας το οποίο τροποποιήθηκε κατάλληλα έτσι ώστε να δεχτεί τον επιστημονικό εξοπλισμό. Διαφορικό Δορυφορικό Σύστημα (DGPS) τύπου Trimble 4000 χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της θέσης του σκάφους. Το σύστημα Trimble 4000 συνίσταται από 1) ένα κινητό δέκτη (differential locator Trimble 4000 II), 2) ένα σταθμό αναφοράς (Reference Locator Trimble 4000II) ο οποίος τοποθετείται στο κτίριο του Ελληνικού Ναυτικού Ομίλου Αλεξάνδρειας και 3) ένα πομπό (UHF 458MHz). Η ακρίβεια στο προσδιορισμό της θέσης ήταν μικρότερη των 2 m. Ένας ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης (side scan sonar) τύπου EG&G 260 χρησιμοποιήθηκε για τη μορφολογική αποτύπωση του πυθμένα. Ο ηχοβολιστής συνίσταται από 1) μια καταγραφική μονάδα EG&G260 με δυνατότητα στοιχειοθέτησης ισομετρικής ηχογραφίας, 2) μια ηχοβολιστική τορπίλη 272TD με δυνατότητα εκπομπής ηχητικών κυμάτων δύο συχνότητας (100 και 500 Hz) και 3) δύο καλώδια τύπου Kevlar μήκους 50 m και 150 m. Για την οπτική παρατήρηση των στόχων χρησιμοποιήθηκε τηλεκατευθυνόμενο υποβρύχιο όχημα R.O.V Benthos MKII και δύτες εξοπλισμένοι με υβ video-camera. Ο επιμήκης άξονας του κάθε στόχου υλοποιήθηκε με βαθμονομημένο βυθιάκι που φέρει ένα από τα άκρα του άξονα που είναι η επιφάνεια των σημειωμάτων. Η επιφάνεια των σημειωμάτων είναι η επιφάνεια των σημειωμάτων, των οποίων η

θέση είχε προσδιοριστεί με DGPS. Η οπτική παρατήρηση των στόχων έγινε κατά μήκος του υλοποιημένου επιμήκους άξονά τους.

## (ii) Εντοπισμός και αναγνωρισιμότητα στόχων αρχαιολογικής αξίας

Ο ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης αποδίδει διαδιάστατες απεικονίσεις του πυθμένα οι οποίες καλούνται ηχογραφίες και στοιχειοθετούνται με βάση την ανακλαστικότητα (back scattering) του πυθμένα. Η ανακλαστικότητα του πυθμένα εξαρτάται από 1) την γωνία πρόσπτωσης των ηχητικών κυμάτων η οποία με τη σειρά της ελέγχεται από τη μορφολογία του πυθμένα και 2) τη λιθολογική σύσταση των ιζημάτων που καλύπτουν τον πυθμένα.

Η αναζήτηση στόχων αρχαιολογικής αξίας με χρήση ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης απαιτεί ιδιαίτερη χρήση του συστήματος, καθώς οι ανθρωπογενείς στόχοι παρουσιάζουν συνήθως σαφές γεωμετρικό σχήμα και σχετικά μικρό μέγεθος.

Η μέθοδος με την οποία χρησιμοποιείται ο ηχοβολιστής, σε συνδιασμό με τη διακριτική ικανότητα του, αποτελούν τα κρίσιμα στοιχεία για τη λήψη αξιόπιστων αποτελεσμάτων όσον αφορά στον εντοπισμό και στην αναγνώριση στόχων αρχαιολογικής αξίας. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε αναπτύχθηκε σε δύο βασικά στάδια: 1) **Στάδιο εντοπισμού (detection-insonification)** και 2) **Στάδιο αναγνώρισης (recognition)**.

