



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΦΥΣΙΚΗΣ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑΣ



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΓΕΩΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΟΝ ΚΟΛΠΟ ΤΟΥ ΛΕΧΑΙΟΥ (ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ)



ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

Χριστοφή Παναγιώτης

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών: “Γεωεπιστήμες και Περιβάλλον”

Κατεύθυνση: “Περιβαλλοντική Ωκεανογραφία”

Επιβλέπων: καθ. Γ. Παπαθεοδώρου

Πάτρα, 2017

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία με τίτλο «ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΓΕΩΡΧΑΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΟΝ ΚΟΛΠΟ ΤΟΥ ΛΕΧΑΙΟΥ (ΚΟΡΙΝΘΙΑΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ)» εκπονήθηκε στα πλαίσια του μεταπτυχιακού κύκλου σπουδών « ΓΕΩΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ» του τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Πατρών με κατεύθυνση «Περιβαλλοντική Ωκεανογραφία». Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας (Ε. ΘΑ. ΓΕ.Φ.Ω.) του τμήματος Γεωλογίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέπων καθηγητή μου κ. Γεώργιο Παπαθεοδώρου, για την άψογη συνεργασία μας για την εργασία αυτή αλλά και για όλο τον κύκλο σπουδών του μεταπτυχιακού.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω μέλη του Ε.ΘΑ.ΓΕ.Φ.Ω: την αναπληρώτρια καθηγήτρια κ. Μαρία Γεραγά, Δρ. Χριστοδούλου και τους υποψηφίους διδάκτορες του εργαστηρίου, Νίκο Γεωργίου, Ξενοφώντα Δήμα και Σπύρο Σεργίου για την τεράστια βοήθεια που μου έδωσαν μέσω συζητήσεων και παρατηρήσεων κατά όλη την διάρκεια της διπλωματικής εργασίας.

Τέλος, ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να δώσω στην οικογένεια μου και τους φίλους μου για όλη την στήριξη και ηθική συμπαράσταση για την ολοκλήρωση της διπλωματικής εργασίας αλλά και του μεταπτυχιακού.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία ειδίκευσης στοχεύει στην μελέτη της ανάπλασης των παλαιο-ακτών του αρχαίου λιμανιού του Λέχαιου και τον εντοπισμό πιθανών επιφανειακών και υπο-επιφανειακών στόχων στο αρχαίο λιμάνι του Λέχαιου, μέσα από την επεξεργασία δεδομένων γεωφυσικής διασκόπησης που συλλέχτηκαν στην περιοχή μελέτης.

Ο κόλπος του Λέχαιου, ο οποίος βρίσκεται Νοτιοανατολικά του Κορινθιακού κόλπου είναι σημαντικός για τον λόγο ότι είναι το λιγότερα μελετημένο κομμάτι της Κορινθιακής ρηξιγενούς ζώνης. Το αρχαίο λιμάνι του Λέχαιου χτίστηκε κατά το 600 BC όπου οι Κορίνθιοι επέκτειναν τις στρατιωτικές και εμπορικές τους δραστηριότητες ενώ λειτουργούσε από τον 4^ο αιώνα BC ως ναυτική βάση. Σήμερα το αρχαίο λιμάνι του Λέχαιου αποτελείται από παράκτια μέρη τα οποία είναι βυθισμένα μέσα στη θάλασσα και είναι υψίστης γεωλογικής και αρχαιολογικής σημασίας.

Η γεωφυσική διασκόπηση πραγματοποιήθηκε τον μήνα Νοέμβριο του 2013 και επακολούθησε συνέχεια της τον Νοέμβριο του 2014 και 2015. Χρησιμοποιήθηκε Τομογράφος υποδομής πυθμένα υψηλών συχνοτήτων 3,5kHz τύπου Pinger και Ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης (SSS), E.G&G. 272 TD τορπίλη διπλής συχνότητας (100 και 500kHz). Κατά την διάρκεια των ερευνών πραγματοποιήθηκαν 146 πορείες θαλάσσιας γεωφυσικής διασκόπησης, συνολικού μήκους 145,4km, με εμβαδό 8,5km² και μέγιστου βάθους 60m περίπου, οι οποίες επεξεργάστηκαν μέσο εξειδικευμένων προγραμμάτων στο Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας.

Μέσο του Τομογράφου Υποδομής Πυθμένα επιτεύχθηκε η διεύθυνση και καταγραφή της σεισμικής στρωματογραφίας κάτω από την επιφάνεια του πυθμένα όπου βοήθησε στην ανίχνευση και μελέτη γεωλογικών δομών αλλά και εντοπισμό τυχόν επιφανειακών και υποεπιφανειακών στόχων.

Ο Ηχοβολιστής Πλευρικής Σάρωσης απέδωσε πληροφορίες για την γεωμορφολογία του πυθμένα και για το παράκτιο μέρος του αρχαίου λιμανιού του Λέχαιου αλλά επίσης και τον εντοπισμό τυχόν επιφανειακών στόχων.

Με την περαιτέρω επεξεργασία των δεδομένων δημιουργήθηκαν βυθομετρικοί χάρτες, χάρτες ισοπαχών αλλά και ακουστικών τύπων της περιοχής μελέτης όπου βοήθησαν στην αναγνώριση των σεισμικών φάσεων και ακολούθως στην ερμηνεία τους.

Με την σύνθεση όλων των παραπάνω εκτιμήθηκε η χρονο-στρωματογραφία της περιοχής μελέτης και ανάπλαση της παλαιο-γεωγραφίας της περιοχής.

Πίνακας περιεχομένων

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	5
1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	5
1.2 ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ	5
2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	6
2.1 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	6
2.2 ΤΕΚΤΟΝΙΣΜΟΣ	7
2.3 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	13
3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	32
3.1 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	32
3.1.1 ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ (Η.Π.Σ.).....	34
3.1.2 ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΠΥΘΜΕΝΑ	35
3.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ	35
.....	36
.....	36
4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	36
4.1 ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ	37
4.1.1 ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΕΣ	40
5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	42
5.1. ΧΡΟΝΟ-ΣΕΙΣΜΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	42
5.2 ΠΑΛΑΙΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΖΩΝΗΣ ΤΟΥ ΑΡΧΑΙΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΤΟΥ ΛΕΧΑΙΟΥ	43
6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	49
6.1 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	52

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Κορινθιακός κόλπος αποτελεί μια επιμήκη θαλάσσια λεκάνη προσανατολισμένη σε διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ, η οποία διατέμνει την κεντρική ηπειρωτική Ελλάδα χωρίζοντας την Στερεά Ελλάδα από την Πελοπόννησο. Ο Κορινθιακός κόλπος εκτείνεται από το πορθμό του Ρίου – Αντιρρίου στα δυτικά έως και τον κόλπο των Αλκυονίδων στα ανατολικά.

Στα ανατολικά, ο Κορινθιακός Κόλπος χωρίζεται σε δύο μικρότερους κόλπους, τον κόλπο των Αλκυονίδων και τον κόλπο του Λέχαιου. Ο κόλπος του Λέχαιου στο νοτιότερο σημείο του φιλοξενεί τον αρχαίο λιμένα του Λέχαιου, ένα από τα σημαντικότερα λιμάνια της αρχαίας Κορίνθου.

Η μελέτη της υπάρχουσας βιβλιογραφίας, αποκαλύπτει το μεγάλο ερευνητικό ενδιαφέρον για τον αρχαίο λιμένα του Λέχαιου αλλά και του Κόλπου του Λέχαιου όπου με την βοήθεια σύγχρονων γεωφυσικών μεθόδων μας επιτρέπει την μελέτη της παλαιογεωγραφίας και της εξέλιξης της.

1.1 ΣΚΟΠΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στη παρούσα εργασία επεξεργάστηκαν και αναλύθηκαν δεδομένα τα οποία συλλέχθηκαν από τις ερευνητικές αποστολές του Εργαστηρίου Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας (Ε.Θ.Α.Γ.Ε.Φ.Ω) του Πανεπιστημίου Πατρών με συνεργασία με το πρόγραμμα « Lechaion Harbour Project» του πανεπιστημίου της Κοπεγχάγης. Σκοπός της εργασίας είναι:

- ❖ Η παλαιογεωγραφική ανάπλαση της παράκτιας ζώνης του αρχαίου λιμένα του Λέχαιου. (Κορινθιακός Κόλπος).
- ❖ Η ανάδειξη των εφαρμογών της θαλάσσιας γεωφυσικής έρευνας στη θαλάσσια γεωαρχαιολογία μέσα από τη παρουσίαση της μεθοδολογίας και των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τις συγκεκριμένες έρευνες στην παράκτια ζώνη του αρχαίου λιμένα του Λέχαιου.

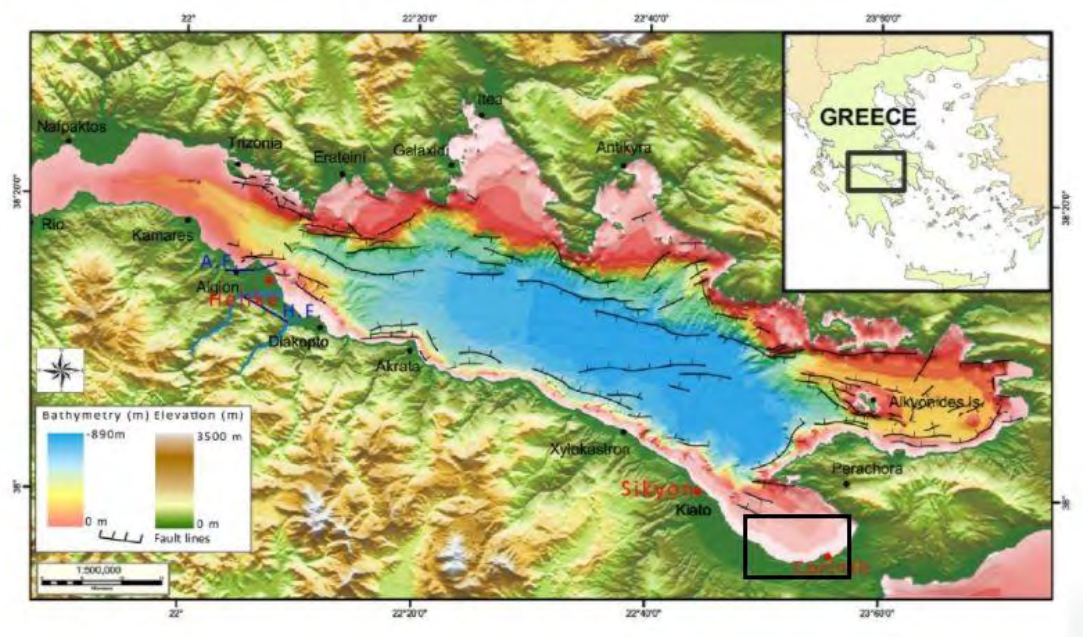
1.2 ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Στο δεύτερο κεφάλαιο , στο οποίο παρουσιάζεται μία βιβλιογραφική επισκόπηση στη περιοχή μελέτης για την βυθομετρία και τον τεκτονισμό της αλλά και για την ιστορική της αναδρομή. Στο 3^ο κεφάλαιο γίνεται αναφορά για τη μεθοδολογία που ακολουθήθηκε και στα κεφάλαια 4 και 5 παρατίθενται τα «Αποτελέσματα» και «Συζήτηση – Συμπεράσματα» .

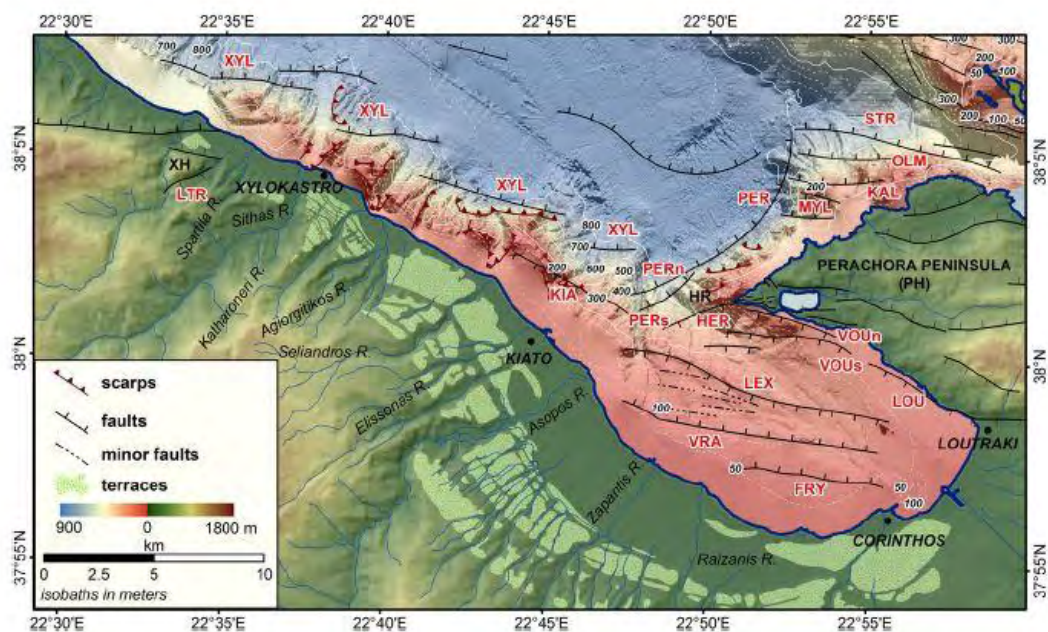
2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Στην εργασία αυτή, η περιοχή μελέτης είναι στον Ανατολικό Κορινθιακό κόλπο και συγκεκριμένα στον Κόλπο του Λέχαιου, στο παράκτιο μέρος του Αρχαίου Λιμανιού του Λέχαιου (Εικ. 2, 2.1).



Εικόνα 2: Βυθομετρικός και μορφολογικός χάρτης του Κορινθιακού κόλπου (Στεφάτος, 2005).



Εικόνα 2.1 : Βυθομετρικός, τεκτονικός χάρτης στο κόλπο του Λέχαιου (Charalampakis et al., 2014).

Ο Κόλπος του Λέχαιου έχει διεύθυνση ΒΔ- ΝΑ, όπου χωρίζεται από τον κύριο κόλπο από την ράχη του Ηραίου διεύθυνσης ΑΒΑ – ΔΝΔ (εικ. 2.1). Ο Κόλπος του Λέχαιου έχει μήκος 14 Km και 9 km πλάτος με αέρια επέκταση που φτάνει μέχρι και τα 120km². Είναι συμμετρικός σε διατομή στο νοτιοανατολικό άκρο και αλλάζει σε ασυμμετρικός στο βορειοδυτικό άκρο. Ο Κόλπος του Λέχαιου αρχίζει να βαθιάει στα βορειοδυτικά φτάνοντας ένα βάθος μέχρι τα 350 m. Η υφαλοκρηπίδα στα νότια επεκτείνεται μέχρι και την ισοπαχή των 150m. Είναι 5 km πλατύ μεταξύ του Κιάτου και της Κορίνθου και ο πυθμένας αρχίζει να βαθιάει ομαλά βορειοανατολικά με μία κλίση των 1,5°. Η υφαλοκρηπίδα στον βορρά είναι 2,5 km πλατιά και πολύ απότομη με κλίση περίπου 22°. Η μορφολογία του πυθμένα που αναφέρθηκε από πάνω δείχνει πως ο κόλπος του Λέχαιου είναι μία εικόνα καθρέφτη από τον κόλπο των Αλκυωνίδων (Sakellariou et al., 2007), με το περιθώριο της Περαχώρας να αντιπροσωπεύει τον άξονα συμμετρίας).

Βόρεια της ράχης του Ηραίου κατά μήκος του νοτιοανατολικού περιθωρίου του Κόλπου της Κορίνθου από το Ξυλόκαστρο προς τη χερσόνησο της Περαχώρας, μπορεί να διακριθούν δύο περιοχές. Η δυτική, κατά μήκος της ακτής της Πελοποννήσου, χαρακτηρίζεται από τρεις μορφολογικές ζώνες: την υφαλοκρηπίδα, την πλαγιά και τη λεκάνη (εικ.2.1). Η υφαλοκρηπίδα εκτείνεται μέχρι 100 m βάθος. Το πλάτος της ποικίλλει από 15 m λίγο έξω από το Ξυλόκαστρο σε 2,5 km στο Κιάτο στα ανατολικά. Η πλαγιά εκτείνεται σε ένα βάθος 100 έως 800 m, με μία μέση ΒΒΑ βύθιση. Η κλίση της πλαγιάς κυμαίνεται μεταξύ 17 ° και 22 ° στην άνω πλαγιά, ενώ στο κάτω μέρος της είναι πολύ πιο απότομη, υπερβαίνοντας τις 30 °. Ο πυθμένας της λεκάνης είναι επίπεδος φθάνοντας ένα βάθος 830 m (εικ.2.1).

Αντιθέτως, κατά μήκος της βορειοδυτικής ακτής της χερσονήσου της Περαχώρας, μόνο δύο μορφολογικές μονάδες μπορούν να διακριθούν σαφώς, η πλαγιά και η λεκάνη (εικ. 2.1). Η υφαλοκρηπίδα είναι πολύ στενή ή ανύπαρκτη. Σε όλες τις περιπτώσεις η πλαγιά ξεκινάει μόνο λίγα μέτρα μακριά από την ακτογραμμή, εκτείνεται για περίπου 2,2 km και φθάνει στο πυθμένα της λεκάνης σε βάθος 800 m. Το βύθισμα της πλαγιάς είναι προς τα βορειοδυτικά, με μέση τιμή 20 °, η οποία μπορεί να είναι μεγαλύτερη τοπικά (εικ.2.1)(Charalampakis et al., 2014).

2.2 ΤΕΚΤΟΝΙΣΜΟΣ

Η παραμόρφωση στην περιοχή του ανατολικού μέρους του Κορινθιακού Κόλπου περιλαμβάνει κυρίως 2 σετ από ρήγματα. Το πρώτο έχει διεύθυνση ΑΒΑ ενώ το δεύτερο ΔΒΔ (εικ. 2.1). Ο κόλπος του Λέχαιου οριοθετείται από ένα σετ παράκτιων τμημάτων ρηγμάτων. Μία σειρά από 4 βόρειας κατεύθυνσης παράκτια ρήγματα μαρκάρουν το βορειότερο περιθώριο του κόλπου, όπου χαρακτηρίζεται από μία πολύ στενή υφαλοκρηπίδα. Στο δυτικότερο μέρος σχηματίζεται το ρήγμα του Ηραίου (HER), το οποίο έχει διεύθυνση ΑΒΑ – ΔΝΔ και μήκος περίπου 4 km, με κλίση βυθίσματος περίπου 64°. Το ρήγμα αυτό μετατοπίζει τον πυθμένα 1500 m (Taylor et al., 2011), όπου τα υψηλά

κεκλιμένα ιζηματολογικά πακέτα που σχηματίζει μαρτυρούν την ενεργητικότητα του ρήγματος. Όσο προχωράμε ανατολικά, υπάρχουν 2 παράλληλα ρήγματα, Βόρεια Βουλιαγμένη (VOUn) και Νότια Βουλιαγμένη (VOUs) τα οποία τρέχουν κατά μήκος της βραχώδης χερσόνησος της Περαχώρας. Το ανατολικότερο κομμάτι του Κόλπου του Λέχαιου περιθωριοποιείται από το ρήγμα του Λουτρακίου (LOU). Επεκτείνεται περισσότερο από 3 km σε διεύθυνση ΝΑ – ΒΔ, μέχρι την πόλη Λουτράκι όπου συναντά την πορεία του χερσαίου ρήγματος του Λουτρακίου (LOU).