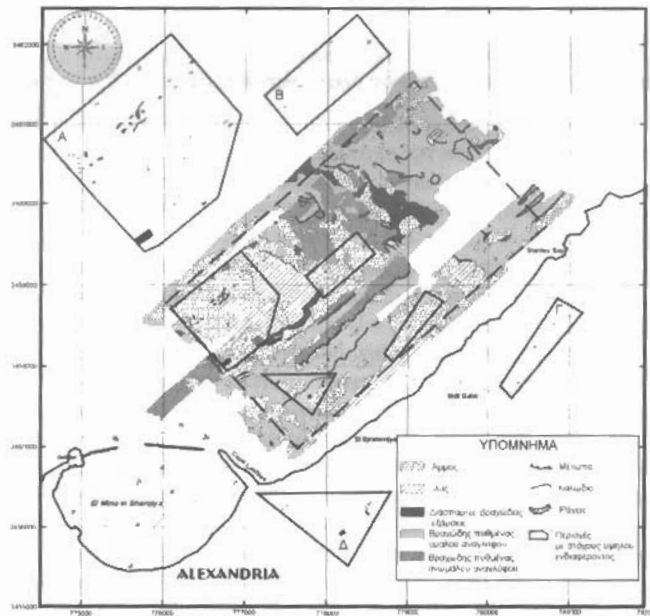
1) Στο στάδιο εντοπισμού πρέπει να αναζητηθεί το κατάλληλο εύρος ζώνης σάρωσης και η κατάλληλη ταχύτητα σκάφους ώστε ο στόχος να δεχτεί ένα τουλάχιστον ηχοβολισμό (ping) και συνεπώς να καταγραφεί ένα ήχος του στην ηχογραφία. Για παράδειγμα αν επιλεγεί ένα εύρος σάρωσης 750 m ανά πλευρά εκπομπής, αυτό σημαίνει ότι ο ηχοβολιστής εκπέμπει ένα ηχοβολισμό ανά 1 sec (1 ping/sec) ( $U_{\text{ηχογ}} = 1500 \text{ m/sec}$ ). Αν το σκάφος έχει ταχύτητα 2 m/sec (περίπου 4.0 knots), αυτό σημαίνει ότι κατά τη διάρκεια 1 sec διανύει απόσταση 2m και συνεπώς ο ηχοβολιστής εκπέμπει σε αυτό το διάστημα ένα μόλις ηχοβολισμό (1 ping/2m). Η εκπομπή ενός μόνο ηχοβολισμού (1 ping) ανά 2 m μετατόπισης του σκάφους οδηγεί σε απώλεια εντοπισμού στόχου μεγέθους μικρότερου των 2 m. Συνεπώς ο εντοπισμός στόχων συγκεκριμένου μεγέθους απαιτεί καθορισμό συγκεκριμένου εύρους ζώνης σάρωσης και ταχύτητας του σκάφους.

2) Ο εντοπισμός και μόνο του στόχου δεν αποκαλύπτει με σαφήνεια το γεωμετρικό του σχήμα, με αποτέλεσμα να δυσχερénεται η αναγνώριση του και συνεπώς η προέλευσή του. Για τη βελτίωση της αναγνωρισιμότητας (recognitibility) του στόχου πρέπει αυτός να δεχτεί σημαντικό αριθμό ηχοβολισμών έτσι ώστε να αποτυπωθεί λεπτομερώς το σχήμα του.

Αν και δεν υπάρχει ασφαλές κριτήριο, η εκπλήρωση του οποίου οδηγεί στην βέλτιστη αναγνωρισιμότητα του στόχου, έχει προταθεί ο αριθμός των 12 ηχοβολισμών (ping) κατά μήκος πορείας ίσης με την ελάχιστη διάσταση του στόχου. Αυτό σημαίνει ότι ο στόχος μεγέθους 5 m απαιτεί >2.4 ηχοβολισμούς ανά μέτρο μετακίνησης του σκάφους (12/5 ping/m), έτσι ώστε να αποδοθεί αξιόπιστα το σχήμα του. Επιλογή ζώνης σάρωσης 100 m και ταχύτητας σκάφους 5 knots οδηγεί σε εκπομπή 2.95 ping/m, η οποία είναι οριακά αποδεκτή επιλογή για αναγνώριση στόχων μεγέθους 5 m. Λαμβάνοντας υπόψη ότι τα πιο πάνω ισχύουν για βέλτιστες συνθήκες χρήσης του ηχοβολιστή (ήρεμη κατάσταση θάλασσας-διατήρηση της πορείας της τορπίλης χωρίς παρεκλίσεις), γίνεται φανερό ότι οι συνθήκες 100 m-5 knots αδυνατούν να αναγνωρίσουν στόχους 5 m και απαιτείται μικρότερο εύρος σάρωσης (50 m-5 knots). Για στόχους μεγέθους 2 m, απαιτούνται >6 ping/m, μια συνθήκη που δεν ικανοποιείται από την επιλογή 50 m-5 knots (5.9 ping/m) αλλά ικανοποιείται πλήρως από την επιλογή 25 m-5 knots (11.8 ping/m).

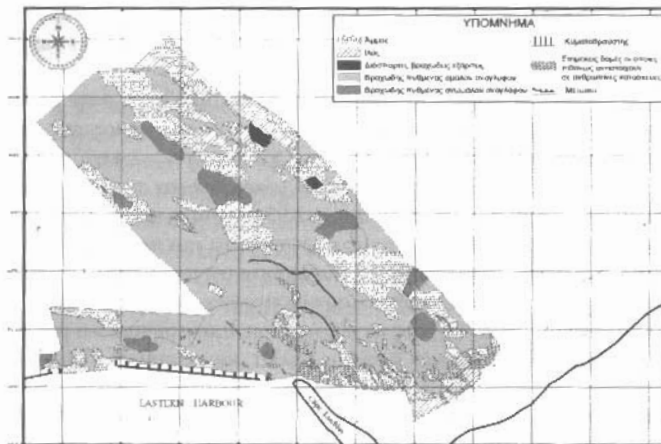
Η αναγνωρισιμότητα των στόχων εξαρτάται, εκτός από τις δεδομένες δυνατότητες του ηχοβολιστικού συστήματος, από περιβαλλοντικές συνθήκες ανεξάρτητες του οργάνου. Η πιο καθοριστική περιβαλλοντική παράμετρος που επιδρά στην αναγνωρισιμότητα των στόχων, είναι η μορφολογία του πυθμένα στην περιοχή που βρίσκεται ο στόχος. Ο αμμώδης πυθμένας αποτελεί ιδανικό περιβάλλον για αναγνώριση στόχων σε αντίθεση με τον ανώμαλο βραχώδη πυθμένα ο οποίος δυσχεραίνει πολύ την αναγνώρισή τους, ή ακόμη και τον εντοπισμό τους.

Σύμφωνα με το πιο πάνω μεθοδολογικό σχήμα οργανώθηκαν και εκτελέστηκαν τρεις ερευνητικές αποστολές για την αποτύπωση του πυθμένα στην παράκτια ζώνη της Αλεξάνδρειας και τον πιθανό εντοπισμό και αναγνώριση στόχων αρχαιολογικής αξίας. Την πρώτη αποστολή (10/1999) διασκοπήθηκε περίπου το 1/4 της υπό έρευνα περιοχής έκτασης περίπου 14 km<sup>2</sup>, με έμφαση στην αποτύπωση της μορφολογίας του πυθμένα και στον εντοπισμό στόχων μεγέθους >5 m (Σχ.3). Για το λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε εύρος ζώνης σάρωσης 100 m και ταχύτητα σκάφους 5 knots. Οι πορείες που εκτελέστηκαν ήταν παράλληλες και σε απόσταση 150 m μεταξύ τους, ώστε να προκύπτει περίπου 30% επικάλυψη για ελαγιστοποίηση των επιπτώσεων από τα σφάλματα πλοήγησης και βελτιστοποίηση του μήκους των πορειών. Το σχήμα της ζώνης σάρωσης του στόχου επιχειρήθηκε αναγνώριση, με χρήση κλίμακας 50 m και ταχύτητα 5 knots. Στη δεύτερη αποστολή διερευνήθηκε περιοχή έκτασης 2.7



Σχ3: Μορφολογικός χάρτης του πυθμένα, στον οποίο παρουσιάζονται τέσσερις περιοχές (Α,Β,Γ και Δ) με μεγάλη πυκνότητα στόχων.

Fig.3: Seafloor map showing four areas (A,B,C and D) with targets of high interest.



Σχ.4: Μορφολογικός χάρτης του πυθμένα στην περιοχή της Άκρας Λοχιάδος.

Fig.4: Seafloor map at the vicinity of Cape Lochias.

km<sup>2</sup> δυτικά και βόρεια της Άκρας Λοχιάδος με εύρος ζώνης σάρωσης 50 m και ταχύτητα σκάφους 5 knots για την αποτίπωση της μορφολογίας και τον εντολισμό στόχων μεγέθους 2-3 m (Σχ.4). Δεν επιχειρήθηκε η αναγνώριση εντολισθέντων στόχων. Οι πορείες είχαν απόσταση 75 m μεταξύ τους, ώστε να επιτευχθεί επικάλυψη περίπου 30%. Στην τρίτη αποστολή έγινε επαναεντολισμός ενός μικρού αριθμού στόχων, αναγνώριση και οπτική παρατήρησή τους.

#### 4. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

##### (i) Μορφολογία πυθμένα

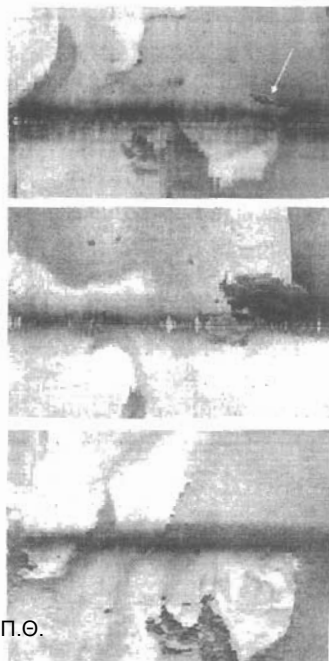
Η μορφολογική αποτύπωση του πυθμένα στην υπό έρευνα περιοχή, έδειξε ότι ο πυθμένας είναι βραχώδους σύστασης περίπου στο 65% της έκτασης που ερευνηθήκε, ενώ στο υπόλοιπο 35% ο πυθμένας καλύπτεται από χαλαρά ιζήματα κυρίως αμμώδους σύστασης όπως δηλώνεται από την παρουσία ρυτιδώσεων (ripples)(Σχ.3,4). Οι περιοχές με βραχώδη πυθμένα διακρίνονται με βάση το ανάγλυφο τους σε περιοχές με ανώμαλο και ομαλό ανάγλυφο (Σχ.3,4). Διάσπαρτες βραχώδεις εξάρσεις διαπιστώνονται σε περιοχές περιορισμένης έκτασης, οι οποίες συνιστούν συνήθως ζώνες μετάβασης από βραχώδη σε αμμώδη πυθμένα (Σχ.3,4). Στο νοτιοανατολικό άκρο της ερευνηθείσας περιοχής, εντοπίστηκε μια σειρά επιμήκων ράχων παράλληλων με την ακτογραμμή (Σχ.3). Οι ράχες εντοπίζονται σε βάθη νερού από 10 έως 12 m και από 15 έως 18 m, ενώ παρουσιάζουν εύρος που κυμαίνεται από 50 έως 300 m. Το ύψος των ράχων σε σχέση με τον γειτονικό πυθμένα δεν υπερβαίνει τα 1 έως 2 m. Αναμφίβολα, απαιτούνται περισσότερες έρευνες για να διαπιστωθεί αν τα εντοπισθέντα τμήματα ράχων εντάσσονται στη σειρά των 8 αβεσπτιτικών ράχων που έχουν εντοπισθεί στη χέρσο (Stanley & Hamza 1992). Αυτά τα τεμάχια ράχων είναι πιθανόν να εντάσσονται στη Ράχη I (Ridge I) η οποία είναι η βορειότερη ράχη και της οποίας η χερσαία έκφραση διακόπτεται στην περιοχή El Agami, δυτικά των λιμένων της Αλεξάνδρειας (Stanley & Hamza 1992).