Στο νοτιότερο περιθώριο του Κόλπου του Λέχαιου σχηματίζεται από μία πολύ καλά εξελιγμένη υφαλοκρηπίδα, η οποία βαθαίνει ομαλά προς τον Βορρά. Η απότομη αλλαγή στη κλίση της πλαγιάς μεταξύ της πλαγιάς και της Νότιας Υφαλοκρηπίδας του κόλπου του Λέχαιου είναι μαρκαρισμένη από ένα άλλο ρήγμα κατεύθυνσης προς τον Νότο, το ρήγμα του Λέχαιου (LEX). Έχει μία διεύθυνση σχεδόν Α-Δ και επεκτείνεται για πάνω από 12 km, με μέση κλίση βυθίσματος 61°.

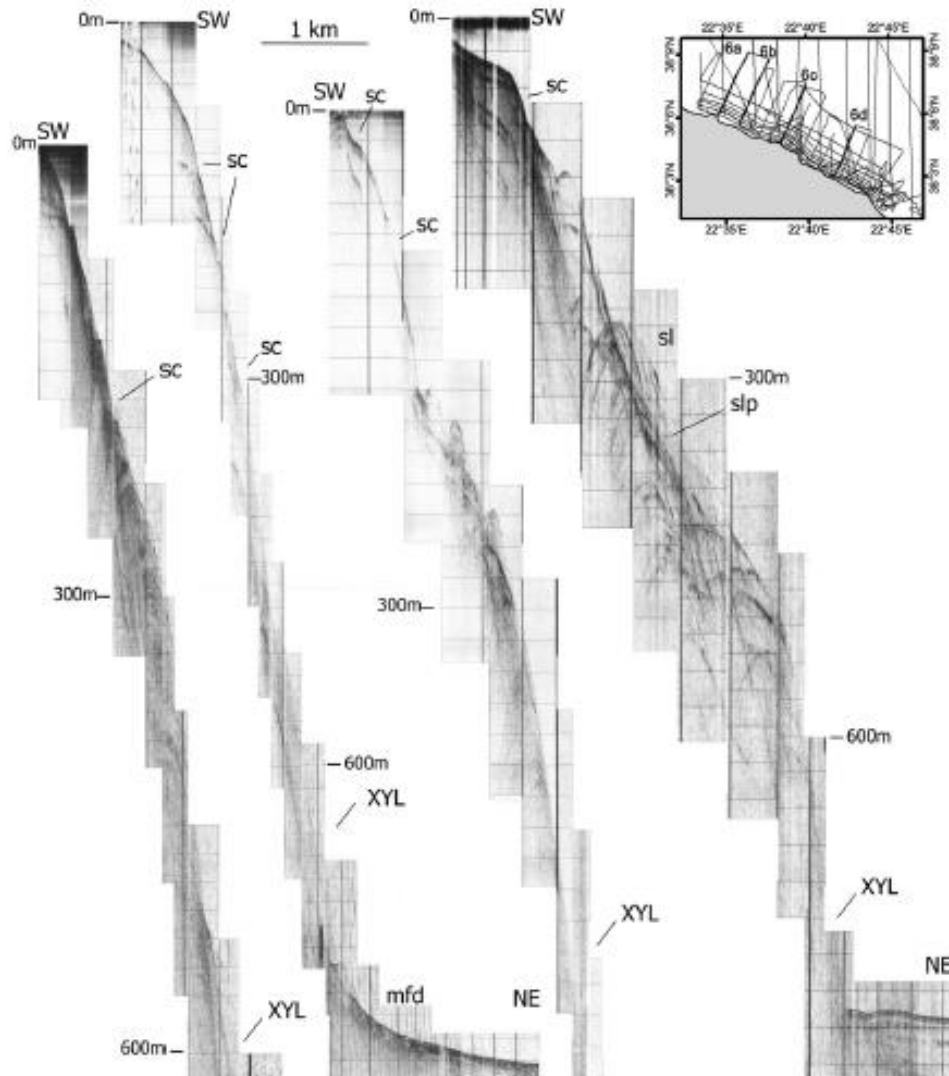
Περαιτέρω προς το Νότο, κοντά στην ακτογραμμή, είναι το ρήγμα της Βραχάτης (VRA), με κατεύθυνση προς τον Βορρά. Επεκτείνεται σχεδόν 11 km σε κατεύθυνση Α-Δ, με μέση κλίση βυθίσματος 56°. Τα δύο αντίθετα προσανατολισμένα ρήγματα, LEX και VRA, παραμορφώνουν το ιζηματολογικό κάλυμμα της υφαλοκρηπίδας. Νότια του ρήγματος VRA, το ρήγμα της Φρύνης με κατεύθυνση προς τον Βορρά (FRY) φαίνεται να αφήνει ένα σημείο ορίζοντα που υπολογίζεται στα 12 ka από 10 m, δείχνοντας τον τεκτονικά ενεργό χαρακτήρα της περιοχής παρόλο που οι ρυθμοί ιζηματογένεσης υπερβαίνουν την κίνηση των ρηγμάτων.

Μεταξύ των ρηγμάτων VRA και LEX, ένα δεύτερο σετ από τουλάχιστον 3 με 4 μικρό-ρήγματα κατεύθυνσης Α-Δ παραμορφώνει τα ιζήματα. Αυτά τα μικρό-ρήγματα είναι παράλληλα του ρήγματος LEX και παίρνουν μέρος στην επέκταση, λόγω της γρήγορης καταβύθισης του χώρου απόθεσης (depo-center) του κόλπου του Λέχαιου λόγω του « hanging wall» του ρήγματος HER (Charalampakis et al., 2014).

Ο Κόλπος της Κορίνθου χωρίζεται από τον κόλπο του Λέχαιου από ένα τεκτονικό κέρασ (horst), το οποίο σχηματίζεται από το ρήγμα του Ηραίου (HER) στα νοτιανατολικά και από το ρήγμα της Περαχώρας (PER) στα βορειοδυτικά. Αυτό το τεκτονικό κέρασ αποτελεί την προέκταση του Ακρωτηρίου του Ηραίου προς τα δυτικά(εικ.2.1).

Το νοτιοανατολικό περιθώριο του Κόλπου της Κορίνθου οριοθετείται από μια σειρά από τέσσερα ΔΒΔ-ΑΝΑ ρήγματα της λεκάνης (XYL). Αυτά τα ρήγματα καθορίζουν το όριο της πλαγιάς της λεκάνης, με τα επίπεδα των ρηγμάτων να λειτουργούν ως μέρος της πλαγιάς(εικ.2.2). Η γεωμετρία των ρηγμάτων επιβάλλει μία σαν σκαλωτή διαμόρφωση στην μορφολογία της πλαγιάς και στην άκρη της λεκάνης (εικ.2.1). Τα τμήματα των ρηγμάτων έχουν μήκος που κυμαίνεται από 3 μέχρι και 6 km και παράγουν μία έκταση που υπερβαίνει τα 580m ύψος. Το ανώτατο τμήμα αυτής της έκτασης έχει υποχωρήσει λόγω της διάβρωσης που προκλήθηκε από κατολισθήσεις (εικ.2.2), συμβάλλοντας έτσι στην εισροή ιζημάτων στην λεκάνη. Λόγω της έκτασης της διάβρωσης είναι δύσκολο να διαπιστωθεί εάν η σημερινή πλαγιά του πυθμένα είναι το επίπεδο του ρήγματος ή είναι αποτέλεσμα της διάβρωσης. Η μέση κλίση των τμημάτων των ρηγμάτων κοντά στην βάση (όπου η διάβρωση είναι η μικρότερη) είναι πάνω από 30 °, παρόμοια με την τιμή

των 48°, που αναφέρεται από τους Taylor et al., (2011), ενώ κάτω από το πυθμένα της λεκάνης η κλίση του ρήγματος πέφτει στις 25° δίνοντας ένα λιστροειδές χαρακτήρα στα τμήματα του ρήγματος (Taylor et al., 2011).



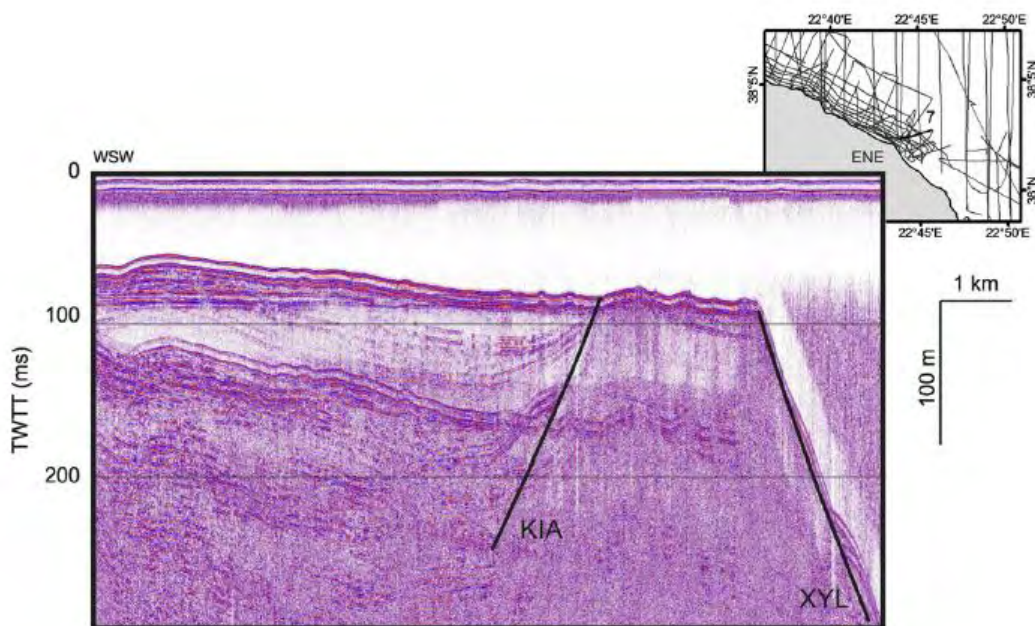
Εικόνα 2.2: Μόνο κανάλι 3,5 kHz (a,b,c) και Sparker (d), σεισμικά προφίλ τομογράφου υποδομής πυθμένα κατά μήκος του νοτιοανατολικού περιθωρίου του κόλπου της Κορίνθου (βλ. Ένθετο χάρτη για την θέση γραμμών έρευνας). Συντομογραφίες: XYL - ρήγμα Ξυλόκαστρου, sc – (απότομη κατωφέρεια) scarp, slp - ολισθηρό επίπεδο, mfd - αποθέσεις ρωών μαζών (Charalampakis et al., 2014).

Μέρος αυτών των τμημάτων έχει επίσης αναγνωριστεί από προηγούμενες μελέτες (το ρήγμα της Λικοπωρίας από τους Bell et al., 2009 και το ρήγμα Sithas από τους Taylor et al., 2011). Αυτή η σαν σκαλωτή μορφολογία των ρηγμάτων θεωρήθηκε έως ένα ρήγμα κατεύθυνσης ΔΒΔ –ΑΝΑ με μήκος 20 km και περισσότερο (Armijo et al., 1996). Η απουσία

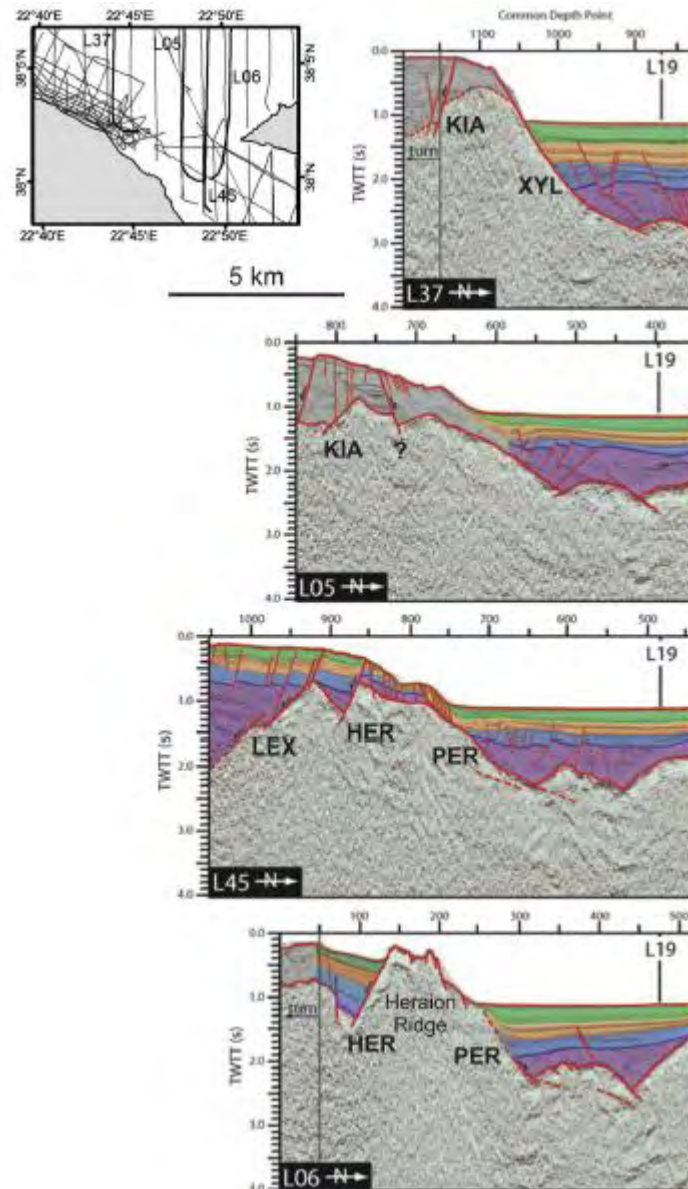
ιστορικών αποδείξεων για σεισμούς μεγαλύτερους των MI 6.5 στην περιοχή (Paradopoulos et al., 2000) προτείνει ότι η παρουσία μικρότερων τμημάτων αντί ενός ρήγματος φαίνεται πιο λογικό.

Η συνολική μορφολογία των παρατηρούμενων ασταθειών της πλαγιάς δείχνει πρόσφατη και συνεχή δραστηριότητα. Οι εκτεταμένες κατολισθήσεις της άνω πλαγιάς ελέγχουν τοπικά το πλάτος της υφαλοκρηπίδας. Εντούτοις, οι διεργασίες διάβρωσης φαίνεται να αποτυγχάνουν να υποβαθμίσουν την κατώτερη πλαγιά, όπου η συνεχής μετατόπιση κατά μήκος του επιπέδου του ρήγματος προσφέρει έναν αντισταθμιστικό μηχανισμό για τη διάβρωση, υποδεικνύοντας την υψηλή δραστηριότητα του ρήγματος.

Στο τείχωμα βάσης του ανατολικού τμήματος του ρήγματος ΧΥΛ, ένα κανονικό ρήγμα με νότια βύθιση, το ρήγμα Κιάτο (ΚΙΑ) αναπτύσσεται. Επεκτείνεται περίπου 6 km, με προσανατολισμό ΔΒΔ – ΑΝΑ (εικ.2.1 και εικ.2.3) και μία γωνία κλίσης που φθάνει μέχρι τις 75 ° (εικ.2.4, Taylor et al., 2011). Τα ιζήματα που γεμίζουν το επικρεμαμένο τοίχωμα στο ρήγμα ΚΙΑ είναι περισσότερο από 1 km πάχος (Taylor et al., 2011) σχηματίζοντας μια υφαλοπρηπίδα πλάτους 2,5 km, πολύ ευρύτερη από τις γειτονικές περιοχές. Αυτό το ρήγμα θεωρείται ως η υπεράκτια προέκταση παρόμοιου, φαινομενικά ανενεργού χερσαίου ρήγματος, του ρήγματος Λουτρό του Sakellariou et al., (2004), δυτικά της πόλης του Ξυλόκαστρου, οριοθετώντας την νότια πλευρά του τεκτονικού κέρατος του Ξυλόκαστρου.



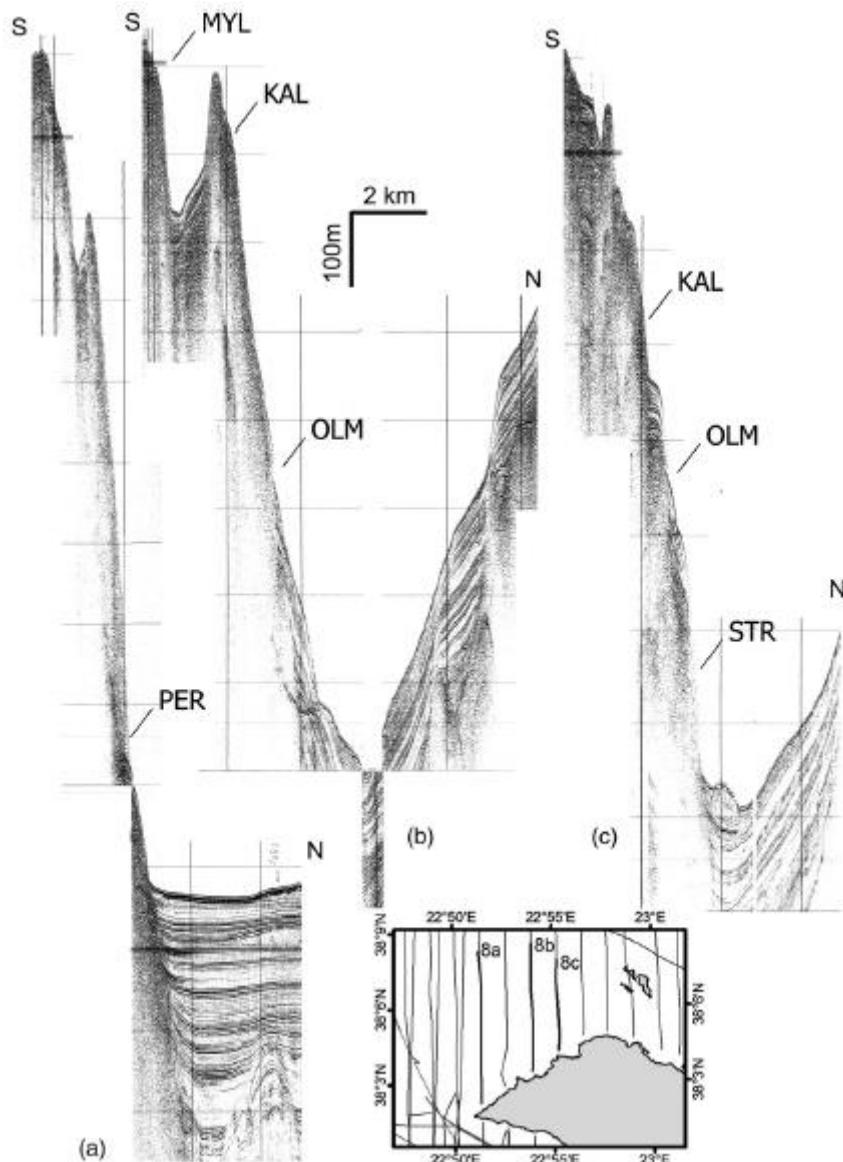
Εικόνα 2.3: Σεισμικό προφίλ τομογράφου υποδομής πυθμένα μόνου καναλιού τύπου Sparker που απεικονίζει το ρήγμα Κιάτο (ΚΙΑ), στο υποκείμενο τμήμα του ρήγματος του Ξυλόκαστρου (XYL) (βλ. εσωτερικό χάρτη για την θέση του σεισμικού προφίλ).



Εικόνα 2.4: Ερμηνευμένα σεισμικά προφίλ πολλαπλών καναλιών του ανατολικού τμήματος του κόλπου της Κορίνθου (βλ. ένθετο χάρτη για την θέση των γραμμών έρευνας). Τα ονόματα των ρηγμάτων όπως και ο χαρακτηρισμός των ακολουθιών των ιζημάτων στο υποκείμενο τέμαχος του ρήγματος του Ηραίου στην πορεία L06, έχει τροποποιηθεί από Charalampakis et al., 2014. Συνομογραφίες: HER – Ρήγμα του Ηραίου, KIA – Ρήγμα του Κιάτου, LEX – Ρήγμα του Λέχαιου, PER – Ρήγμα της Περαχώρας, XYL – Ρήγμα του Ξυλόκαστρου. Χρονοστρωματογραφικά χρώματα: Πράσινο – 0 με ~130ka, πορτοκαλί - ~130~335 ka, Μπλε - ~335 ka με ~680 ka, και μωβ – άνω των 680 ka (Taylor et al., 2011).

Κατά μήκος της βορειοδυτικής ακτής της χερσονήσου της Περαχώρας, παράλληλα με την ακτή, αναπτύσσεται το ρήγμα της Περαχώρας (PER)(εικ.2.1). Έχει ένα προσανατολισμό ΝΔ- ΒΑ και μήκος περίπου 11 km. Το επίπεδο του ρήγματος λειτουργεί ως τμήμα της πλαγιάς και η έκταση του υπερβαίνει τα 540 m ύψος (εικ.2.5). Η συσσωρευτική κατακόρυφη μετατόπιση του ρήγματος υπερβαίνει την σεισμική διείσδυση, οδηγώντας σε

ελάχιστη μετατόπιση άνω των 1000 μέτρων. Η βύθιση του ρήγματος ποικίλλει από περίπου 20 ° στο άνω μέρος, και σχεδόν 50 ° κάτω από τα ιζήματα της λεκάνης. Καθώς το ρήγμα εκτείνεται προς τα νοτιοδυτικά διευρύνεται σε δύο τμήματα, PERs και PERn, περίπου 3 km το καθένα. Στα βορειοανατολικά, το ρήγμα PER τελειώνει στην άκρη του ρήγματος Στράβα (STR), ενώ το υποκείμενο τέμαχος του εκτείνεται από τρία ρήγματα βορείου βυθίσματος (MYL, KAL & OLM) με σχεδόν Α-Δ προσανατολισμό και μήκη που ποικίλλουν από 2,5 με 4,5 km(εικ.2.1). Αυτά τα ρήγματα φαίνεται να είναι η συνέχεια στην ανοικτή θάλασσα από παρόμοια χερσαία ρήγματα (Charalampakis et al., 2014).



Εικόνα 2.5: Σεισμικά προφίλ ενός καναλιού 10 in³ τύπου air-gun απέναντι από την χερσόνησο της Περαχώρας (βλ. ένθετο χάρτη για την θέση των γραμμών έρευνας). Συντομογραφίες: KAL – Ρήγμα Καλοσσία, MYL – Ρήγμα Μηλοκόπι, OLM – Ρήγμα Όλμιο, PER – Ρήγμα Περαχώρας, STR – Ρήγμα Στράβας (Charalampakis et al.,2014).

2.3 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η Αρχαιολογική θέση του αρχαίου λιμένα του Λέχαιου βρίσκεται στο Νοτιοανατολικό άκρο του Κορινθιακού κόλπου, 3 km στα δυτικά της νέας πόλης της Κορίνθου (εικ. 2.6). Μαζί με το λιμάνι των Κεγχρεών, αντιπροσωπεύει ένα από τα λιμάνια της αρχαίας πόλης της Κορίνθου. Σύμφωνα με αρχαιολογικά δεδομένα, η κατασκευή του χρονολογείται 6^ο – 7^ο αιώνα π.χ. κατά την διάρκεια της βασιλείας του Περιάνδρου (Rothaus, 1995), και παράμεινε λειτουργικό και μετά την Ρωμαϊκή περίοδο (Pallas, 1959, 1965; Rothaus, 1995; Stiros et al., 1996).

Το λιμάνι εντοπίζεται μέσα σε ένα βάλτο, χαρακτηριζόμενο από ένα εξωτερικό λιμάνι με 2 μόλους και ένα τεχνητό ανασκαμμένο λιμάνι (cothon), ενωμένο με τον Κορινθιακό κόλπο από ένα κανάλι με σειρές από πετρές (εικ.2.6b). Συνεχής διαδικασία βυθοκόρησης του λιμανιού φαίνεται από τους λόφους από άμμο και από βότσαλα που βρίσκονται στο τέλος της άμμου περιθωριοποιημένοι από διατηρημένους τοίχους, που διαχωρίζουν το την εσωτερική λεκάνη του λιμανιού από τους μόλους του εξωτερικού λιμανιού (Morhange et al., 2012; Pallas, 1960; Rothaus, 1995).

Κατά την διάρκεια του τέλους του 5^{ου} αιώνα με αρχές του 6^{ου} αιώνα μ.χ., μία Νεότερη Χριστιανική Βασιλική κατασκευάστηκε στο δυτικό σημείο που τελειώνει η άμμος ξεχωρίζοντας τη εσωτερική λεκάνη του λιμανιού από την ακτογραμμή. Η Βασιλική πρέπει να χρησιμοποιήθηκε για μικρό χρονικό διάστημα αφού αρχαιολογικά δεδομένα προτείνουν πως καταστράφηκε από σεισμική δραστηριότητα στο μέσο του 6^{ου} αιώνα μ.χ. (Pallas, 1956,1959,1960,1965; Rothaus, 1995). Αυτή η καταστροφή είναι ανάλογη με την εκτενή καταστροφή παραπεταμένη στην περιοχή της αρχαίας Κορίνθου (Pallas, 1956; Rothaus, 1995; Scranton, 1957), και μπορεί να σχετίζεται με τον σεισμό του 551 μ.χ. (Pallas, 1956,1959,1960,1965).

Πρόσφατα έργα συντήρησης που έγιναν στην Νεότερη Χριστιανική Βασιλική ανάδειξαν το διακοσμημένο πάτωμα του ναού το οποίο διατηρεί δομές παραμόρφωσης που δείχνουν ρευστοποίηση επαγόμενη από σεισμό (D. Minos – Minoroulos et al., 2015).



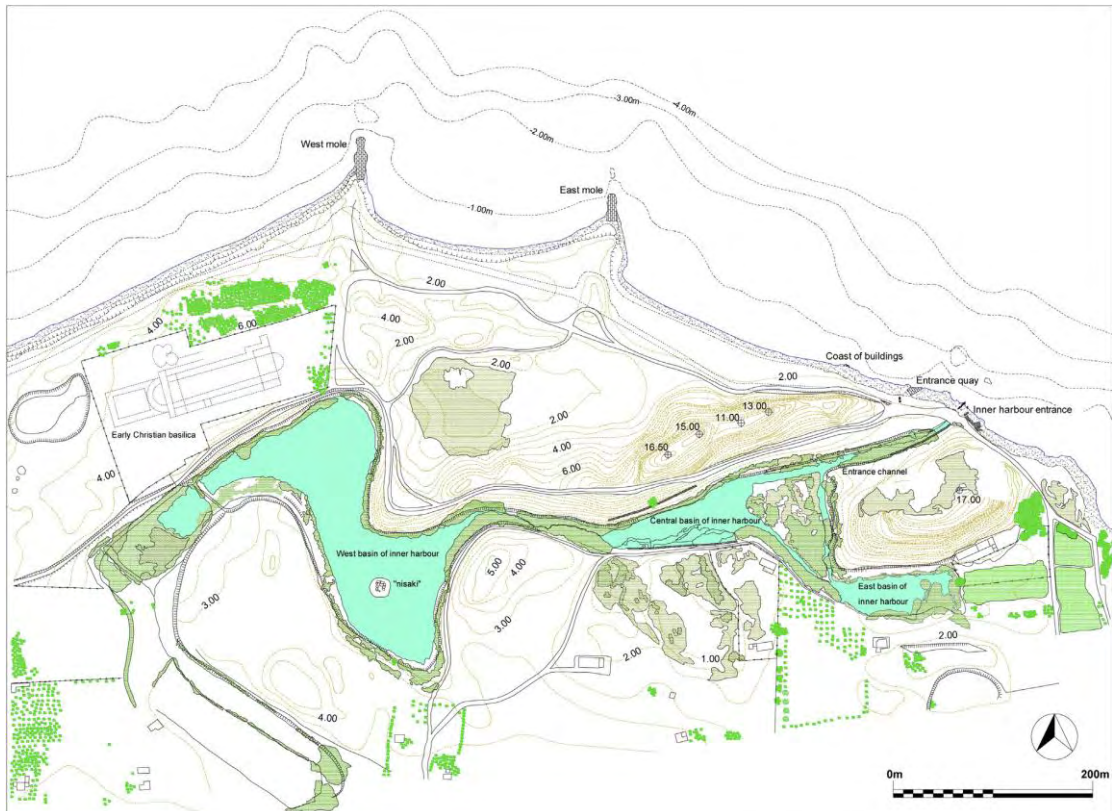
Εικόνα 2.6: α) Χάρτης της περιοχής της Κορίνθου, με την περιοχή έρευνας, ενεργά ρήγματα από Sakellariou et al. (2007) και Charalampakis et al. (2014); V: Ρήγμα Βραχάτης. β) Αρχαίος λιμένας του Λέχαιου και τοποθεσία της Νεότερης Χριστιανικής Βασιλικής (D. Minos- Minoπουλος et al. (2015).

2.3.1 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΛΟΓΗΣΗ ΑΡΧΑΙΩΝ ΛΙΜΕΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ

Η Έλλειψη δεδομένων από αρχαιολογικές ανασκαφές καθιστά δύσκολη τη χρονολόγηση των εγκαταστάσεων του λιμένα και είναι δυνατή μόνο η συσχέτιση με ιστορικά γεγονότα όπως οι φάσεις ακμής και παρακμής της Αρχαίας Κορίνθου. Η έμμεση χρονολόγηση τους επιτυγχάνεται από τις συνοδευτικές κατασκευές που ερευνήθηκαν εδώ, που μπορούν να παρέχουν ενδείξεις και για την χρονολόγηση της κατασκευής τους, της επισκευής τους και τις εργασίες διεύρυνσης τους.

Στην τοποθεσία του Αρχαίου Λιμανιού, υπάρχει ένας χείμαρρος όπου αρχικά ξεχύθηκε μέσα στην θάλασσα με σποραδικές πλημμύρες. Στην περιοχή του, που προχωράει ελικοειδώς σχηματίζεται ένας ρηχός βάλτος, χωρισμένος από την θάλασσα από ένα στενό αμμώδες φράγμα (εικ.2.7).

Η σημερινή τοπογραφία του λιμανιού του Λέχαιου (Georgiades,1907; Skias, 1907; Paris, 1915; Shaw, 1969; Rothaus, 1995), με τις λεκάνες του λιμανιού να τις περιβάλλουν λόφοι από άμμο, είναι σε μεγάλο βαθμό το αποτέλεσμα των ανθρώπινων παρεμβάσεων στο φυσικό τοπίο, για να διαμορφώσουν το λιμάνι του αρχαίου Λέχαιου με εξωτερικό και εσωτερικό λιμένα συνολικής έκτασης ~ 150.000 m² (Rothaus, 1995). Είναι ένα λιμάνι της κατηγορίας «dredged» ή «cothon», δηλαδή ένα τεχνητό ανασκαμμένο λιμάνι, ένα πολύτιμο τεχνικό έργο, δεδομένου ότι είναι το μόνο γνωστό παράδειγμα στην Ελλάδα (Rothaus, 1995). Τα έργα στον εξωτερικό λιμένα περιλαμβάνουν τις δύο εκτεταμένες λεκάνες του λιμανιού, οριοθετημένες από δύο – τρεις κυματοθραύστες που έχουν κατασκευαστεί στο άκρο τριών αντιστοιχών αμμοβολών (Georgiades, 1907; Paris, 1915). Τα ερείπια των δύο δυτικών μόλων εξακολουθούν να είναι ορατά, και στα ανατολικά ένα στενό πέτρινο κανάλι οδηγεί από τη θάλασσα προς τις λεκάνες του εσωτερικού λιμένα. Οι Paris (1915), Roux (1958), Sakellariou και Faraklas (1971), και Theodoulou (2002) αμφισβητούν πως υπήρχε μία δεύτερη είσοδος, στην προέκταση του δυτικού μόλου, που επίσης προστάτευε. Ο εξωτερικός λιμένας εξασφάλιζε την είσοδο των πλοίων (Paris, 1915), την αποβίβαση των επιβατών και την εκφόρτωση των φορτίων των πλοίων. Είναι ένα αγκυροβόλιο σε συνθήκες χωρίς αέρα αλλά είναι εκτεθειμένο στην ανοιχτή θάλασσα στους κυριότερους ΒΔ και Β ανέμους. Συνεπώς, δεν είναι αυτό ένα ασφαλές καταφύγιο για πλοία τα οποία επιδιώκουν αυτό στο εσωτερικό λιμένα. Ο συνδυασμός εξωτερικών και εσωτερικών λιμανιών ελαχιστοποίησε τα μειονεκτήματα, κάνοντας το λιμάνι λειτουργικό σε όλες τις καιρικές συνθήκες. Οι εγκαταστάσεις περιλαμβάνουν επίσης αποβάθρες, κυματοθραύστες, προβλήτες και πολυάριθμες αποθήκες και άλλες βοηθητικές λιμενικές εγκαταστάσεις(εικ.2.7).



Εικόνα 2.7: Σχεδιάγραμμα από το Λιμάνι του Λέχαιου (Mourtzas et al., 2014).

Το λιμάνι ήταν συνδεδεμένο με την αρχαία πόλη μέσω του « Lechaion Way » που ξεκίνησε στη μνημειακή είσοδο της πόλης (Parachatzis, 1976) και τερμάτιζε στο νότιο τμήμα του λιμανιού, καθώς και από δευτερεύοντα δρόμο στα δυτικά του (Skias, 1907). Το γεγονός ότι το λιμάνι είχε τείχη δηλώνει την σημασία του για την πόλη (Skias, 1907, Parsons, 1932). Ένας τοίχος πιθανόν να υπήρχε και στην παράκτια ζώνη, βόρεια από τις εσωτερικές λιμενικές λεκάνες. Τα ερείπια ανατολικά και δυτικά του καναλιού της εισόδου στο εσωτερικό λιμάνι είναι ίσως υπολείμματα του παράκτια περιβόλου. Μεγάλης έκτασης τείχη, μήκους 2 km, οχύρωναν την είσοδο στο αρχαίο λιμάνι του Λέχαιου από την πόλη της Κορίνθου (Parsons, 1932). Χτίστηκε στα μέσα του 5^{ου} αιώνα π.χ., όπου στάθηκαν μέχρι το 146 π.χ., όταν άρχισε η βαθμιαία φθορά τους (Parsons, 1932). Σύμφωνα με τον Parsons (1932), το τέλος του δυτικού τμήματος των τοίχων (Skias, 1895) ήταν μια ρωμαϊκή κατασκευή, χτισμένη από επαναχρησιμοποιημένο υλικό (spolia) από τους μεγάλους τείχους. Το τέλος του ανατολικού τμήματος των τοίχων, με σειρές από συσφαιρωμένα μπλοκ στο κάτω μέρος, ήταν η βάση για την άνω δομή με τα τούβλα, παρόλο αν και η πιθανότητα ότι η κατασκευή ήταν εξολοκλήρου από πέτρα σε ορισμένα σημεία δεν μπορεί να αποκλειστεί (Parsons, 1932).

Στον λόφο Κορακά, κοντά στη θάλασσα, 1km ανατολικά από το λιμάνι του Λέχαιου, ήταν ένας προϊστορικός οικισμός που άκμασε στην Τρίτη χιλιετία π.Χ. και εγκαταλείφθηκε στο τέλος των Μυκηναϊκών Εποχών (1000 π.Χ.) (Blegen, 1921). Το οποίο θα μπορούσε να

συνδεθεί με το λιμάνι ή την ακτή του Λέχαιου, για τα οποία μελετητές πρότειναν την πιθανή συνεχή χρήση του από τους προϊστορικούς χρόνους (Rothaus, 1995).

Δεδομένου ότι η ακτή του Λέχαιου ήταν μακράν το καλύτερο μέρος για ένα λιμάνι της Κορίνθου, είχε προταθεί ότι η κατασκευή του πρέπει να συσχετιστεί χρονολογικά με τη σειρά των συμφερόντων των Κορινθίων στις θάλασσες (Wiseman, 1978). Όσον αφορά τη θέση του λιμανιού, ο Romano (2003) προτείνει πως το Ελληνικό Λιμάνι του Λέχαιου βρίσκεται περίπου 1 km Δυτικά και πως δεν υπάρχουν απομεινάρια αυτής της φάσης που μπορεί να ανιχνευθούν στον σημερινό χώρο του λιμανιού του Λέχαιου.

Ωστόσο, παρόλο που η περίοδος των Κυψελίδων (7^ο – 6^ο αι. π.Χ.) συνδέεται με την πρώτη φάση των εργασιών στο λιμάνι, είναι πολύ πιθανό πως οι εργασίες ξεκίνησαν νωρίτερα για τη διαμόρφωση του Λέχαιου, όταν οι θάλασσες χρησιμοποιήθηκαν για εμπορική επέκταση της Κορίνθου προς την Δύση και την ίδρυση αποικιών. Συγκεκριμένα, στις αρχές του 9^{ου} αι. π.Χ. οι Κορινθίοι εξήγαγαν Πελοποννησιακά αγγεία στην Ιθάκη και στα τέλη του αιώνα ίδρυσαν μια αποικία στο νησί για τον έλεγχο των δρομολογίων προς την Ιόνια θάλασσα και εξυπηρετούσαν δρομολόγια προς τις ακτές της Ιλλυρίας για την απόκτηση μετάλλων. Επιπλέον, τον 8^ο αιώνα π.Χ. (733 π.Χ.) ίδρυσαν μια από τις σημαντικότερες τους αποικίες στη Δύση, τις Συρακούσες.

Τα πρώτα έργα για τη δημιουργία των λιμενικών εγκαταστάσεων φαίνεται να είχαν αρχίσει τον έβδομο με έκτο αιώνα π.Χ., όταν η περιοχή ανάμεσα στον βάλτο και την ακτή ήταν γεμάτη με ογκόλιθους, έτσι ώστε ο χώρος διαβίωσης μεταξύ τους να ήταν ενισχυμένος και επεκταμένος (Pallas, 1963). Στα διάκενα μεταξύ των ογκόλιθων, σε ένα βάθος 3-4m, το οποίο αποκαλύφθηκε μετά τον καθαρισμό των φρεατίων των σπιτιών γύρω από την παλαιοχριστιανική βασιλική του Λέχαιου, βρέθηκαν κομμάτια από Κορινθιακά αγγεία. Αυτά δείχνουν ότι ο φραγμός από ογκόλιθους ήταν ένα από τα πρώτα δαπανηρά έργα της διαμόρφωσης του λιμανιού κατά την εποχή των Κυψελίδων (7^ο – 6^ο αι. π.Χ.) (Pallas, 1963), κατά την διάρκεια της οποίας η Κόρινθος απολάμβανε μεγάλη άνθιση. Θα μπορούσε να υποτεθεί ότι ήδη από αυτή την περίοδο τμήματα του μαιάνδρου έγιναν βαθύτερα και ενώθηκαν για να σχηματίσουν τουλάχιστον τρεις εσωτερικές λεκάνες και την έξοδο του καναλιού προς την θάλασσα (Theodoulou, 2002).

Οι αμμόλοφοι, ορατοί μέχρι σήμερα, δίπλα από τις λεκάνες, είναι υπολείμματα του τεχνητού σχηματισμού του εσωτερικού λιμανιού και προήλθαν από τις εργασίες για την βυθοκόρηση και εκβάθυνση του. Ωστόσο, δεν μπορεί να τεκμηριωθεί με ασφάλεια αν ο σχηματισμός των λόφων από άμμο – και κατά συνέπεια τα έργα για το σχηματισμό του εσωτερικού λιμανιού – είχε αρχίσει ήδη από την Αρχαϊκή περίοδο. Κατά την άποψη του Wiseman (1978) πιθανότατα χρονολογούνται από τη ρωμαϊκή φάση του επαναπατρισμού της Κορινθίας το 44 π.Χ. Ο Rothaus (1995) σημειώνει επίσης τη δυσκολία στην χρονολόγηση της κατασκευαστικής ακολουθίας του λιμανιού, παρατηρώντας ότι τα κομμάτια που βρέθηκαν στα διάκενα των ογκόλιθων απλώς ορίζουν ένα « *terminus post quem*» για τη συσσώρευση αυτών.