Οι περιοχές του πυθμένα που καλύπτονται από χαλαρά ιζήματα παρουσιάζουν στις ηχογραφίες δύο διαφορετικούς ακουστικούς χαρακτήρες: (1) Γραμμικές εναλλαγές ανοιχτόχρωμου/σκουρόχρωμου τόνου καταγραφής, που δηλώνουν την παρουσία αμμούχων ρυτιδώσεων στην επιφάνεια του πυθμένα, και (2) ομοιόμορφα ανοιχτόχρωμο τόνο καταγραφής που δηλώνει λεπτόκοκκα ιζήματα, πιθανώς ιλυώδους σύστασης (Σχ.3,4).

##### (ii) Στόχοι που σχετίζονται με κινητές μαρτυρίες ανθρώπινης δραστηριότητας

Ένας σημαντικός αριθμός στόχων εντοπίστηκαν στις περιοχές του πυθμένα που καλύπτονται από χαλαρά ιζήματα. Η ομαλή μορφολογία και η χαμηλή ανακλαστικότητα (ανοιχτόχρωμος τόνος) που χαρακτηρίζουν αυτές τις περιοχές, αποτέλεσαν ιδανικό περιβάλλον για εντοπισμό στόχων. Οι εντοπισθέντες στόχοι συγκεντρώνονται σε τέσσερις υποπεριοχές (Α,Β,Γ και Δ), από τις οποίες αυτή με τη μεγαλύτερη πυκνότητα στόχων (περιοχή Α) είναι η μεγαλύτερη σε έκταση (2x2 km) και βρίσκεται Β/ΒΑ των εισόδων του Μέγα Λιμένα της Αλεξάνδρειας, σε βάθος νερού 20-25 m. Η θέση της περιοχής Α είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς βρίσκεται στην πορεία («ρότα») των καραβιών που προσέγγιζαν τον Μέγα Λιμένα της Αλεξάνδρειας από τα Ανατολικά. Η πιθανότητα κάποιου από τους ανιχνευθέντες στόχους της περιοχής Α να συνδέονται με αρχαία ή ιστορικά ναυάγια, ενισχύεται από το γεγονός ότι η ερευνητική ομάδα του J.Y.Empereur εντόπισε μεγάλο αριθμό ναυαγίων σε απόσταση 350 m από την δυτική είσοδο του Μέγα Λιμένα (J.Y.Empereur 2000).

Για αυτό το λόγο επιλέχθηκε ένας ενδιαφέρων στόχος για να εφαρμοστεί το στάδιο της αναγνώρισης (recognition). Ο στόχος S1 εντοπίστηκε σε αμμώδη ρυτιδωμένο πυθμένα, ενώ νοτιοδυτικά αυτού και σε απόσταση μερικών δεκάδων μέτρων ο πυθμένας καλύπτεται από ιλυούχα ιζήματα (ανοιχτόχρωμη περιοχή)(Σχ.5). Η επιλογή του εύρους των 50 m για τη ζώνη σάρωσης με ταχύτητα του σκάφους 5 knots, οδήγησε στη λεπτομερή αποτύπωση του στόχου (Σχ.6). Ο στόχος παρουσιάζει υψηλή ανακλαστικότητα ένα-



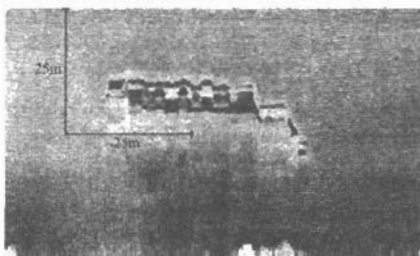
Σχ.5:(α) Ηχογραφία στην οποία έχει εντοπιστεί ο στόχος S1 (σημειώνεται με βέλος). Ηχογραφίες από την ίδια περιοχή του πυθμένα μετά από (b) έξι μήνες και (c) ένα χρόνο, στις οποίες ο στόχος έχει καλυφθεί από μεταφερόμενα λεπτόκοκκα ιζήματα.

Fig.5:(a) Sonar image showing the target S1 (vector indicates the target) on a sandy seafloor. Sonar images from the same area recorded after (b) six months (c) one year. The non-appearance of the target at the latest images is probably due to moving fine-grained sediments, which cover the target.