Είναι πολύ πιθανό ότι η τεκμηρίωση του λιμανιού μέσω εκσκαφών, θα μπορούσε να δώσει ασφαλέστερα δεδομένα για τις κατασκευαστικές φάσεις. Η πρώτη φάση κατασκευής του λιμανιού, και μάλιστα το σχηματισμό του εσωτερικού λιμένα, συνδέεται με τη βασιλεία

του τύραννου Περίανδρου 600 π.Χ. Σύμφωνα με τον Salmon (1984), η απόφαση του Περίανδρου να κατασκευάσει ένα τεχνητό λιμάνι στο πλησιέστερο σημείο στην Κόρινθο, το Λέχαιο, είναι ενδεικτικό της μεγάλης εμπορικής δραστηριότητας που έπρεπε να εξυπηρετηθεί. Συσχετίζει την αναγκαιότητα της δημιουργίας ενός εσωτερικού λιμανιού με το γεγονός ότι η ακτή στο Λέχαιο και οι άλλες παραθαλάσσιες περιοχές κοντά δεν προσφέρουν κατάλληλο καταφύγιο για τα πλοία. Τονίζεται επίσης ότι ένα έργο αυτής της κλίμακας ανταποκρινόταν στις ικανότητες των μηχανικών του Περίανδρου, οι οποίοι είναι πλέον διαπιστευμένοι με την κατασκευή του Διόλκου. Ο Rothaus (1995) συνδυάζει επίσης την πρώτη φάση κατασκευής του εξωτερικού λιμένα με την εποχή του Περίανδρου και με την κατασκευή του Διόλκου. Επί την βάση των κατασκευαστικών ομοιοτήτων με τον Διόλκο, ο οποίος, ωστόσο, αυτός χαρακτηρίζει ως αδύναμο, αποδίδει τους δύο μόλους του εξωτερικού λιμένα στην Αρχαϊκή φάση κατασκευής του λιμανιού.

Η στρωματογραφία της εκσκαφής της περιοχής μεταξύ του βάλτου και της θάλασσας συμπληρώνεται από θαλάσσια ιζήματα με θραύσματα μολύβδου – ενδεχομένως από τις καρίνες των πλοίων – και Κορινθιακά κέρματα του τρίτου αι. π.Χ., κομμάτια από ελληνιστικά αγγεία και ίχνη πυρκαγιάς από μια μεγάλη καταστροφή που ίσως συνέβη κατά τη διάρκεια της εισβολής των ρωμαϊκών λεγεώνων και την ισοπέδωση της Κόρινθου από τον στρατηγό Lucius Mummius (Strab. 8.6.23) το 146 π.Χ. (Pallas, 1963). Η καταστροφή της Κόρινθου, η οποία συνδέεται και με την εγκατάλειψη του λιμανιού του Λέχαιου, αναφέρεται συχνά στην αρχαία λογοτεχνία, αλλά δεν επιβεβαιώθηκε από ασφαλή δεδομένα αρχαιολογικών ανασκαφών και ήταν πιθανόν λιγότερο εκτεταμένο από ότι πιστεύεται προηγουμένως. Σε λίγα ανασκαμμένα κτίρια ωστόσο, υπάρχουν σαφή ίχνη βίαιας καταστροφής, που μπορεί να αποδοθεί σε αυτό του 146 π.Χ. (Wiseman, 1979). Ο Wiseman (1979) παραθέτει επίσης μαρτυρίες του Cicero για την ύπαρξη Κορινθίων το 77 π.Χ., την περίοδο της υποτιθέμενης εγκατάλειψης της πόλης.

Ο Strabo, που επισκέφθηκε την Κόρινθο περίπου δεκαπέντε χρόνια μετά τον αποικισμό από τους Ρωμαίους το 44 π.Χ. (Strab. 8.6.21). γράφει πως το Λέχαιο χρησιμοποιήθηκε ως λιμάνι αναχώρησης από τα πλοία της Κορινθίας με προορισμό την Ιταλία και είχε λίγους κάτοικους, αλλά δεν κάνει καμία αναφορά στη παρουσία ερειπίων (Strab 8.6.22).

Μετά το ρωμαϊκό αποικισμό της Κορινθίας (44 π.Χ.) (Strab 8.4.8) ακολούθησε η ανακατασκευή του λιμανιού με έργα μεγάλης κλίμακας. Έτσι, στη στρωματογραφία του Λέχαιου υπάρχει ένα στρώμα ανθρωπογενούς συσσώρευσης άμμου και ιζημάτων, που φαίνεται να έχουν δημιουργηθεί μετά την καταστροφή το 146 π.Χ. (και όχι νωρίτερα από το 3^ο αι. π.Χ.) και αναφέρεται σε έργα βυθοκόρησης των λεκανών της περιοχής (Pallas, 1963). Οι εσωτερικές λεκάνες εκσκαφίστηκαν από τη μεταγενέστερη πλήρωση της περιόδου λιποταξίας του λιμανιού και το υλικό κατατέθηκε πάνω από τους αρχαϊκούς σωρούς ογκόλιθων, ενώ παράλληλα οι διατηρημένοι τοίχοι των εσωτερικών λεκανών και της εισόδου κατασκευάστηκαν και ενισχύθηκαν (Theodoulou, 2002). Προϊόντα της εκτεταμένης απομάκρυνσης της γης, συνολικού εκτιμώμενου όγκου 85.000 m³, είναι οι λόφοι άμμου, μέγιστου ύψους 17 m, εκατέρωθεν του καναλιού εισόδου και των δύο κεντρικών εσωτερικών λεκανών, που αντιστοιχούν σε ένα μέσο πάχος 4m αλλούβιου βγαλμένο από τις λεκάνες.

Αυτή η δεύτερη σημαντική φάση, η οποία περιελάμβανε εργασίες για την ανασυγκρότηση, αναδιοργάνωση και επέκταση του αρχαίου λιμανιού, εκτιμάται ότι έχουν εφαρμοστεί στη νέα περίοδο ζενίθ της Κορίνθου κατά τη διάρκεια των ρωμαϊκών αυτοκρατορικών χρόνων (Pallas, 1963). Πράγματι, έχει συσχετισθεί συγκεκριμένα με την ανάπτυξη της Κορίνθου με τη βασιλεία του Claudius, μεταξύ 40 και 45 μ.Χ., η οποία τεκμηριώνεται από τα αρχαιολογικά δεδομένα (Rothaus, 1995). Τα ερείπια του λιμανιού που είναι ορατά σήμερα αποδίδεται στην περίοδο της Ρωμαϊκής κυριαρχίας (Theodoulou, 2002). Τα επιζώντα τμήματα των μόλων του εξωτερικού λιμένα μπορούν να ανιχνευθούν 20-25m μέσα στη θάλασσα. Είναι χτισμένα από μεγάλα μπλοκ ψαμμίτη (Paris, 1915), που ήταν πιθανόν τα θεμέλια της κατασκευής και φέρουν ίχνη ύπαρξης ανώτερης διαδρομής (Rothaus, 1995). Η ύπαρξη « swallow-tail» τομών από σφιγκτήρες (Rothaus, 1995) σε ορισμένα μπλοκ στο δυτικό μόλο όχι in situ αναφέρεται στην εποχή του Julio-Claudian (44 π.Χ. – 68 μ.Χ.) (Williams, 1993; Rothaus, 1995). Παρόμοιες τομές παρατηρούνται σε μπλοκ από την βάση ενός μνημείου στο εσωτερικό λιμάνι, της ρωμαϊκής περιόδου. Ωστόσο, η χρονολόγηση των μόλων παραμένει ασαφής (Rothaus, 1995). Τόσο ο ανατολικός όσο και ο δυτικός μόλος διατηρούν υπολείμματα ενός άνω μέρους δομής από πέτρες και κονιάματος, χαρακτηριστικής της Ρωμαϊκής περιόδου.

Ο διατηρημένος τοίχος στην περίμετρο του εσωτερικού λιμανιού και οι τράπεζες του καναλιού εισόδου χτίστηκαν ή επισκευάστηκαν σε αυτή την περίοδο (Rothaus, 1995). Ορατό βόρεια της ανατολικής λεκάνης, είναι τα εσωτερικά ερείπια λιθοδομής με κονίαμα του διατηρημένου τοίχου, το οποίο αναφέρεται στη Ρωμαϊκή περίοδο. Στην είσοδο του καναλιού είναι ορατά σήμερα μεγάλες κεφαλές μπλοκ από ψαμμίτη σε σειρές, in situ στον ανατολικό τοίχο του καναλιού και διαταράσσεται στα δυτικά. Η παρουσία κονιάματος στην άρθρωση του ανατολικού τοίχου είναι επιβεβαιωμένο, ενώ στην άνω επιφάνεια των μπλοκ « swallow-tail» τομές σφιγκτήρα 0.35*0.10 m, οι οποίες έχουν γεμίσει με κονίαμα. Η χρήση κονιάματος για την πλήρωση των τομών από σφιγκτήρα καταγράφονται στο Ωδείο της Κορίνθου (τέλη 1^{ου} αι. π.Χ.- 1^{ου} αι. μ.Χ.) (Broneer, 1932). Το σχήμα των τομών παρατηρείται επίσης στα αντίστοιχα μνημεία της αρχαίας Κορίνθου (Stillwell, 1952), που έχουν ανατεθεί στην εποχή του Julio-Claudian (2^ο μισό του 1^{ου} αι. π.Χ. – μ.Χ. 68). Σημειώνεται ότι οι διαστάσεις μερικών τομών από σφιγκτήρες στο Ωδείο είναι 0.30*0.09 m σε χαμηλότερα φυσικά θεμέλια και 0.26*0.08 m σε αυτό απευθείας απάνω, γεγονός που δείχνει ότι το μέγεθος των τομών μειώνεται στις πάνω σειρές. Έτσι, είναι πιθανό οι τομές των σφιγκτήρων στην κατώτερη σειρά, στην οποία δεν μπορούν να μετρηθούν επειδή δεν είναι ορατά, είχαν τις ίδιες διαστάσεις με εκείνες του λιμανιού (0.35*0.10 m), που δείχνει ότι τα επιζώντα πέτρινα μπλοκ στην περιοχή του καναλιού ανήκουν σε μια θεμελιώδη σειρά.

Χαρακτηριστικό των τομών των σφιγκτήρων του καναλιού είναι ότι δύο διαμετρικά αντίθετα «finial» γέρνουν ελαφρώς σαν τις αντίστοιχες Ρωμαϊκές στα μνημεία της αρχαίας Κορίνθου, αντίθετα με τις «swallow-tail» τομές σφιγκτήρα σε προηγούμενα μνημεία της αρχαίας Κορίνθου, όπου τα διαμετρικά αντίθετα «finial» είναι πιο κανονικά και ευθεία. Παραδείγματα προηγούμενων τομών μπορεί να δει κανείς σε βάθρα κοντά στο διάζωμα των τριγλύφων (Hill, 1964). Συνεπώς, η πιθανότητα για την απόδοση στην αρχαϊκή τυπολογία όπου ο Theodoulou (2002) αμφισβητεί, πρέπει να απορριφθεί. Ακόμα κι έτσι, δεν γίνεται να πει κανείς με βεβαιότητα αν αυτές οι κατασκευές έχουν μόνο μία φάση, τη Ρωμαϊκή. Είναι πιθανόν ότι το υπάρχον υλικό σε όλο το λιμάνι του Λέχαιου προέρχεται από

τους σχηματισμούς του λιμανιού νωρίτερα από τη Ρωμαϊκή, ίσως και από την αρχαϊκή περίοδο.

Διατηρημένο κατά μήκος μιας άκρης των μπλοκ του ανατολικού τοίχου του καναλιού, είναι μια αυλάκωση περίπου ορθογώνιας διατομής, που συσχετίζεται με την ύπαρξη μίας γέφυρας ή κάποιο άλλο σύστημα περιορισμού του λιμανιού (Theodoulou, 2002). Αυτή η συσχέτιση θεωρείται μάλλον αβάσιμη. Το αυλάκι εμφανίζεται σε ένα από τα χαμηλότερα, πολύ πιθανώς, θεμέλια σειρών του τοίχου του καναλιού. Η στήριξη μίας γέφυρας ή κάποιας άλλης κατασκευής σε τόσο χαμηλό επίπεδο, πολύ κοντά στην επιφάνεια της θάλασσας, πρέπει να είναι ανέφικτη και έτσι αποκλείεται. Σε κάθε περίπτωση, το αυλάκι κατά μήκος της άνω άκρης της εξωτερικής πλευράς των μπλοκ θα μπορούσε να ερμηνευθεί ως ενδεικτικό της τελευταίας σειράς της ανώτερης σειράς από μπλοκ σε σχέση με τα υπάρχοντα, στο εσωτερικό αυτών όπως το πλάτος του αυλακιού υποδηλώνει.

Ένα άλλο έργο της Ρωμαϊκής φάσης είναι η ορθογώνια βάση ενός μνημείου σε μια τεχνητή νησίδα (nisaki) στη δυτική λεκάνη του εσωτερικού λιμανιού (Shaw, 1969) (εικ.2.7). Το μνημείο χρονολογήθηκε προκαταρκτικώς προς το 2^ο – 3^ο αι. μ.Χ., με βάση επίσης την κατανομή από μια άθικτη στήλη πράσινου μαρμάρου Καρύστου στο πάνω μέρος της δομής. Ωστόσο, οι «swallow-tail» τομές σφιγκτήρα σε πολλά από τα μπλοκ αναφέρονται στην περίοδο του Julio-Claudian (2^ο μισό του 1^{ου} αι. π.Χ.- μ.Χ 68) (Shaw, 1969). Η κατασκευή της δομής ήταν πιθανώς ένα βάθρο ενός μνημείου ή ενός αγάλματος με δάδα, που λειτουργούσε ως ένας φάρος (Shaw, 1969), αν και ο Wiseman (1978) θεωρεί πιθανότερη την έκδοση ενός βάθρου ενός αγάλματος ή αγαλμάτων. Η χρονολόγηση των θαλάσσιων/υφάλμυρων βιοκατασκευών στο μνημείο μετατοπίζει την χρονολόγηση της κατασκευής πριν το 330 π.Χ. (Morange et al., 2012), δηλαδή, τουλάχιστον τρεις αιώνες νωρίτερα από την αρχαιολογική χρονολόγηση.

Είναι πολύ πιθανό ότι οι επισκευές, ανακατασκευές και προσθήκες έγιναν σε όλη τη λειτουργία του αρχαίου λιμανιού, ανάλογα με τις ανάγκες του χρόνου. Εργασίες μεγάλης κλίμακας, εκσκαφείς, συντηρήσεις και παρεμβάσεις στα εξωτερικά και εσωτερικά λιμάνια, φαίνεται να επαναλαμβάνεται στα μέσα του 4^{ου} αι. μ.Χ., όπως προκύπτει από το εύρημα μιας πλάκας με αφιέρωση στον «Flavius Hermogenes» Proconsul of Achaea (μ.Χ. 353-358), ο οποίος χρηματοδότησε την κατασκευή (Kent, 1966).

Σε διάφορα σημεία στο στενό τμήμα του λιμανιού, τα θεμέλια των κτιρίων και των ερείπιων των έργων οχύρωσης, πιθανώς Ρωμαϊκής ή Βυζαντινών χρόνων έχουν βρεθεί. Στην κορυφή της βορειοανατολικής αμμόλοφου είναι δύο μικρές κατασκευές που μπορεί να ήταν φάροι ή σταθμοί σηματοδότησης καπνού (Rothaus, 1995). Το δυτικό, με λιθοδομή από μικρές πέτρες και πλάκες, μπορεί να ανήκει στη ρωμαϊκή Βυζαντινή φάση. Επίσης, υπάρχουν τρία τοιχώματα διαμερισμάτων από τραχύς πέτρες σε μία γραμμή, στο ανατολικό, κεντρικό και δυτικό τμήμα του εσωτερικού λιμανιού (Rothaus, 1995). Σε όλη την περιοχή υπάρχει Ρωμαϊκή κεραμική, κυρίως του 2^{ου} αι μ.Χ. και περιορισμένα κινητά ευρήματα τέλους ρωμαϊκής εποχής (Rothaus, 1995).

Εκτός από τα υπολείμματα που σχετίζονται με τη λειτουργία του λιμανιού, κτίρια για άλλες χρήσεις βρίσκονται στην ευρύτερη περιοχή. Ένα πολύ σημαντικό εύρημα είναι η παλαιοχριστιανική βασιλική του μάρτυρα Λεωνίδα, βόρεια του νότιου άκρου της δυτικής

εσωτερικής λεκάνης (εικ. 2.7). Ιδρύθηκε γύρω στα μέσα του 5^{ου} αι. και ολοκληρώθηκε από το τέλος του 5^{ου} – αρχές του 6^{ου} αι., όπου φαίνεται να καταστράφηκε στον σεισμό του 551-552 (Pallas, 1961,1965), αν και αυτή η άποψη αμφισβητείται από τον Sanders (2005). Εκσκαφές κοντά στην βασιλική του Λέχαιου αποκάλυψε τα ερείπια των σπιτιών που χρονολογούνται τόσο πριν όσο και μετά την καταστροφή της εκκλησίας (Pallas, 1965). Υπάρχει επίσης ένα ρωμαϊκό νυμφαίο του τρίτου αι. μ.Χ., το οποίο μετατράπηκε σε πρώιμη χριστιανική κρήνη το 6^ο αι. (Philadelphus, 1921).

Η προσπάθεια χρονολόγησης του αρχαίου λιμανιού μέσω ραδιοχρονολόγησης θαλάσσιων απολιθωμάτων, από τους Stiros et al., (1996), δίνει βαθμονομημένες ημερομηνίες μεταξύ 600 και 50 π.Χ., οι οποίες στην συνέχεια επανεξετάζονται από τους Morhange et al., (2012) σε ημερομηνίες που κυμαίνονται από 493 π.Χ. έως 54 μ.Χ., μεταφέροντας έτσι το «terminus post quem» για την κατασκευή ή την ανακατασκευή των λιμενικών εγκαταστάσεων κατά τη διάρκεια χρήσης του λιμανιού την ρωμαϊκή περίοδο.