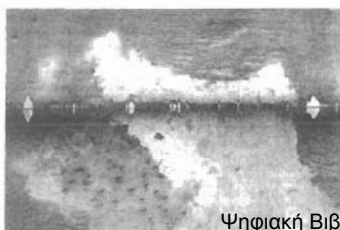
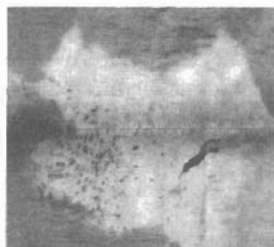
ντι του γύρω αμμώδους ρυτιδωμένου πυθμένα, εμφανίζει σαφές γεωμετρικό σχήμα, διαστάσεις 10 m x 40 m, ενώ το ύψος του έναντι του γύρω πυθμένα είναι μικρό (<0.5 m)(Σχ.6). Το σχήμα και η ανακλαστικότητα του στόχου συνηγορούν στην άποψη ότι πρόκειται για ένα στόχο προϊόν ανθρώπινης δραστηριότητας.

Το στάδιο της αναγνώρισης εφαρμόστηκε σε ένα πολλαπλό στόχο (S2) στο ανατολικό άκρο της περιοχής Δ (Σχ.3). Η επιλογή ζώνης σάρωσης κλίμακας 50 m και ταχύτητας 5 knots οδήγησε στην λεπτομερέστερη αποτύπωση των στόχων (Σχ.7). Ο πολλαπλός στόχος διαπιστώθηκε ότι συγκροτείται από: (i)διάσπαρτους μικρούς επιμέρους στόχους υψηλής ανακλαστικότητας (Σχ.7a) και (ii)ένα επιμήκη στόχο χωρίς αφές γεωμετρικό σχήμα και με υψηλή ανακλαστικότητα (Σχ.7a). Ο πολλαπλός στόχος βρίσκεται σε μια «νησίδα» πυθμένα η οποία καλύπτεται από εξαιρετικά λεπτόκοκκα ιζήματα όπως δηλώνει ο ανοιχτόχρωμος ακουστικός χαρακτήρας.

Το στάδιο της αναγνώρισης των προαναφερθέντων στόχων (S1 και S2) επαναλήφθηκε τις δύο επόμενες ερευνητικές αποστολές (4/00 και 11/00). Ο στόχος S1 της περιοχής Α, βρέθηκε καλυμμένος από ιλυούχα ιζήματα τόσο κατά την περίοδο 4/00 (Σχ.5b) όσο και κατά την περίοδο 11/00 (Σχ.5c). Η περιοχή των ιλυούχων ιζημάτων (ανοικτόχρωμη περιοχή) η οποία είχε εντοπιστεί νοτιοδυτικά του στόχου κατά την περίοδο (10/99) (Σχ.5a), επεκτάθηκε προς τα ανατολικά τις δύο επόμενες περιόδους με αποτέλεσμα την πλήρη κάλυψη του στόχου (Σχ.5b,c).



Σχ.6:Ηχογραφία στην οποία έχει αποτυπωθεί ο στόχος S1, ο οποίος παρουσιάζει μήκος 40m και εύρος 10m.  
Fig.6:Sonar image showing the S1 target on the seafloor. The target is about 40m long and 10m wide.



Εικ.7: (a) Ηχογραφία στην οποία έχει εντοπιστεί ο πολλαπλός στόχος S2. Ηχογραφίες από την ίδια περιοχή του πυθμένα μετά από (b) έξι μήνες και (c) ένα χρόνο, στις οποίες ο στόχος παρουσιάζει εντελώς διαφορετική εμφάνιση.

Fig.7: (a) Sonar image showing targets S2. Sonar images from the same area recorded after (b) six months and (c) one year.

Η συγκριτική μελέτη της περιοχής του πολλαπλού στόχου S2 στις τρεις ερευνητικές περιόδους έδειξε ότι: (i)ο στόχος είναι σχεδόν μη αναγνωρίσιμος κατά την περίοδο 4/00 καθώς έχει μειωθεί η ανακλαστικότητά του, η οποία είναι πλέον συγκρίσιμη με αυτή του περιβάλλοντα πυθμένα (Σχ.7b) και (ii) παρουσιάζει μία διαφορετική εμφάνιση στην ηχογραφία της περιόδου 11/00, όπου το κύριο μορφολογικό χαρακτηριστικό είναι η παρουσία μικρών κοιλωμάτων στον πυθμένα (Σχ.7c).

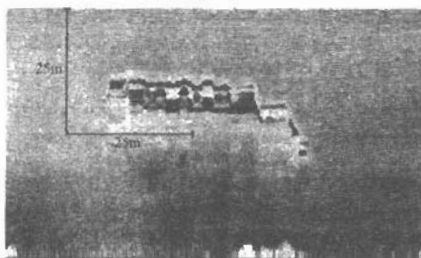
Στην περιοχή του πολλαπλού στόχου S2 εξαιτίας της μεταβαλλόμενης εμφάνισής του στις ηχογραφίες των τριών περιόδων, επιχειρήθηκε οπτική αναγνώριση των στόχων με χρήση R.O.V και δύτη εξοπλισμένο με v/β video-camera. Η οπτική παρατήρηση έδειξε ότι: (i) ο πυθμένας καλύπτεται από ένα παχύ στρώμα μαύρης οργανικής ιλύος, το οποίο έχει σχηματιστεί από τη συνεχή έκχυση των ακατέργαστων αστικών λυμάτων της Αλεξάνδρειας διαμέσου αποχετευτικών α-



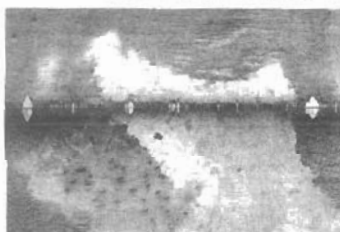
ντι του γύρω αμμώδους ριτιδωμένου πυθμένα, εμφανίζει σαφές γεωμετρικό σχήμα, διαστάσεις 10 m x 40 m, ενώ το ύψος του έναντι του γύρω πυθμένα είναι μικρό (<0.5 m) (Σχ.6). Το σχήμα και η ανακλαστικότητα του στόχου συνηγορούν στην άποψη ότι πρόκειται για ένα στόχο προϊόν ανθρώπινης δραστηριότητας.

Το στάδιο της αναγνώρισης εφαρμόστηκε σε ένα πολλαπλό στόχο (S2) στο ανατολικό άκρο της περιοχής Δ (Σχ.3). Η επιλογή ζώνης σάρωσης κλίμακας 50 m και ταχύτητας 5 knots οδήγησε στην λεπτομερέστερη αποτύπωση των στόχων (Σχ.7). Ο πολλαπλός στόχος διαπιστώθηκε ότι συγκροτείται από: (i) διάσπαρτους μικρούς επιμέρους στόχους υψηλής ανακλαστικότητας (Σχ.7a) και (ii) ένα επιμήκη στόχο χωρίς αφές γεωμετρικό σχήμα και με υψηλή ανακλαστικότητα (Σχ.7a). Ο πολλαπλός στόχος βρίσκεται σε μια «νησίδια» πυθμένα η οποία καλύπτεται από εξαιρετικά λεπτόκοκκα ιζήματα όπως δηλώνει ο ανοικτόχρωμος ακουστικός χαρακτήρας.

Το στάδιο της αναγνώρισης των προαναφερθέντων στόχων (S1 και S2) επαναλήφθηκε τις δύο επόμενες ερευνητικές αποστολές (4/00 και 11/00). Ο στόχος S1 της περιοχής Α, βρέθηκε καλυμμένος από ιλυούχα ιζήματα τόσο κατά την περίοδο 4/00 (Σχ.5b) όσο και κατά την περίοδο 11/00 (Σχ.5c). Η περιοχή των ιλυούχων ιζημάτων (ανοικτόχρωμη περιοχή) η οποία είχε εντοπιστεί νοτιοδυτικά του στόχου κατά την περίοδο (10/99) (Σχ.5a), επεκτάθηκε προς τα ανατολικά τις δύο επόμενες περιόδους με αποτέλεσμα την πλήρη κάλυψη του στόχου (Σχ.5b,c).



Σχ.6: Ηχογραφία στην οποία έχει αποτυπωθεί ο στόχος S1, ο οποίος παρουσιάζει μήκος 40m και εύρος 10m.  
Fig.6: Sonar image showing the S1 target on the seafloor. The target is about 40m long and 10m wide.



Εικ.7: (a) Ηχογραφία στην οποία έχει εντοπιστεί ο πολλαπλός στόχος S2. Ηχογραφίες από την ίδια περιοχή του πυθμένα μετά από (b) έξι μήνες και (c) ένα χρόνο, στις οποίες ο στόχος παρουσιάζει εντελώς διαφορετική εμφάνιση.

Fig.7: (a) Sonar image showing targets S2. Sonar images from the same area recorded after (b) six months and (c) one year.

Η συγκριτική μελέτη της περιοχής του πολλαπλού στόχου S2 στις τρεις ερευνητικές περιόδους έδειξε ότι: (i) ο στόχος είναι σχεδόν μη αναγνωρίσιμος κατά την περίοδο 4/00 καθώς έχει μειωθεί η ανακλαστικότητά του, η οποία είναι πλέον συγκρίσιμη με αυτή του περιβάλλοντα πυθμένα (Σχ.7b) και (ii) παρουσιάζει μία διαφορετική εμφάνιση στην ηχογραφία της περιόδου 11/00, όπου το κύριο μορφολογικό χαρακτηριστικό είναι η παρουσία μικρών κοιλωμάτων στον πυθμένα (Σχ.7c).