2.3.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΛΙΑΚΩΝ ΛΙΜΕΝΙΚΩΝ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΕΞΩΤΕΡΙΚΟΥ ΛΙΜΕΝΑ

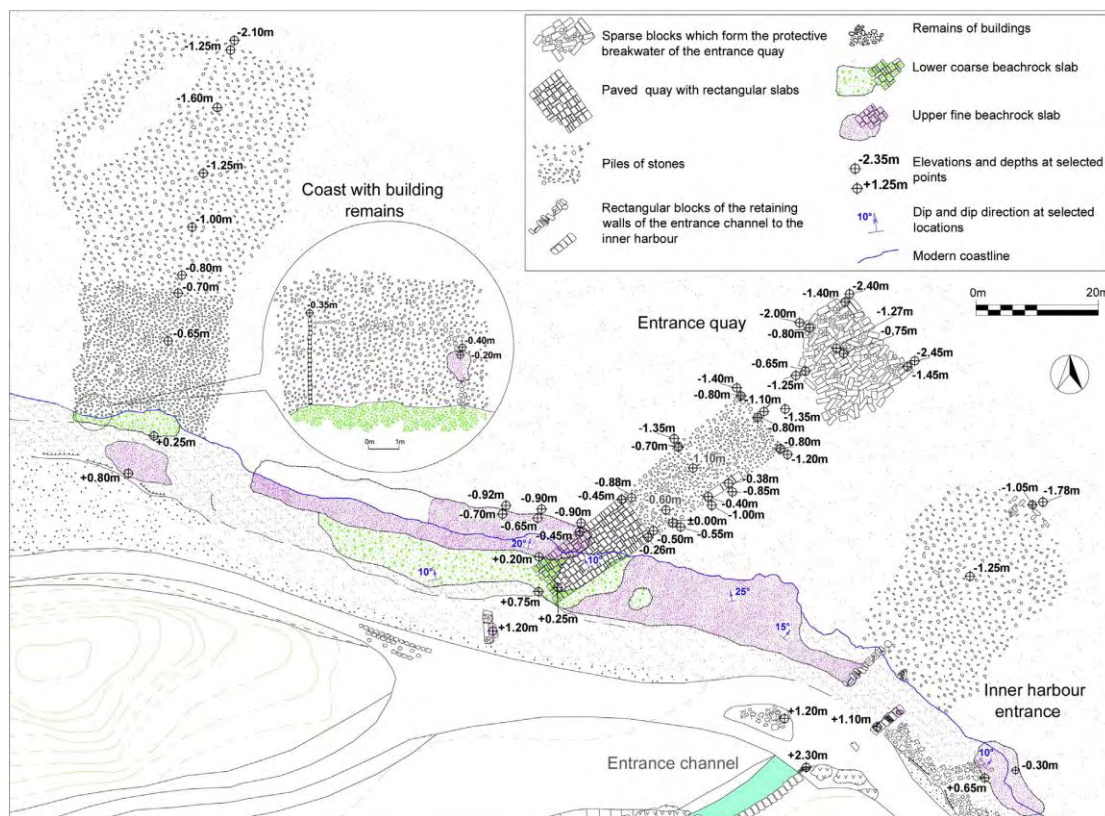
Τα έργα του εξωτερικού λιμένα του Λέχαιου βρίσκονται κατά μήκος της ακτής, με γενικό προσανατολισμό ΒΑ-ΝΔ και μήκος περίπου 680 m, και περιλαμβάνουν δύο εκτεταμένες λιμενικές λεκάνες, η δυτική έχει 270 μέτρα πλάτος και η ανατολική 260 μέτρα. Οι λεκάνες οριοθετούνται από δύο μόλους, κατασκευασμένους στο τέλος δύο αντιστοίχων αμμωδών απολήξεων, μια αποβάθρα εισόδου, που προστατεύεται από ένα εντελώς βυθισμένο κυματοθραύστη στα βόρεια του, και τα έργα στην είσοδο του εσωτερικού λιμανιού, που περιλαμβάνουν βυθοκορήματα και τοίχους συγκράτησης για την πλευρική στήριξη του καναλιού (εικ.2.7).

ΕΙΣΟΔΟΣ ΤΟΥ ΑΡΧΑΙΟΥ ΛΙΜΑΝΙΟΥ

Στην είσοδο του αρχαίου λιμανιού ερείπια από τα τείχη του καναλιού εισόδου στο εσωτερικό λιμάνι είναι ακόμη ορατά σήμερα, καθώς και η αποβάθρα εισόδου και ο προστατευτικός κυματοθραύστης της, και στα ανατολικά υπολείμματα των κτιρίων και σωρούς από ογκόλιθους (εικ.2.8).

ΚΑΝΑΛΙ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΑΙ ΤΕΙΧΗ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΣΤΟ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟ ΛΙΜΕΝΑ

Το κανάλι εισόδου στον εσωτερικό λιμένα μία κατεύθυνση ΒΑ (Β50°) – ΝΔ (Β230°), συνολικού μήκους 230 m και πλάτος που κυμαίνεται μεταξύ 8 – 12 m (εικ.2.7). Στις αρχές τις δεκαετίας του 1990 το παράκτιο τμήμα του γέμισε για ένα μήκος 23 m, προκειμένου να κατασκευαστεί ένας χωματόδρομος. Λόγω αυτών των έργων, μόλις εννέα τετράγωνα της ανώτερης σειράς του ανατολικού τείχους είναι ακόμη ορατά in situ, για μήκος περίπου 10 m. Οι διαστάσεις των μπλοκ, που έχουν τοποθετηθεί με την κεφαλή τους προς την εσωτερική πλευρά του καναλιού, κυμαίνεται μεταξύ 1.60*0.80*0.45 m και 1.40*0.55*0.30 m. Οι διαστάσεις των μπλοκ της κατώτερης σειράς είναι 1.70*1.20* 0.50 m, σύμφωνα με τις μετρήσεις που ελήφθησαν το 1990, πριν από την γέμιση του καναλιού. Τοιχοποιία των αντίστοιχων διαστάσεων που περιλαμβάνει πέτρες και κονίαμα, γεμίζει τα διάκενα μεταξύ των ορατών μπλοκ. Στην ανώτερη επιφάνεια των μπλοκ εξακολουθούν να υπάρχουν «swallow-tail» τομές σφιγκτήρων 0.35*0.10 m και 0.10 m βαθύ, γεμάτη με κονίαμα. Το κονίαμα είχε επίσης βρεθεί στις συνδέσεις μεταξύ των μπλοκ. Διατηρημένο κατά μήκος της δυτικής άκρης των μπλοκ του τείχους είναι μία αυλάκωση σχεδόν ορθογώνιας διατομής (0.17 m πλάτος και ύψος 0.15 m)(εικ.2.8)(Mourtzas et al., 2014).



Εικόνα 2.8: Σχεδιάγραμμα της περιοχής εισόδου (Mourtzas et al., 2014).

Το δυτικό τείχος του καναλιού έχει καταστραφεί εντελώς, όπως ο χώρος εισόδου υπέστη μεγάλης κλίμακας παρεμβάσεις στην αρχή του 21^{ου} αιώνα. Έχουν τοποθετηθεί δεκαέξι από τα μπλοκ σε μια πορεία σε ορθή γωνία προς την ακτογραμμή. Μερικά από αυτά εισέρχονται στην θάλασσα και στην συνέχεια τους μεταλλικοί σωροί, ορατοί κάτω

από τη θάλασσα, σχηματίζουν μία αποβάθρα που χρησιμοποιούταν στις αρχές του 20^{ου} αι. και σήμερα καταστράφηκε. Η επένδυση της δυτικής πλευράς του καναλιού αποτελείται από ορθογώνια μπλοκ ψαμμίτη διατρυπημένα από θαλάσσια μαλάκια, με διαστάσεις που κυμαίνονται από 1.10*0.65*0.30 m σε 1.40*0.80*0.40 m. Σε ένα αποσπασμένο μπλοκ, σήμερα μισό βυθισμένο σε μικρή απόσταση από την ακτογραμμή, υπάρχουν υπολείμματα τοιχοποιίας από μικρές πέτρες και μπλοκ ενωμένες με τσιμέντο, το οποίο τοποθετήθηκε πιθανότατα αργότερα. Η ύπαρξη μία υπερκατασκευής 1.50 m σε ύψος στα μπλοκ του ανατολικού τείχους τεκμηριώνεται σε παλαιότερες φωτογραφίες που ελήφθησαν στη δεκαετία του 1960.

Τα μπλοκ της κατώτερης σειράς του ανατολικού τείχους του καναλιού εισόδου έχουν ενσωματωθεί με τον ακτόλιθο (beachrock), ερείπια που καλύπτουν επίσης τα μπλοκ που βρίσκονται ψηλότερα, μέχρι και 1.10 m. Ο σχηματισμός του ακτόλιθου στην παραλία στα δυτικά εκτείνεται επίσης στη περιοχή μεταξύ των τείχων (εικ.2.8).

Στην παραλία, ακριβώς μπροστά από την είσοδο, υπάρχουν αραιά μπλοκ και σωροί από πέτρες με διαστάσεις μέχρι και 0.40*0.25*0.15 m, όπου συνεχίζουν κάτω από το νερό για 35 m από την ακτή. Στο τέλος τους, η άνω επιφάνεια τους έχει βάθος 1.05 m με το πυθμένα να βρίσκεται στα 1,78 m (εικ.2.8).

Ανατολικά από το κανάλι εισόδου, σε επαφή με τα μπλοκ του ανατολικού τείχους και για μήκος 23 m κατά μήκος της ακτής, τα ερείπια από την τοιχοποιία από πέτρες που είναι ενωμένες με τσιμέντο είναι ορατές σήμερα. Μέρος από τα ερείπια παραμένει ενσωματωμένο με τον ακτόλιθο που αναπτύσσεται κατά μήκος της ακτής για 15 m. Έχει πλάτος 6m και βυθίζει υπό γωνία από 10° στα ΒΑ κάτω από τη θάλασσα μέχρι ένα βάθος 0.30 m (Mourtzas et al., 2014).

Η ΑΠΟΒΑΘΡΑ ΕΙΣΟΔΟΥ ΚΑΙ Ο ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΟΣ ΤΗΣ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΗΣ

Η Αρχαία αποβάθρα, κατεύθυνσης ΒΑ(B62°) – ΝΔ(B242°), βρίσκεται 33 m μακριά από το κανάλι εισόδου και τα ερείπια είναι ορατά για ένα μήκος περίπου 20 m κατά μήκος της ακτής. Ο προσανατολισμός της φαίνεται να συμπίπτει με εκείνο του αρχαίου δρόμου, που αρχίζει στο νότιο άκρο της αποβάθρας, περιτριγυρίζει το ανατολικό πόδι του δυτικού αμμόλοφου και τελειώνει στην περιοχή της παλαιοχριστιανικής βασιλικής του μάρτυρα Λεωνίδα (εικ.2.7). Αυτή είναι μία πλακόστρωτη δομή, καλά διατηρημένη επί του παρόντος για μήκος 18,50 m, εκ των οποίων 8,0 m εκτείνεται κατά μήκος της σημερινής ακτής και 10,50 m κάτω από τη θάλασσα. Το λιθόστρωτο, με κλίση 10° στα ΒΔ (330°/10°), είναι 7 m πλατύ στο νότιο διατηρημένο στη ξηρά τέλος του και 8.50 m στο βόρειο τμήμα του κάτω από τη θάλασσα. Το νοτιότερο υπόλοιπο ίχνος του λιθόστρωτου, 20 m στη ξηρά, με διαστάσεις 5.40*1.50 m, αποτελείται από μπλοκ και πέτρες ενωμένες με τσιμέντο. Το λιθόστρωτο είναι κατασκευασμένο από ορθογώνιες πλάκες από ψαμμίτη, με διαστάσεις που κυμαίνονται μεταξύ 1.0*0.60*0.20 m και 1.20*0.70*0.20 m. Τα μπλοκ της βάσης του

λιθόστρωτου δεν είναι ορατά, αλλά από το πάχος της κατασκευής στη βόρεια υποθαλάσσια άκρη του, υπάρχει αμφιβολία πως σχηματίστηκε από μία σειρά από μπλοκ, αντίστοιχου πάχους με την υπερκείμενη σειρά.

Τα ερείπια της αποβάθρας είναι ορατά κάτω από τη θάλασσα για ένα μήκος 26 m (εικ.2.8 και εκ.2.9). Αυτά είναι αραιά ορθογώνια μπλοκ από τη βάση του λιθόστρωτου και τις συσσωρεύσεις από πέτρες μέγιστων διαστάσεων 0.30*0.15*0.10 m, οι οποίες είναι πιθανότατα το υλικό πλήρωσης ενός «girgar». Σε αυτό το καταστραμμένο υποθαλάσσιο τμήμα της αποβάθρας, μερικά μπλοκ είναι διατηρημένα in situ, κυρίως στο βόρειο άκρο της. Αυτά είναι ορθογώνια μπλοκ ψαμμίτη με διαστάσεις 1.20*0.40*0.40 m στη ΒΔ άκρη και 0.80*0.70*0.50 m στη ΒΑ άκρη. Στη δυτική πλευρά του κεντρικού τμήματος υπάρχουν ακόμα ερείπια τοιχοποιίας που αποτελούνται από ορθογώνια μπλοκ πιθανώς με τσιμέντο. Το μήκος του βυθισμένου τοίχου είναι 7m, το πλάτος του είναι 1.30 m και το ύψος του 0.60 m.

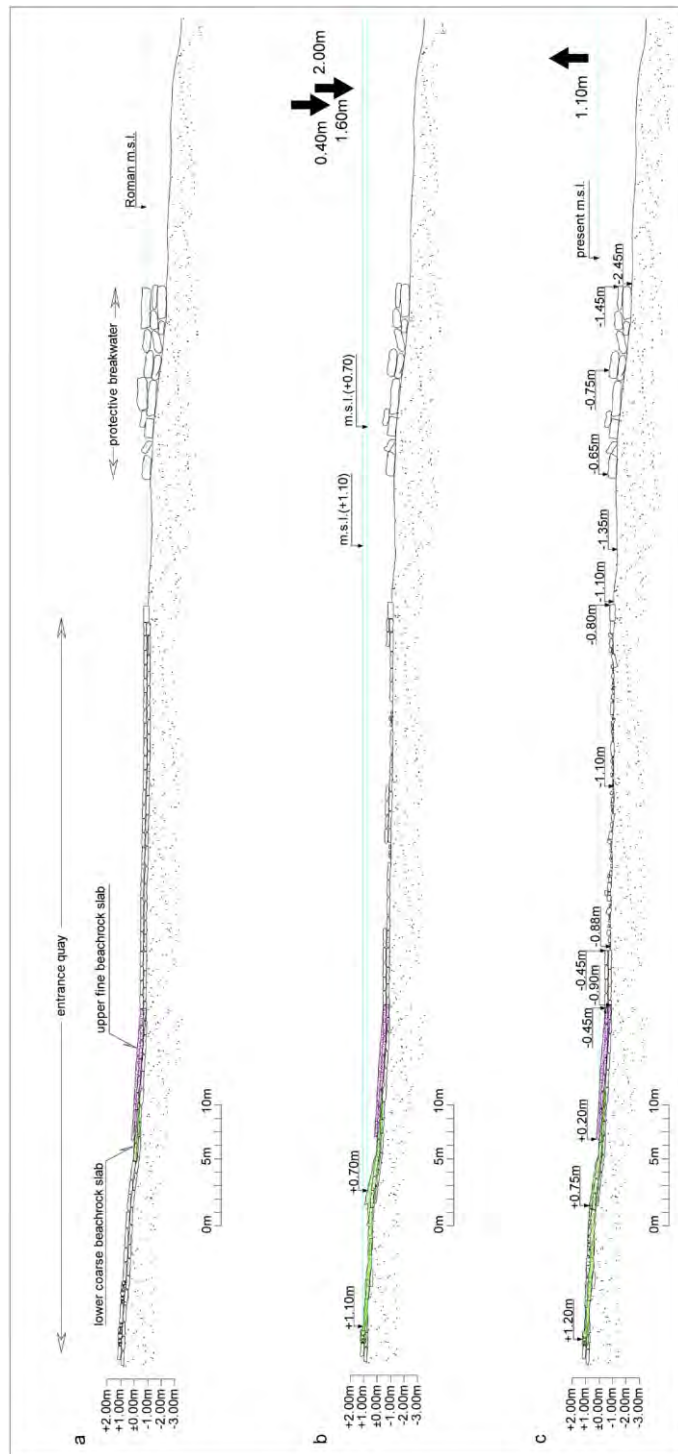
Σε μία απόσταση 9m από τη βόρεια άκρη της αποβάθρας, ο προστατευτικός κυματοθραύστης καταλαμβάνει μία έκταση 250 m² και αποτελείται από αραιά ορθογώνια μπλοκ, με διαστάσεις που κυμαίνονται από 1.70*0.90*0.60 m, σε τυχαία διάταξη, με πέτρες μέχρι και 0.60*0.40*0.20 m μεταξύ τους (εικ.2.8 και εικ.2.9).

Η ανώτερη επιφάνεια της αποβάθρας στο βόρειο άκρο της βρίσκεται σε βάθος 0.80 M, ενώ το βάθος του πυθμένα της θάλασσας κυμαίνεται από 1.10 με 1.40m. Μία θαλάσσια διαδρομή μεσολαβεί μεταξύ της άκρης της αποβάθρας και του κυματοθραύστη, με την με το βάθος του πυθμένα της θάλασσας στα 1.35 m. Η ανώτερη επιφάνεια του κυματοθραύστη βρίσκεται σε βάθος 1,40 m στο βόρειο τμήμα του, 0,75 m στο μέσο και 0,65 m στο νότιο τμήμα, ενώ ο πυθμένας της θάλασσας έχει βάθος 2.45 m στα βόρεια και 1.25 m στα νότια.

Κατά μήκος της ακτογραμμής δυτικά από το κανάλι εισόδου και για ένα μήκος 100 m, δύο μερικώς επικαλυπτόμενοι ακτόλιθοι έχουν σχηματιστεί (εικ.2.7 και εικ.2.8):

- Ο χαμηλότερος, χονδροειδής, ακτόλιθος, 0.40 m σε ύψος, με βύθιση 10° – 25° κυρίως προς τα ΒΔ, αποτελείται από άμμο, κροκάλες μέχρι και 0.12*0.06*0.04 m, και γωνιακά χονδρά χαλίκια με στρογγυλοποιημένες άκρες, με μέγεθος μέχρι και 0.35*0.30*0.15 m. Είναι ένα λιθοποιημένο αλλόχθονο χονδρόκοκκο ίζημα, ενδεχομένως από επιρροή υψηλής ενέργειας, που βρίσκεται στην αμμώδη ακτή με ένα πλάτος των 10 m μέχρι και μέγιστη ανύψωση 0.75 m. Η αποβάθρα εισόδου έχει ενσωματωθεί σε αυτό τον ακτόλιθο.
- Ο ανώτερος, λεπτός, ακτόλιθος, που βαθαίνει 20° στα ΒΒΑ, αποτελείται από άμμο και λεπτά με χοντρά χαλίκια, και είναι μια λιθοποιημένη ήρεμα κοντά στην ακτή απόθεση. Έχει πάχος 0.35 m και στη ξηρά πλάτος 3,50 m, όπου καλύπτει το αρχαίο λιθόστρωτο της εισόδου της αποβάθρας και τον κατώτερο ακτόλιθο. Μία λαβή και ένα μέρος του χείλους ενός αμφορέως είναι ενσωματωμένα στην υποθαλάσσια άκρη του σχηματισμού αυτού. Είναι βυθισμένος για ένα μήκος 5 m, στη βόρεια άκρη, η κορυφή του βρίσκεται σε ένα βάθος 0.90 m. Τα ερείπια του ακτόλιθου διατηρούνται στο νότιο μέρος της

κύριας ανάπτυξης του και έχουν ενσωματωθεί στο νοτιότερο ίχνος του λιθόστρωτου στην αποβάθρα εισόδου σε ένα ύψος 1.20 m (Mourtzas et al., 2014).



Εικόνα 2.9: Διατομή της αποβάθρας εισόδου, α: Η στάθμη της θάλασσας κατά τους Ρωμαϊκούς χρόνους 0.90 m χαμηλότερη από σήμερα. b: Μετά την εγκατάλειψη του εξωτερικού λιμένα και των εγκαταστάσεων του, η περιοχή είναι καταβυθισμένη σε δύο τεκτονικά γεγονότα και η στάθμη της θάλασσας αυξήθηκε κατά 2.0 m στο σύνολο. Κατά την διάρκεια του πρώτου γεγονότος, η μέση στάθμη της θάλασσας αυξήθηκε κατά 1,60 m και κατά τη διάρκεια του δεύτερου κατά 0.40m. c: Μια

έντονη τεκτονική ανύψωση ακολούθησε και η στάθμη της θάλασσας έπεσε κατά 1.10 m (Mourtzas et al., 2014).

ΑΚΤΗ ΜΕ ΕΡΕΙΠΙΑ ΚΤΙΡΙΩΝ ΚΑΙ ΣΩΡΟΥΣ ΑΠΟ ΠΕΤΡΕΣ

Ο Επιμήκης σωρός από ογκόλιθους είναι σήμερα καταβυθισμένος και βρίσκεται σε μία απόσταση 75 m στα δυτικά της αποβάθρας εισόδου. Αναφέρεται πως ο ανατολικός μώλος του εξωτερικού λιμένα, ο οποίος πιθανώς να ανήκει σε μία παλαιότερη φάση κατασκευής από τους δύο δυτικούς και χρονολογικά συμπίπτει με την πρώτη φάση των εργασιών για προστασία της εισόδου του εσωτερικού λιμένα (Theodoulou, 2002).