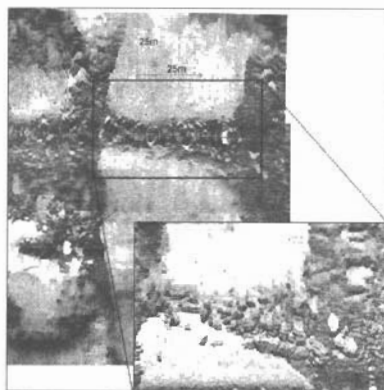
Στην περιοχή του πολλαπλού στόχου S2 εξαιτίας της μεταβαλλόμενης εμφάνισής του στις ηχογραφίες των τριών περιόδων, επιχειρήθηκε οπτική αναγνώριση των στόχων με χρήση R.O.V και δύτη εξοπλισμένο με υ/β video-camera. Η οπτική παρατήρηση έδειξε ότι: (i) ο πυθμένας καλύπτεται από ένα παχύ στρώμα μαύρης οργανικής λύσης, το οποίο έχει σχηματιστεί από τη συνεχή έκχυση των ακατέργαστων αστικών λυμάτων της Αλεξάνδρειας διαμέσου αποχετευτικών α-

γαγών, και (ii) τα κοιλώματα του πυθμένα είναι αβαθείς κρατήρες, οι οποίοι σχετίζονται με τη διαφυγή βιογενών αερίων που δημιουργούνται από την αναερόβια βακτηριακή (archaeobacteria) αποικοδόμηση της οργανικής ύλης.

Τα παραπάνω αναδεικνύουν την παρουσία μιας νέας παραμέτρου, αυτής της οργανικής ιλύος, η οποία δυσχεραίνει τον εντοπισμό και την αναγνώριση των κινητών μαρτυριών της ανθρώπινης δραστηριότητας στην παράκτια ζώνη της Αλεξάνδρειας. Η παρουσία της οργανικής ιλύος δυσχεραίνει τον εντοπισμό στόχων για δύο κυρίως λόγους: (i) καλύπτει και αποκαλύπτει στόχους, καθώς το στρώμα της οργανικής ιλύος μεταναστεύει όπως διαπιστώνεται στις συγκριτικές ηχογραφίες, κάτω από την επίδραση των υδροδυναμικών συνθηκών (κύματα, ρεύματα), της μορφολογίας του πυθμένα και της παροχής των αγωγών, και (ii) η παρουσία βιογενών αερίων στην οργανική ιλύ και η διαφυγή τους προς την υδάτινη στήλη προκαλούν γεωμορφές που αποτυπώνονται ως στόχοι υψηλής ανακλαστικότητας, πολλαπλασιάζοντας έτσι τον αριθμό των στόχων προς αναγνώριση και οπτική παρατήρηση.

### (iii) Στόχοι που σχετίζονται με ακίνητες μαρτυρίες ανθρώπινης δραστηριότητας

Η αναζήτηση στόχων, που σχετίζονται με ακίνητες μαρτυρίες ανθρώπινης δραστηριότητας, περιορίζεται μέχρι ένα βάθος νερού περίπου 8 m. Πέραν του βάθους αυτού δεν αναμένονται καταβυθισμένες εγκαταστάσεις/πίσωματα όπως προκύπτει από (i) το μέσο ρυθμό καταβύθισης (2.6 mm/year) της παράκτιας ζώνης, και (ii) το γεγονός ότι, οι βαθύτερα καταβυθισμένες λιμενικές εγκαταστάσεις του Δυτικού Λιμένος (Εύνοστος), εντοπίστηκαν από το Jondet(1916) σε βάθος 8.5 m.



Σχ.8: Ηχογραφία στην οποία έχουν αποτυπωθεί γραμμικοί στόχοι, οι οποίοι τέμνονται κάθετα μεταξύ τους και πιθανώς σχετίζονται με ακίνητες μαρτυρίες ανθρώπινης δραστηριότητας.

Fig.8: Sonar image showing elongated features which may represent man-made structures.

Αν και η αποτύπωση της παράκτιας ζώνης, στα πλαίσια της ερευνηθείσας περιοχής, περιορίστηκε από τις ισοβαθείς των 5-6 m (Σχ.3,4), έδωσε ενθαρρυντικά στοιχεία για την πιθανή παρουσία καταβυθισμένων τμημάτων χέρσου ή/και εγκαταστάσεων.

Σε βάθη 5 έως 8 m διαπιστώθηκε η παρουσία γραμμικών στόχων, οι οποίοι διευθετούνται κάθετα προς την γενική ακτογραμμή της Αλεξάνδρειας και παράλληλα έως υποπαράλληλα προς την Άκρα Λοχιάδος (Σχ.4). Αυτοί οι γραμμικοί στόχοι παρουσιάζουν εύρος που κυμαίνεται από 5 έως 20 m, ενώ το μέγιστο μήκος τους ανέρχεται σε 135 m τουλάχιστον για την έκταση που έχουν αποτυπωθεί. Σε μία περίπτωση οι γραμμικοί στόχοι διαπιστώνεται ότι τέμνονται σχεδόν κάθετα μεταξύ τους (Σχ.8). Ο ιδιαίτερος ακουστικός χαρακτήρας που παρουσιάζουν οι γραμμικοί στόχοι στις ηχογραφίες (Σχ.8), δηλώνει ότι αποτελούνται από ευμεγέθη τεμάχια (blocks) αβεστολιθικής σύστασης, όπως έδειξε η οπτική παρατήρησή τους.