Η υποθαλάσσια έρευνα των Mourtzas et al., 2014 αποκάλυψε ότι οι σωροί από πέτρες καταλαμβάνουν έκταση 1,900 m², με τάση ΒΒΑ – ΝΝΔ, 62 m μήκος και μέγιστο πλάτος 37 m στο κεντρικό τμήμα του. Αποτελούνται από ογκόλιθους διαστάσεων μεταξύ 0.30*0.20*0.10 m και 0.50*0.30*0.20 m. Στο βόρειο άκρο, το βάθος της ανώτερης επιφάνειας των σωρών από πέτρες είναι 1,25 m, ενώ ο πυθμένας της θάλασσας είναι σε ένα βάθος 2.10 m. Τα ενδιάμεσα βάση μειώνονται σταδιακά προς τα νότια. Η μεγαλύτερη συγκέντρωση των ογκόλιθων παρατηρείται στο τμήμα δίπλα στην ακτή, περίπου 20 m σε μήκος, όπου η ανώτερη επιφάνεια των πετρών είναι σε βάθος 0.70 m (εικ.2.8).

Τα θεμέλια ενός κτιρίου, κατασκευασμένο από στρογγυλές πέτρες με τσιμεντοκονίαμα, ξεκινά από την ακτογραμμή από την ΝΔ άκρη και συνεχίζει κάτω από την θάλασσα για ένα μήκος περίπου 3 m και στο βάθος περίπου 0.35 m. Μέρος από τα θεμέλια στην ανατολική πλευρά του κτιρίου έχει ενσωματωθεί με τον ακτόλιθο και είναι σήμερα ορατό σε ένα βάθος των 0.40 m(εικ.2.8). Ο χονδοειδής ακτόλιθος είναι αναπτυγμένος κατά μήκος της ακτής για ένα μήκος 17 m και πλάτους 5 m, και αποτελείται από κροκκάλες μέχρι και γωνιακά χονδρά χαλίκια, τα οποία πιθανώς να προέρχονται από κατεδαφισμένες τοιχοποιίες και ανήκουν σε ένα αρχαιολογικό επίπεδο καταστροφής. Ο λεπτός ακτόλιθος αναπτύσσεται στη ξηρά, μερικά μέτρα νότια της ακτογραμμής, μέχρι και ένα ύψος των 0.80 m (εικ. 2.8) (Mourtzas et al., 2014).

ΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ ΜΟΛΟΣ

Ο Ανατολικός μώλος βρίσκεται στο τέλος μίας αμμώδους «spit», όπου διακόπτει την συνέχεια της ευθείας ΒΔ-ΝΑ ακτής, και διεισδύει στη θάλασσα σε κατεύθυνση Β-Ν για ένα μήκος των 65 m περίπου (εικ.2.7). Το σημερινό ορατό τμήμα που προεξέχει από την θάλασσα είναι 27 m μακρύ, με πλάτος που κυμαίνεται από 5,50 m στο βόρειο ακρό, και 9.50 m στο μέσο και μέχρι και 10 m στο νότιο ορατό άκρο. Το υποθαλάσσιο τμήμα έχει μήκος 26,50 m και 34,50 m πλάτος στο νότιο τμήμα. Το ανατολικό και δυτικό τμήμα του προεξέχοντος τμήματος είναι 30 m και 8,50 m πλατύ, αντίστοιχα. Έτσι, το συνολικό μήκος του ανατολικού μώλου είναι 54 m και το πλάτος του κυμαίνεται από 12.70 m στο βόρειο υποθαλάσσιο άκρο του και 48 m στο νότιο άκρο του. Πιο νότια, τα ερείπια του καλύπτονται από τις παράκτιες αποθέσεις.

Από κατασκευαστική απόψη, ο μόλος χωρίζεται σε 3 τμήματα (εικ. 3 και 3.1):

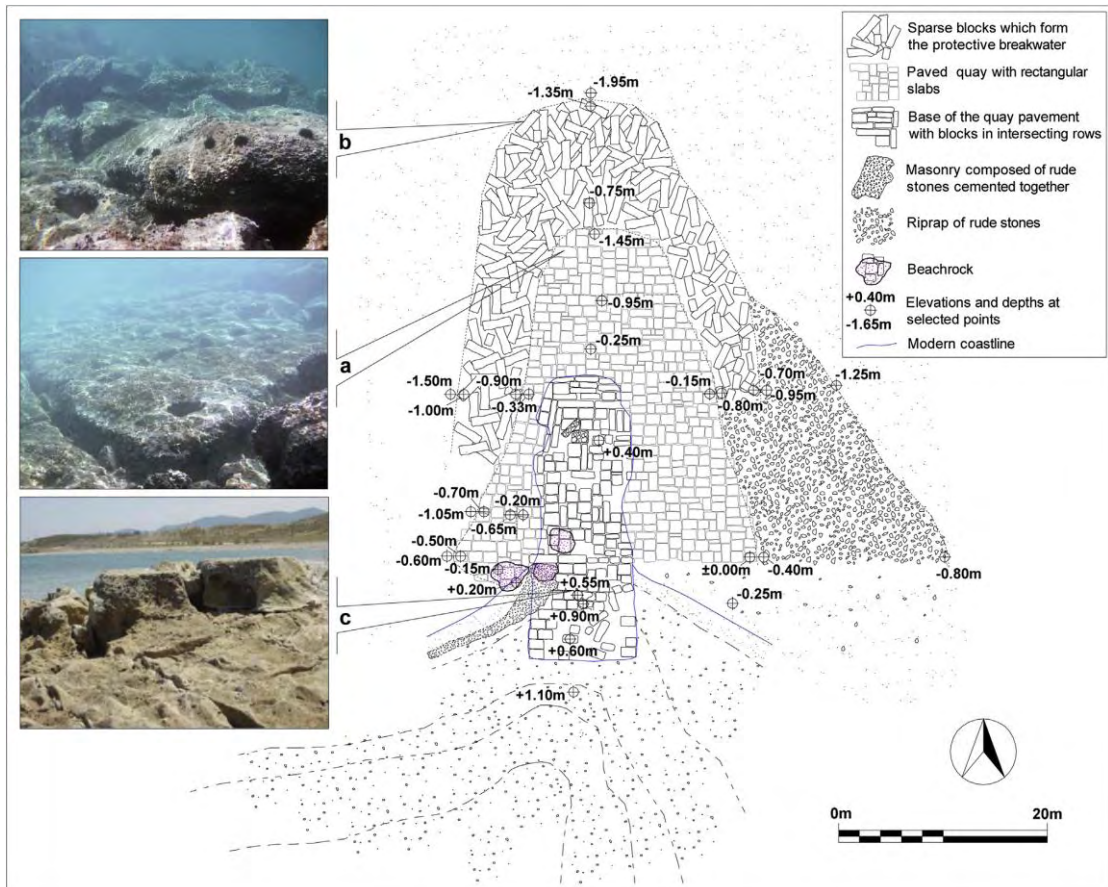
Το εσωτερικό τμήμα στρωμένο με ορθογώνιες πλάκες από ψαμμίτη με διαστάσεις μεταξύ $1.10*1.0*0.30$ m και $1.50*0.80*0.60$ m περιλαμβάνει και την αποβάθρα (εικ. 3^α). Η βάση του λιθόστρωτου αποτελείται από μπλοκ ψαμμίτη με διαστάσεις που κυμαίνονται από $0.90*0.80*0.20$ m έως $3.30*0.60*0.50$ m, τοποθετημένα σε δύο – τουλάχιστον – σειρές που διατέμνουν. Το συνολικό μήκος του λιθόστρωτου τμήματος πάνω και κάτω από τη στάθμη της θάλασσας είναι περίπου 42 m και το πλάτος του κυμαίνεται μεταξύ 9.0 m στο βόρειο άκρο και 29.0 m στο νότιο. Το λιθόστρωτο φαίνεται να σχηματίζει μία λεία καμπυλωτή επιφάνεια, ελαφρώς κεκλιμένη σε γωνίες 2° – 4° προς τις βόρειες, ανατολικές και δυτικές άκρες του. Το βορειότερο τμήμα του λιθόστρωτου έχει σπάσει, πιθανώς λόγω της καθίζησης της βάσης του. Οι τομές στα μπλοκ του λιθόστρωτου στο βόρειο άκρο έχουν διαστάσεις $0.30*0.20$ m και βάθος 0.20 m, πιθανώς να χρησιμοποιήθηκαν για την τοποθέτηση ξύλινων στοιχείων είτε για πρόσδεση σε πλοία ή για την υποστήριξη ξύλινων υποστηριγμάτων.

Το λιθόστρωτο τμήμα της αποβάθρας περιβάλλεται από αραιά μπλοκ με διαστάσεις μέχρι και $2.70*0.80*0.40$ m στο βόρειο τμήμα, $1.60*0.80*0.50$ m στα δυτικά και $1.10*0.70*0.30$ m στα ανατολικά, τα οποία αποτελούν το προστατευτικό κυματοθραύστη (εικ. 3b). Στο βόρειο τμήμα, το μήκος του φτάνει τα 12,50 m και το πλάτος του 21,0 m, ενώ στα ανατολικά και δυτικά άκρα το πλάτος κυμαίνεται από 6.0 και 6.30 m αντίστοιχα. Το προστατευτικό εξωτερικό τμήμα της αποβάθρας δεν επεκτείνεται πέρα από το νότιο τμήμα της αποβάθρας, επιτρέποντας έτσι την προσέγγιση και την προσάραξη των πλοίων στην παραλία.

Στην ΒΑ πλευρά του μόλου, ο κυματοθραύστης συμπληρώνεται από ένα «girgar» από ακατέργαστες πέτρες με διαστάσεις μεταξύ $0.30*0.20*0.10$ m και $0.50*0.30*0.20$ m πιθανώς να προστέθηκαν αργότερα.

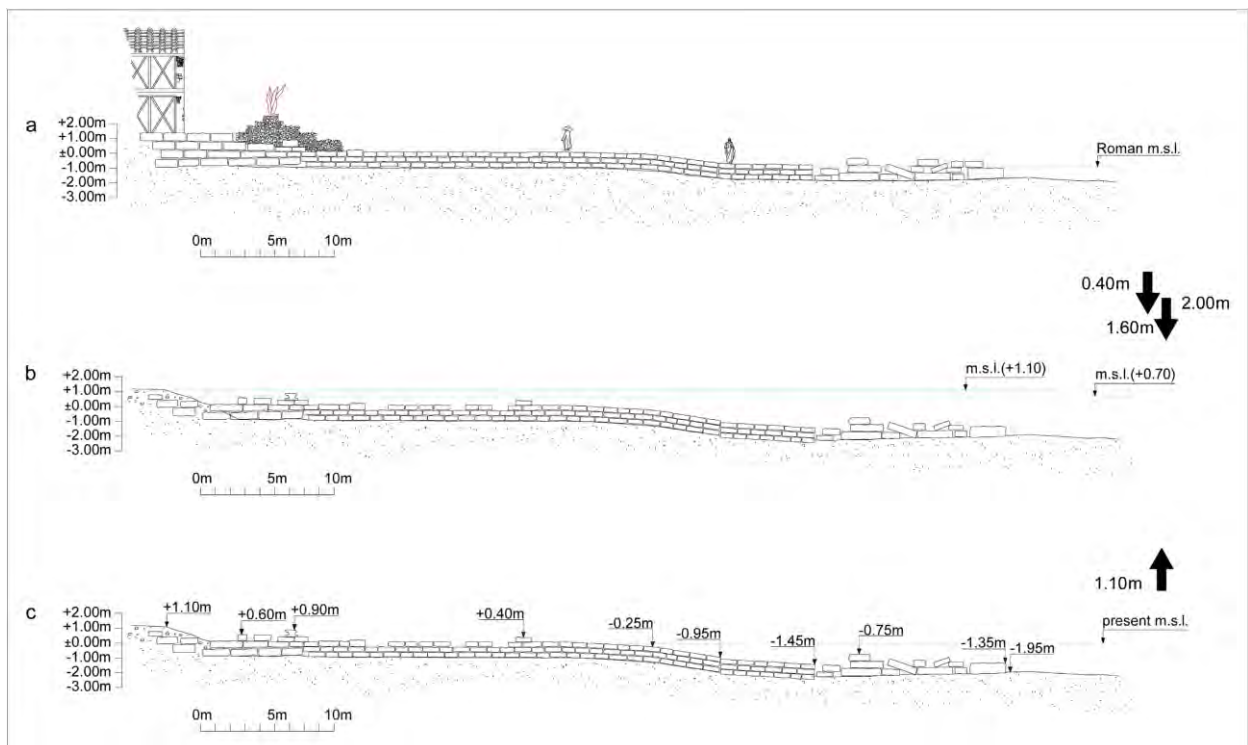
Στο ΝΔ άκρο του μόλου μια τοιχοποιία 0.30 m παχιά, αποτελείται από πέτρες διαστάσεων $0.30*0.20*0.10$ m ενωμένες από τσιμέντο, οι οποίες καλύπτουν το λιθόστρωτο και αναπτύσσονται παράλληλα με την ακτογραμμή. Πιθανόν, αυτή η κατασκευή ήταν η βάση ενός φάρου ή κτίριο φρουρών (εικ. 3 και 3.1^α) (Mourtzas et al., 2014).

Το υψηλότερο διατηρημένο λιθόστρωτο τμήμα της αποβάθρας βρίσκεται στην νότια ορατή άκρη σε υψόμετρο 0.90 m, ενώ στο βόρειο τμήμα, προεξέχοντας από την θάλασσα, δεν υπερβαίνει τα 0.40 m. Σχετικά με το υποθαλάσσιο κομμάτι, το βάθος του λιθόστρωτου στο βορρά φτάνει τα 0.95 m, ενώ στα ανατολικά και στα δυτικά τμήματα είναι 0.15 m και 0.33 m αντίστοιχα. Η βορειότερη σπασμένη άκρη της αποβάθρας είναι σε ένα βάθος 1,45 m. Στο βορειότερο τμήμα του προστατευτικού κυματοθραύστη, η ανώτερη επιφάνεια των μπλοκ είναι σε ένα βάθος των 1.35 m, ενώ ο πυθμένας της θάλασσας 1,95 m. Τα αντίστοιχα βάθη στο δυτικό τμήμα είναι 0.90 m – 1.00 m για την επιφάνεια των πετρών και 1.50 m για το πυθμένα. Στη ανατολική άκρη της ανώτερης επιφάνειας του κυματοθραύστη βρίσκεται σε βάθη μεταξύ 0.70 m και 0.80 m και 0.95 m ο πυθμένας της θάλασσας (εικ.3).



Εικόνα 3: Σχεδιάγραμμα του ανατολικού μώλου. α: όψη της βυθισμένου λιθόστρωτου της αποβάθρας, β: όψη του βυθισμένου κυματοθραύστη, γ: όψη της παλιρροϊκής θαλάσσιας εγκοπής (notch) που σχηματίζεται στα μπλοκ του λιθόστρωτου της αποβάθρας που αντιστοιχεί στην προηγούμενη φάση βύθισης (Mourtzas et al., 2014).

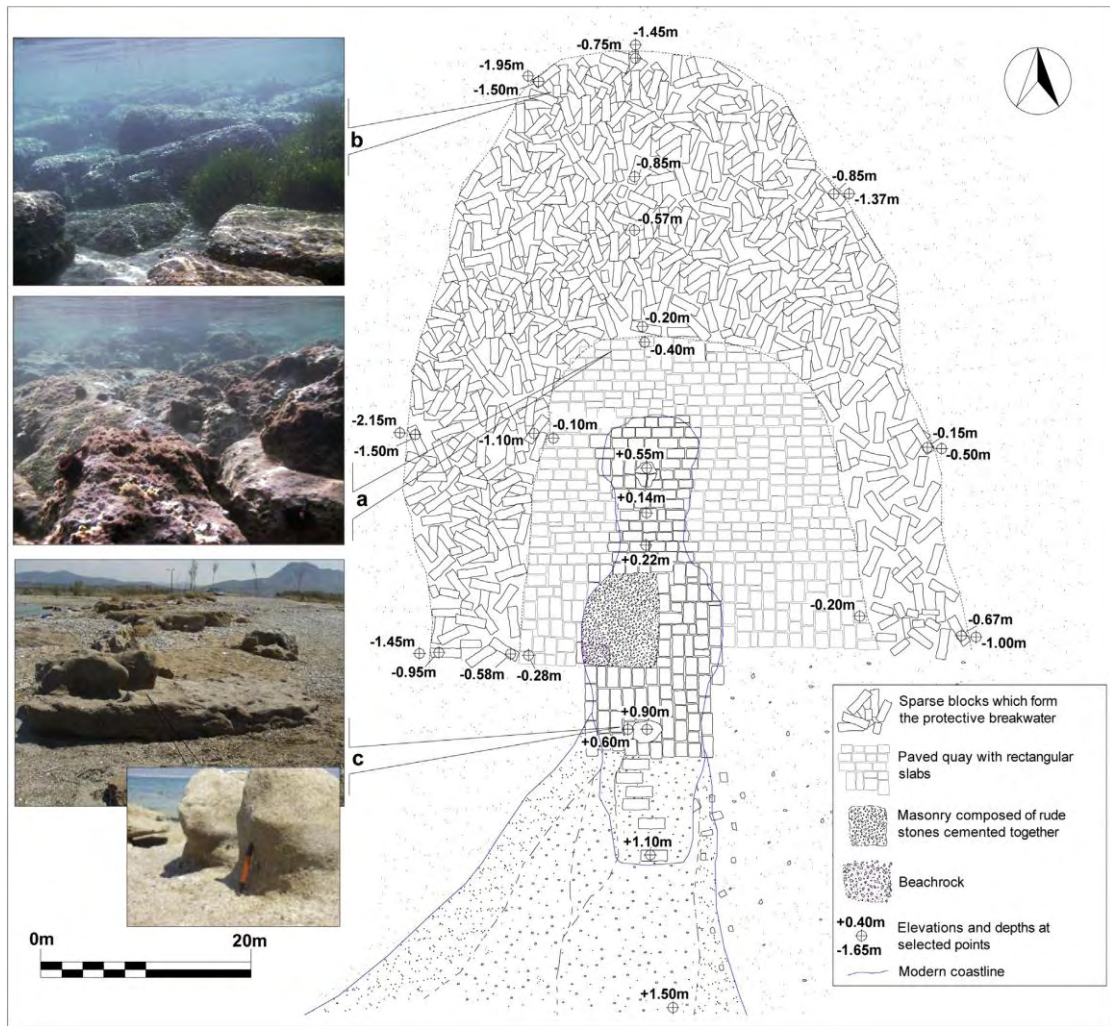
Στις βόρειες και δυτικές πλευρές της αποβάθρας σχηματίζεται μία θαλάσσια εγκοπή (notch) πάνω στα μπλοκ σε βάθος 0.90 m. Αραιά ίχνη ενδιάμεσης διάβρωσης της θάλασσας έχει βρεθεί στο ίδιο βάθος, που αντιστοιχούν σε επίπεδο θαλάσσιας στάθμης του παρελθόντος. Ερείπια από ένα ακτόλιθο, στον οποίο έχει ενσωματωθεί το λιθόστρωτο και η υπερκείμενη τοιχοποιία, βρίσκονται στο ΝΔ τμήμα της αποβάθρας, ενώ η συνέχισή τους στα δυτικά βυθίζεται στο υποθαλάσσιο επίπεδο σε βάθος 0.15 m. Τέλος, έχει σχηματιστεί μια παλιρροϊκή θαλάσσια εγκοπή (notch) στα μπλοκ του λιθόστρωτου στο νότιο ορατό τμήμα της αποβάθρας, με τη βάση της να είναι σε υψόμετρο 0.55 m (εικ. 3c). Ίχνη έντονης διάβρωσης στο ίδιο υψόμετρο παρατηρήθηκαν επίσης πάνω από όλο το ορατό τμήμα της αποβάθρας (Mourtzas et al., 2014).



Εικόνα 3.1: Διατομή του ανατολικού μόλου, α: Η στάθμη της θάλασσας κατά τους Ρωμαϊκούς χρόνους 0.90 m χαμηλότερη από σήμερα. b: Μετά την εγκατάλειψη του εξωτερικού λιμένα και των εγκαταστάσεων του, η περιοχή είναι καταβυθισμένη σε δύο τεκτονικά γεγονότα και η στάθμη της θάλασσας αυξήθηκε κατά 2.0 m στο σύνολο. Κατά την διάρκεια του πρώτου γεγονότος, η μέση στάθμη της θάλασσας αυξήθηκε κατά 1,60 m και κατά τη διάρκεια του δεύτερου κατά 0.40m. c: Μια έντονη τεκτονική ανύψωση ακολούθησε και η στάθμη της θάλασσας έπεσε κατά 1.10 m (Mourtzas et al., 2014).

ΔΥΤΙΚΟΣ ΜΟΛΟΣ

Ο δυτικός μόλος βρίσκεται σε απόσταση 250 m περίπου από τον ανατολικό. Έχει κατασκευαστεί στο βόρειο άκρο ενός αμμώδης «spit», που βγαίνει προς τη θάλασσα σε κατεύθυνση Β-Ν για ένα μήκος περίπου 50 m (εικ. 2.7). Το σημερινό ορατό τμήμα του μόλου, που προεξέχει από τη θάλασσα και δεν καλύπτεται από άμμο, έχει μήκος 43 m και ποικίλλει σε πλάτος από 8 μέτρα στο βόρειο άκρο του, 13 m στο κεντρικό τμήμα του και έως 10 m στο νότιο άκρο του. Κάτω από τη θάλασσα, αναπτύσσεται προς το βορρά για ένα μήκος 34,50 m, ανατολικά για 23 m και στα δυτικά 20 m. Το συνολικό μήκος και το πλάτος του μόλου είναι 77.50 και 55 m αντίστοιχα (εικ.3.2).



Εικόνα 3.2: Σχεδιάγραμμα του δυτικού μόλου. α: όψη του βυθισμένου λιθόστρωτου της αποβάθρας, β: όψη του βυθισμένου κυματοθραύστη, γ: όψη της παλιρροϊκής θαλάσσιας εγκοπής (notch) που σχηματίζεται στα μπλοκ της αποβάθρας που αντιστοιχεί στην προηγούμενη φάση βύθισης (Mourtzas et al., 2014).

Η εσωτερική αποβάθρα και ο εξωτερικός κυματοθραύστης που τον περιβάλλουν είναι τα κύρια αρχιτεκτονικά χαρακτηριστικά του μόλου.

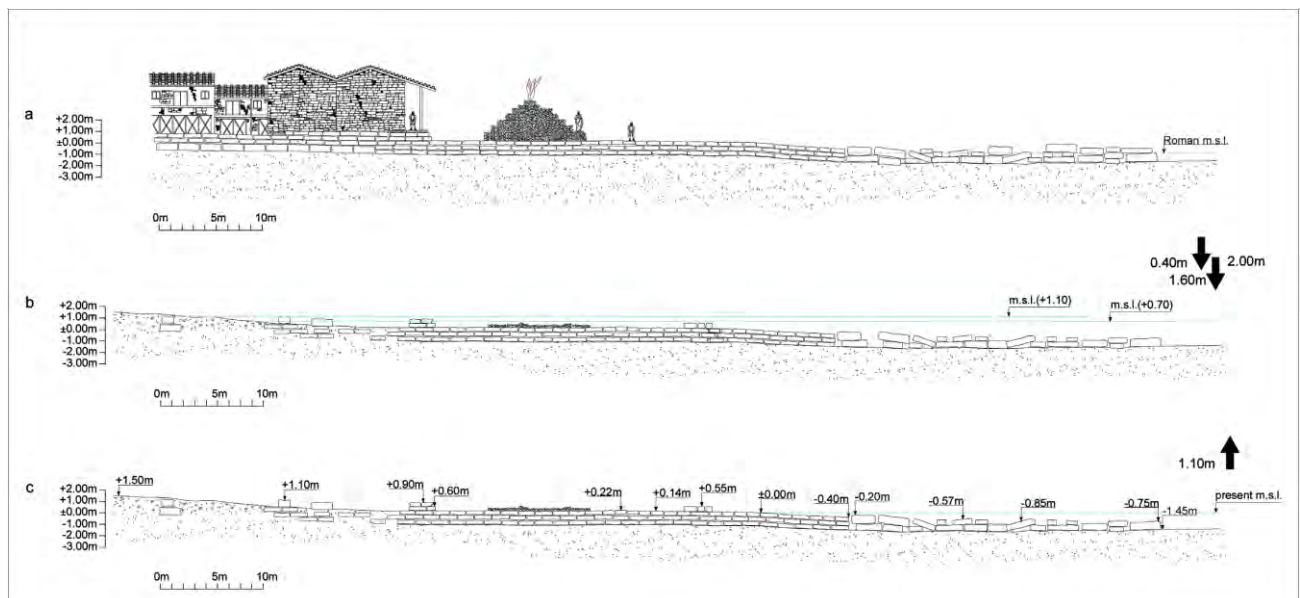
Η επιφάνεια της αποβάθρας είναι λιθόστρωτη με ορθογώνιες πλάκες ψαμμίτη μεταξύ 2.0*1.10*0.35 m και 1.80*0.90*0.30 m (εικ. 3.2^α). Η βάση του λιθόστρωτου αποτελείται από μπλοκ ψαμμίτη αντίστοιχων διαστάσεων, δύο τουλάχιστον σειρών που διατέμνουν. Το συνολικό μήκος του λιθόστρωτου πάνω και κάτω από τη θάλασσα είναι 40 m, και το πλάτος του κυμαίνεται μεταξύ 22m και 34m στο βόρειο και νότιο άκρο αντίστοιχα. Όσον αφορά τον ανατολικό μόλο, το λιθόστρωτο της αποβάθρας φαίνεται να σχηματίζει μία ομαλή καμπυλωτή επιφάνεια, ελαφρά κεκλιμένη σε γωνίες 2°-4° στις βόρειες, ανατολικές και δυτικές άκρες του.

Η αποβάθρα περικλείεται από προστατευτικό κυματοθραύστη αποτελούμενο από αραιά μπλοκ διαστάσεων που κυμαίνονται από 1.20*0.70*0.40 m με 3.0*1.10*0.40 m. Στο βόρειο τμήμα, το μήκος της είναι 27.0 m με μέγιστο πλάτος 45.0 m, ενώ στις ανατολικές και δυτικές πλευρές το πλάτος κυμαίνεται μεταξύ 12,0 και 16,0 m αντίστοιχα (Mourtzas et al., 2014).

Στο ΝΔ άκρο του μόλου, μια τοιχοποιία πάχους 0.30 m, παρόμοια με εκείνη του ανατολικού μόλου, που αποτελείται από πέτρες 0.30*0.20*0.10 m ενωμένες από τσιμέντο, καλύπτουν το λιθόστρωτο σε μία έκταση 65m² . Αυτό πιθανότατα να ήταν η βάση ενός φάρου ή κτιρίου φρουράς (εικ.3.2 και 3.3^α).

Το λιθόστρωτο τμήμα της αποβάθρας προεξέχει από τη θάλασσα κατά 0.90 m στο ορατό νότιο τμήμα της, 0.14 m – 0.20 m στο κεντρικό και 0.55 m στο βόρειο. Όσον αφορά το υποθαλάσσιο τμήμα, το μέγιστο βάθος του λιθόστρωτου στο βόρειο τμήμα είναι 0.40 m, στο ανατολικό 0,20 m και στο δυτικό 0.28 m. Στο βορειότερο τμήμα του κυματοθραύστη, η επιφάνεια των μπλοκ είναι σε βάθη που κυμαίνονται μεταξύ 0.75 m και 1.50 m, με βάθη του θαλάσσιου πυθμένα να είναι 1.45-1.95 m. Στο δυτικό τμήμα του κυματοθραύστη, τα αντίστοιχα βάθη της επιφάνειας των πετρών και του θαλάσσιου πυθμένα κυμαίνονται από 0.95 m με 1.50 m και 1.45 με 2.15 m, αντίστοιχα. Στην ανατολική πλευρά, η επιφάνεια των μπλοκ είναι σε βάθη των 0.15 – 0.67 m και του θαλάσσιου πυθμένα στα 0.50 – 1.00m.

Ερείπια ενός ακτόλιθου, στον οποίο το λιθόστρωτο και η υπερκείμενη τοιχοποιία έχουν ενσωματωθεί, βρίσκονται στη δυτική πλευρά του προεξέχοντος τμήματος της αποβάθρας. Μια παλιρροιακή θαλάσσια εγκοπή (notch), παρόμοια με αυτή του ανατολικού μόλου, έχει σχηματιστεί στα μπλοκ του λιθόστρωτου στο νότιο ορατό τμήμα της αποβάθρας. Το άνοιγμα της απολιθωμένης εγκοπής (notch) είναι 0.25 m, η βάση της είναι σε ύψος 0.60 m και η επιφάνεια των μπλοκ που έχει σχηματιστεί είναι στα 0.90 m βάθος(εικ.3.2). Ίχνη της έντονης διάβρωσης της θάλασσας στο ίδιο υψόμετρο έχει επίσης βρεθεί σε όλο το ορατό νότιο τμήμα του κυματοθραύστη(Mourtzas et al., 2014).



Εικόνα 3.3: Διατομή του δυτικού μόλου. α: Η στάθμη της θάλασσας κατά τους Ρωμαϊκούς χρόνους 0.90 m χαμηλότερη από σήμερα. b: Μετά την εγκατάλειψη του εξωτερικού λιμένα και των εγκαταστάσεων του, η περιοχή είναι καταβυθισμένη σε δύο τεκτονικά γεγονότα και η στάθμη της θάλασσας αυξήθηκε κατά 2.0 m στο σύνολο. Κατά την διάρκεια του πρώτου γεγονότος, η μέση στάθμη της θάλασσας αυξήθηκε κατά 1,60 m και κατά τη διάρκεια του δεύτερου κατά 0.40m. c: Μια έντονη τεκτονική ανύψωση ακολούθησε και η στάθμη της θάλασσας έπεσε κατά 1.10 m(Mourtzas et al., 2014).

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Με την βοήθεια θαλάσσιων γεωφυσικών μεθόδων με σκοπό την ανάπλαση της παλαιογεωγραφίας του κόλπου του Λέχαιου, έγινε συλλογή των γεωφυσικών δεδομένων και περαιτέρω επεξεργασία αυτών με την χρήση εργαστηριακών προγραμμάτων.

3.1 ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

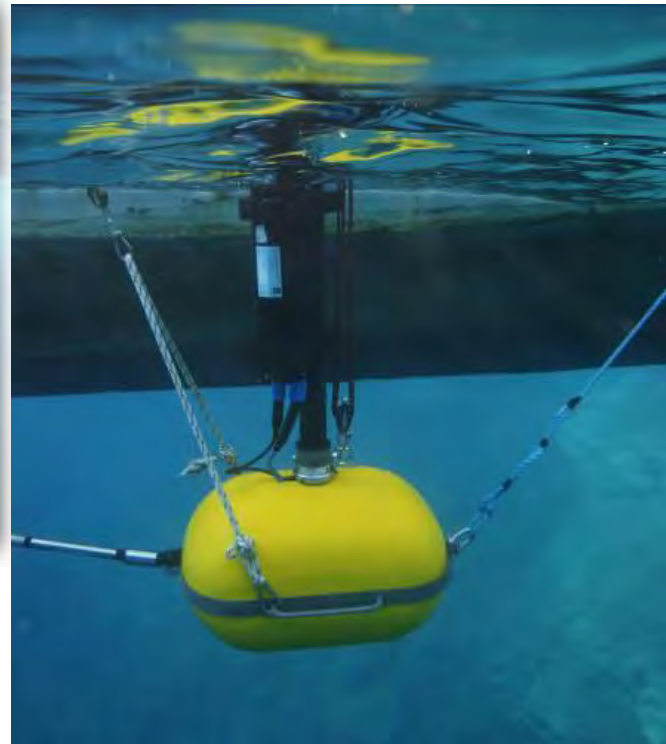
Τα δεδομένα της παρούσας διπλωματικής συλλέχθηκαν από το Ε.ΘΑ.ΓΕ.Φ.Ω. σε συνεργασία με το «Ινστιτούτο της Δανίας στην Αθήνα», κατά τη διάρκεια της εργασίας υπαίθρου του προγράμματος «Lechaion Harbour Project» υπό τη διεύθυνση του Dr Bjørn Lonén. Οι εργασίες πεδίου διήρκησαν 20-21 Νοεμβρίου το 2013, έπειτα 4-6 Νοεμβρίου το 2014 και τέλος 19 Νοεμβρίου το 2015.

Η Έρευνα διεξήχθη με το σκάφος «AGGELOS» και ένα φουσκωτό το 2013, με το σκάφος « SOCRATES » το 2014 και με το σκάφος « ΑΡΓΩ » το 2015 τα οποία είχαν εξοπλιστεί κατάλληλα για τις συγκεκριμένες ανάγκες για την έρευνα (εικ. 3.4).

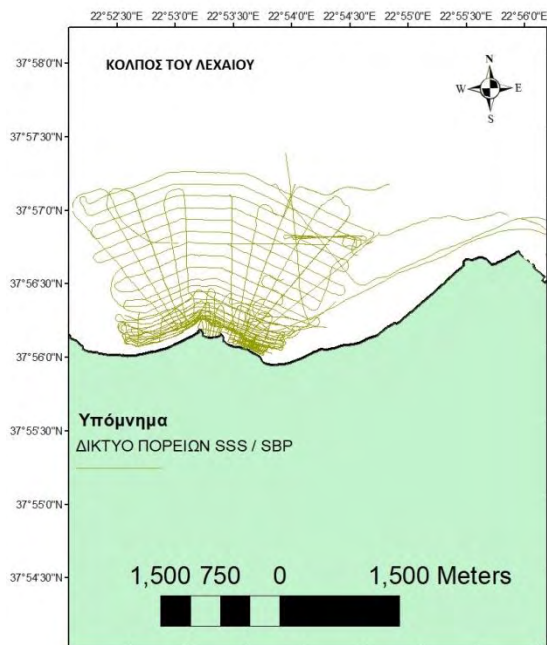


Εικόνα 3.4 : Το ερευνητικό σκάφος «AGGELOS» στα αριστερά, το ερευνητικό σκάφος « SOCRATES » στα δεξιά και από κάτω το φουσκωτό για τα ρηχά σημεία.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με την χρήση Τομογράφου υποδομής πυθμένα υψηλών συχνοτήτων 3,5kHz τύπου Ringer και Ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης (SSS), E.G&G. 272 TD τορπίλη διπλής συχνότητας (100 και 500kHz) το Νοέμβριο του 2013(εικ.3.5). Τον Νοέμβριο του 2014 χρησιμοποιήθηκε Τ.Υ.Π. τύπου chirp υψηλών συχνοτήτων με εύρος 0.5kHz και 13,5kHz και Ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης Edgetech 4200 τορπίλη διπλής συχνότητας (100 και 400 kHz)(εικ3.5). Για τον προσδιορισμό της θέσης και της πλοήγησης του σκάφους χρησιμοποιήθηκε το δορυφορικό σύστημα προσδιορισμού θέσης (DGPS) Hemisphere V100. Κατά την διάρκεια των ερευνών πραγματοποιήθηκαν 146 πορείες θαλάσσιας γεωφυσικής διασκόπησης (εικ. 3.6), συνολικού μήκους 145,4km, με εμβαδό 8,5km² και μέγιστου βάθους 60m περίπου, οι οποίες επεξεργάστηκαν μέσω εξειδικευμένων προγραμμάτων στο Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας και Φυσικής Ωκεανογραφίας.



Εικόνα 3.5 : Τομογράφος υποδομής πυθμένα τύπου Ringer 3,5kHz και Ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης (SSS), E.G&G. 272 TD τορπίλη διπλής συχνότητας (100 και 500kHz) στα αριστερά, και δεξιά Τομογράφος υποδομής πυθμένα τύπου chirp υψηλών συχνοτήτων και Ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης Edgetech 4200 τορπίλη διπλής συχνότητας (100 και 400 kHz) .

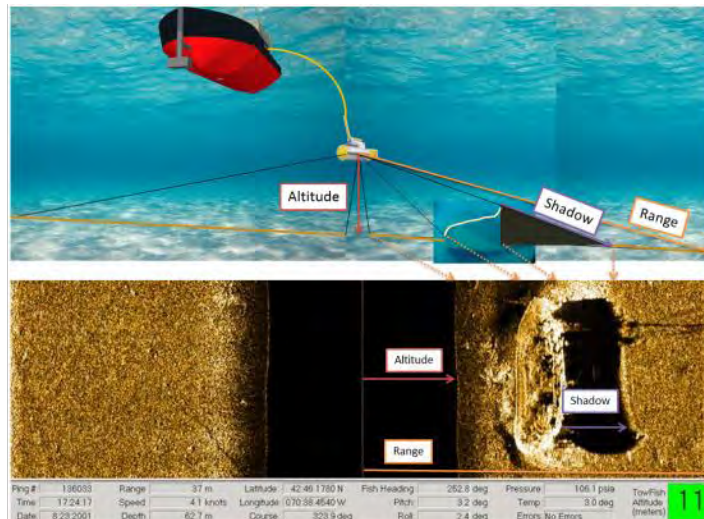


Εικόνα 3.6: Κόλπος Λέχαιου, δίκτυο πορειών SSS, SBP.

3.1.1 ΗΧΟΒΟΛΙΣΤΗΣ ΠΛΕΥΡΙΚΗΣ ΣΑΡΩΣΗΣ (Η.Π.Σ.)

Ο ηχοβολιστής πλευρικής σάρωσης (side-scan sonar) (εικ. 3.4, 3.5, 3.7) χρησιμοποιείται για τη δισδιάστατη απεικόνιση της μορφολογίας του πυθμένα (Σούρα, 2013). Έχει καθιερωθεί ως το σύστημα που παρέχει μεγάλης κλίμακας και μεγάλης ευκρίνειας ακουστικές εικόνες του πυθμένα. Τυπικά αποτελείται από έναν υποβρύχιο πομποδέκτη ακουστικών σημάτων που ενώνεται καλωδιακά με μια καταγραφική μονάδα στο ερευνητικό σκάφος. Στη βασική του λειτουργία ο ΗΠΣ φορτίζει τους πυκνωτές του μέσω του καλωδίου και μετά από ηλεκτρονική εντολή από τον καταγραφέα, εκτονώνει τη συσσωρευμένη ενέργεια μέσω των πομποδεκτών, οι οποίοι έπειτα εκπέμπουν ακουστικό σήμα. Ο λοβός του εκπεμπόμενου σήματος είναι στενός στον αζιμούθιό του με αποτέλεσμα να ηχοβολεί μια πλατιά λωρίδα πυθμένα, ιδιαίτερα όταν λειτουργεί σε σχετικά χαμηλές συχνότητες (π.χ 100 kHz). Οι ηχητικές ανακλάσεις που επιστρέφουν από το πυθμένα συλλαμβάνονται από τους πομποδέκτες μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα (από λίγα κλάσματα του δευτερολέπτου μέχρι ένα δευτερόλεπτο), επιδέχεται χρονομεταβλητής ενίσχυσης (TVG) και το τελικό σήμα μεταφέρεται στην καταγραφική μονάδα (Φακίρης, Η. 2011). Έπειτα στη καταγραφική μονάδα, στοιχειοθετείται μια ισομετρική δισδιάστατη απεικόνιση του πυθμένα, που ονομάζεται ηχογραφία (Σούρα, 2013).