Η μορφολογική αποτύπωση ενός πολύ μικρού τμήματος του πυθμένα ανατολικά της απόληξης της Άκρας Λοχιάδος (Σχ.4), έδειξε ότι ο πυθμένας είναι πιθανόν να αποτελεί τμήμα καταβυθισμένης χέρσου καθώς παρουσιάζει ιδιαίτερο ακουστικό χαρακτήρα έναντι του γειτονικού βραχώδους πυθμένα. Η άποψη αυτή ενισχύεται από τα ευρήματα του Goddio(1998), καθώς οι καταβυθισμένες λιμενικές εγκαταστάσεις που εντόπισε δυτικά της Άκρας Λοχιάδος παρουσιάζουν παρόμοιο ακουστικό χαρακτήρα στις ηχογραφίες (Goddio 1998).

Αναμφίβολα, η θαλάσσια περιοχή ανατολικά της Άκρας Λοχιάδος αποτελεί περιοχή με σημαντικό αρχαιολογικό ενδιαφέρον, όπως η ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφροστος"- Αιρήμω Γεώλογος, ΑΠ.Θ. δεκαετία του 1960 (Σχ.2). Άλλωστε, οι αρχαιολόγοι-δύτες του Ινστιτούτου Μελετών Αρχαίας και Μεσαιωνικής Αλεξάνδρειας εντόπισαν

αρχιτεκτονικά μέλη ιδιαίτερης αξίας σε αυτή την περιοχή και σε απόσταση περίπου 30 m από στόχο εντοπισθέντα από τον ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων θαλάσσιας γεωφυσικής διασκόπησης, στην παράκτια ζώνη της Αλεξάνδρειας, για τον εντοπισμό κινητών και ακίνητων μαρτυριών ανθρώπινης δραστηριότητας, έδειξε:

- (i) Ο πυθμένας της ερευνηθείσας, περιοχής (16.7 km<sup>2</sup>) είναι βραχώδους σύστασης σε ποσοστό 65% και καλύπτεται από χαλαρά αμμώδη ιζήματα σε ποσοστό 35%.
- (ii) Σημαντικός αριθμός στόχων που πιθανώς σχετίζονται με κινητές μαρτυρίες ανθρώπινης δραστηριότητας, εντοπίστηκε σε τέσσερις περιοχές αμμώδους πυθμένα.
- (iii) Η ουστηματική εφαρμογή του σταδίου της αναγνώρισης σε δύο επιλεγμένους στόχους και για τις τρεις ερευνητικές περιόδους, έδειξε ότι η παρουσία οργανικής ιλύος από τους αποχετευτικούς αγωγούς της Αλεξάνδρειας δυσχεραίνει επιπλέον τον εντοπισμό και την αναγνώριση των στόχων.
- (iv) Αν και διερευνήθηκε ένα πολύ μικρό μέρος του πυθμένα με βάθη μικρότερα των 8m, προέκυψαν πολύ ενθαρρυντικά στοιχεία για την ύπαρξη καταβυθισμένων τμημάτων χέρσου ή/και εγκαταστάσεων.

## 6. ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θερμές ευχαριστίες εκφράζονται προς την Επιτροπή Ερευνών (κληροδότημα Καραθεοδωρή) του Παν/μίου Πατρών που υποστηρίζει αυτή την προσπάθεια. Οι θαλάσσιες γεωαρχαιολογικές έρευνες στην Αλεξάνδρεια αφιερώνονται στη μνήμη του Καθηγητή και Ακαδημαϊκού Αθανάσιου Πανάγου.

## 7. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- EMPEREUR, J.Y. (1998): *Alexandrie redécouverte*. Fayard/Stock, Paris, pp.253.
- EMPEREUR, J.Y. (2000): *Underwater archaeological investigations of the ancient Pharos*. In "Underwater archaeology and coastal management-Focus on Alexandria", Unesco Publishing, coastal management sourcebooks 2, France, pp.54-59.
- FRIHY, O.E. (1992): *Sea-level rise and shoreline retreat of the Nile Delta Promontories, Egypt*. Natural Hazards, 5, pp.65-81.
- GODDIO, F. (1998): *Alexandria-The submerged royal quarters*. Periplus Publishing, London Ltd-UK.
- HALIM, H. (2000): *Kamel Abul-Saadat: A pioneer in Alexandria underwater archaeology*. In "Underwater archaeology and coastal management-Focus on Alexandria", Unesco Publishing, coastal management sourcebooks 2, France, pp.46-53.
- JONDET, G. (1916): *Les portes submergés de l'ancienne île de Pharos*. Mémoires présentés à l'Institut Égyptien, IX: 101pp, planches I-IV, Cairo
- MORCOS, S.A. (2000): *Early discoveries of submarine archaeological sites in Alexandria*. In "Underwater archaeology and coastal management-Focus on Alexandria", Unesco Publishing, coastal management sourcebooks 2, France, pp.33-45.
- STANLEY, D.J & HAMZA F.H. (1992): *Terrigenous-carbonate sediment interface (Late Quaternary) along the northwestern margin of the Nile Delta, Egypt*, Journal of Coastal Research, 8, 1, pp.153-171.
- TZALAS, H.E. (2000): *The two ports of Alexandria. Plans and maps from the 14<sup>th</sup> century to the time of Mohamed Ali*. In "Underwater archaeology and coastal management-Focus on Alexandria", Unesco Publishing, coastal management sourcebooks 2, France, pp.22-32.