Οι ηχογραφίες (sonographs) στοιχειοθετούνται με βάση την ηχητική ανακλαστικότητα που παρουσιάζει τοπικά ο πυθμένας, η οποία εξαρτάται κυρίως από τη γωνία πρόσπτωσης των ηχητικών κυμάτων και τη λιθολογία του πυθμένα. Η λειτουργία του συστήματος δίνει τη δυνατότητα στην πρώτη περίπτωση για τον εντοπισμό περιοχών με διαφορετικό μικροανάγλυφο (εξάρσεις-υβώματα) σε σχέση με τις περιβάλλουσες και στη δεύτερη πληροφορίες για τη σύσταση του υλικού, ανάλογα με την ένταση επιστροφής των ηχητικών κυμάτων, (χοντρόκοκκο-λεπτόκοκκο, μαλακής-σκληρής υφής) (Μιχαήλ, 2011).



Εικόνα 3.7 : Σχηματική αναπαράσταση της αρχής λειτουργίας του Ηχοβολιστή Πλευρικής Σάρωσης.

3.1.2 ΤΟΜΟΓΡΑΦΟΣ ΥΠΟΔΟΜΗΣ ΠΥΘΜΕΝΑ

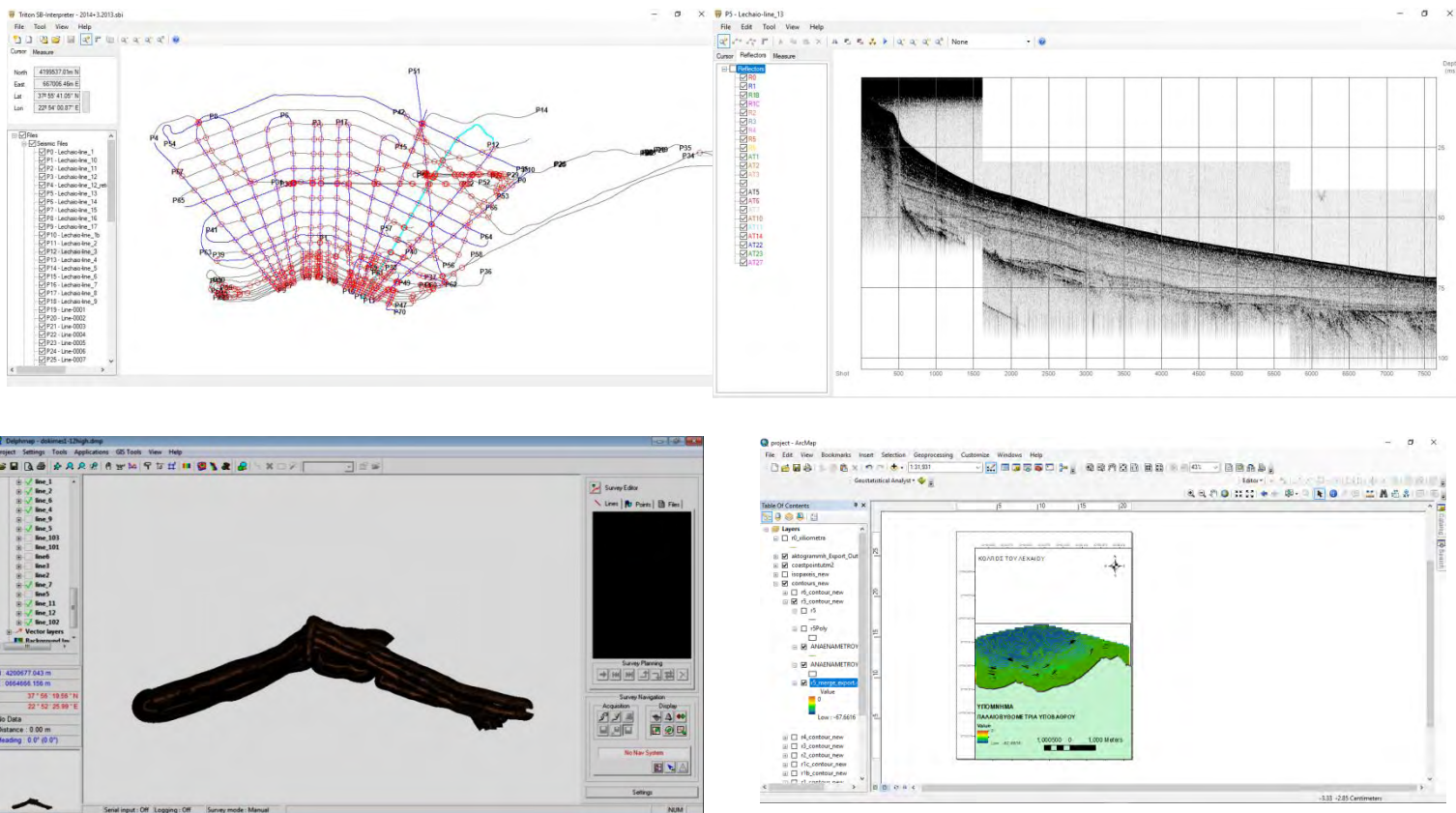
Οι τομογράφοι υποδομής του πυθμένα χρησιμοποιούνται για τη μελέτη της γεωλογικής υποδομής του πυθμένα. Εκπέμπουν ηχητικά κύματα τα οποία ανακλώνται μερικώς από την επιφάνεια του πυθμένα, ενώ το διεισδύον μέρος των ηχητικών κυμάτων ανακλάται τμηματικά από τα υποεπιφανειακά στρώματα. Τα επιστρέφοντα ηχητικά κύματα προσλαμβάνονται από το δέκτη, ενισχύονται και καταγράφονται με τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να σχετίζονται οι ανακλάσεις που προέρχονται από την ίδια ανακλαστική επιφάνεια. Με τον τρόπο αυτό στοιχειοθετείται μια 'σεισμική' ή ηχητική τομή του πυθμένα (τομογραφία) (Παπαθεοδώρου & Φερεντίνος, 2010).

Το κύριο πλεονέκτημα που καθιστά τον τομογράφο υποδομής πυθμένα πολύ χρήσιμο εργαλείο στην ενάλια αρχαιολογική έρευνα είναι η δυνατότητα εντοπισμού θαμμένων κάτω από χαλαρά ιζήματα αρχαιολογικών στόχων, όπως ναυάγια ή αρχαία αντικείμενα, αλλά και γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών με αρχαιολογικό ενδιαφέρον, όπως παλαιοακτές, που βοηθούν στην παλαιογεωγραφική ανάπλαση μιας περιοχής (Paratheodorou et al., 2011). Οι τομογράφοι που χρησιμοποιήθηκαν στη έρευνα απεικονίζονται στην εικόνα 3.5.

3.2 ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΓΕΩΦΥΣΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Για την επεξεργασία των ηχογραφιών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Triton Isis, ενώ για τη σύνθεση μωσαϊκού ηχογραφιών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Delphmar. Η επεξεργασία των τομογραφιών υποδομής πυθμένα έγινε με το SBP Interpreter και Surfer. Τέλος, με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS) σχεδιάστηκαν χάρτες (βυθομετρικοί, μορφολογικοί κλπ) όπου στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ανάλυση και

ερμηνεία αυτών. Στην εικόνα 3.8 παρουσιάζεται το γραφικό περιβάλλον των προγραμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των δεδομένων.



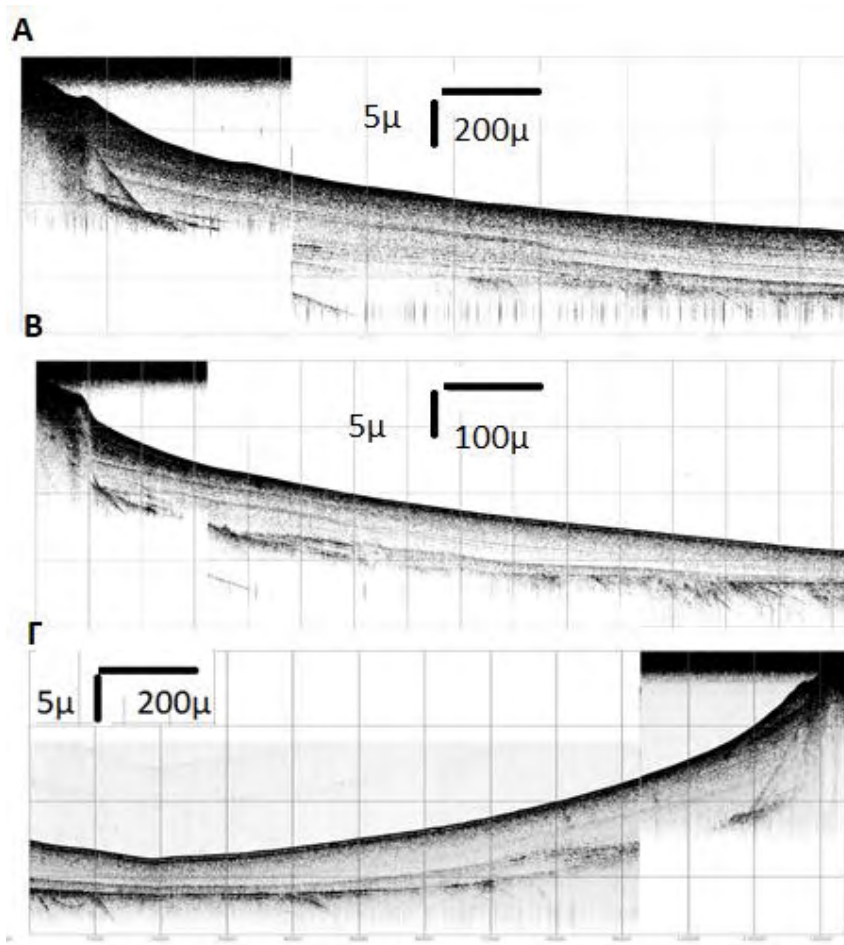
Εικόνα 3.8 : Το γραφικό περιβάλλον των προγραμμάτων που χρησιμοποιήθηκαν για την επεξεργασία των δεδομένων.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

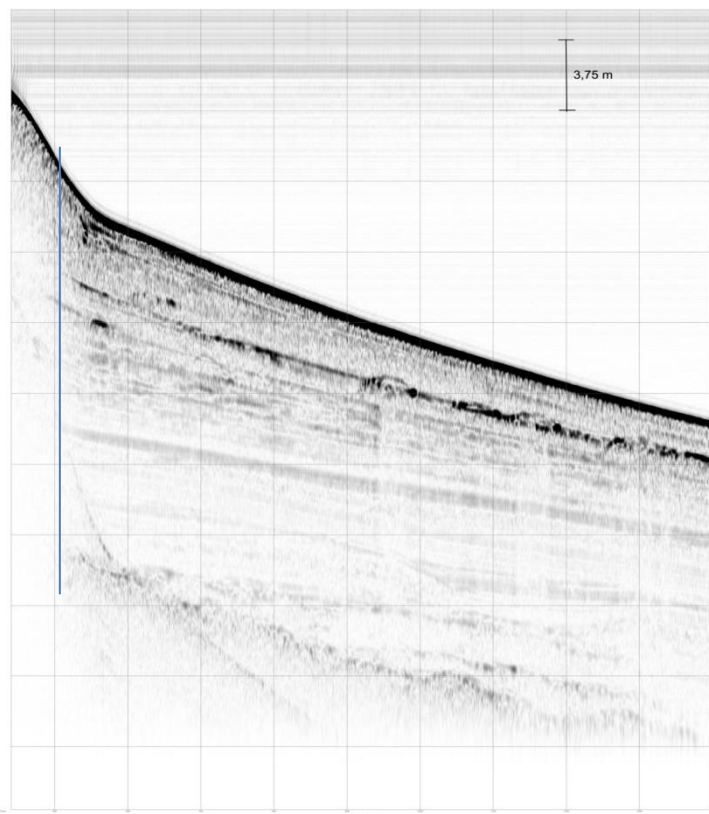
Σε αυτό το κομμάτι της παρούσας εργασίας παρουσιάζονται μία σειρά από χάρτες, όπως βυθομετρικοί, ακουστικού υποβάθρου, υποεπιφανειακών οριζόντων και ισοπαχών όπου με την σύγκριση και με τον συνδυασμό αυτών με αρχαιολογικά ευρήματα και ιστορικά στοιχεία θα επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή κατανόηση της γεωλογίας της περιοχής με βάση γεωφυσικά δεδομένα.

4.1 ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

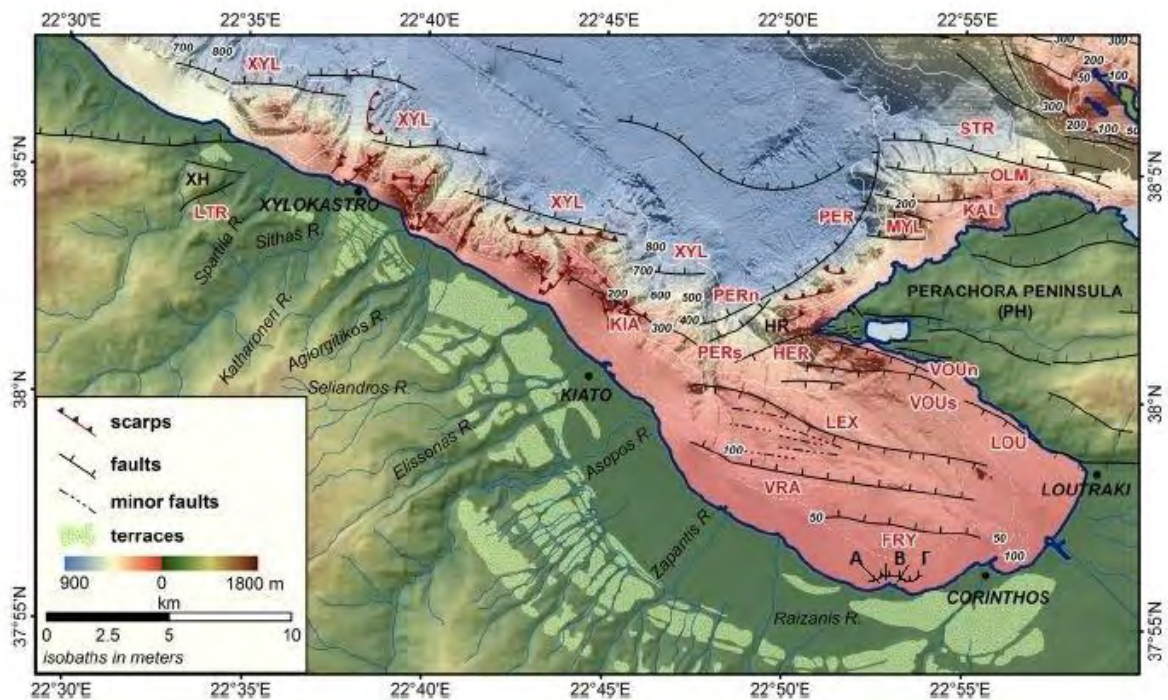
Με την βοήθεια του προγράμματος Triton SB- Interpreter επεξεργαστήκαμε και αναλύσαμε τα δεδομένα από τους τομογράφους υποδομής πυθμένα και ακολουθούν χαρακτηριστικά παραδείγματα τομογραφιών της περιοχής μελέτης(εικ.4), κοντινή εικόνα τομογραφίας εντοπισμού πιθανού κανονικού ενεργού ρήγματος (εικόνα 4.1) αλλά και η τοποθεσία τους πάνω στο χάρτη (εικ.4.2). Ο εντοπισμός του σχετικού ρήγματος βρέθηκε σε ένα εύρος 2 km. Το οποίο φαίνεται να είναι ένα κανονικό ρήγμα, παράλληλο με αυτό της Φρύνης και της Βραχάτης.



Εικόνα 4:
Χαρακτηριστικές
τομογραφίες της
περιοχής μελέτης.

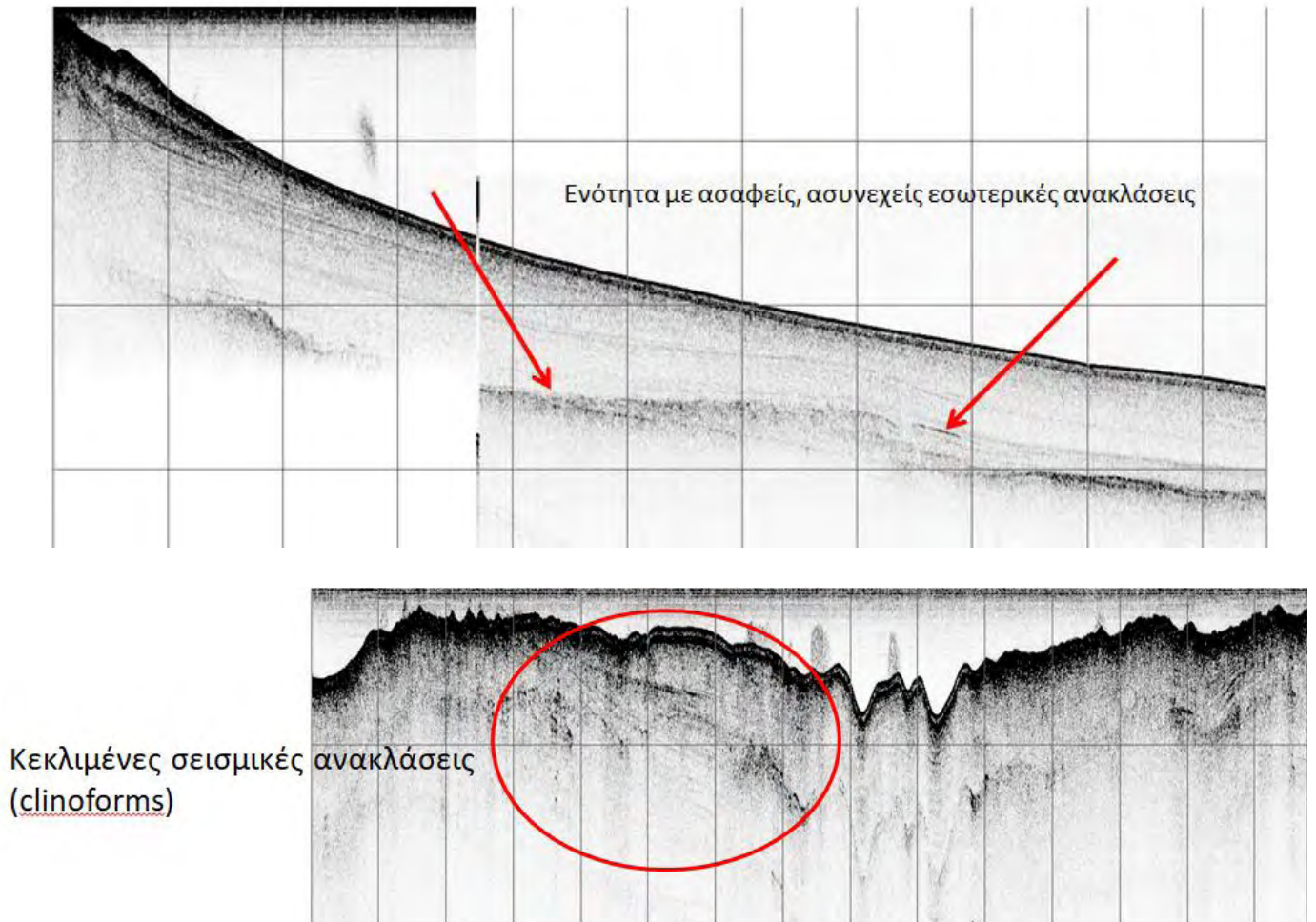


Εικόνα 4.1: Τομογραφία με εντοπισμό πιθανού κανονικού ενεργού ρήγματος. Η Μπλε γραμμή δείχνει το σημείο που βρίσκεται το ρήγμα.



Εικόνα 4.2: Χάρτης του Κόλπου του Λέχαιου από Charalampakis et al., 2014 επεξεργασμένος με τις πορείες της εικόνας 4 και το ρήγμα της εικόνας 4.1.

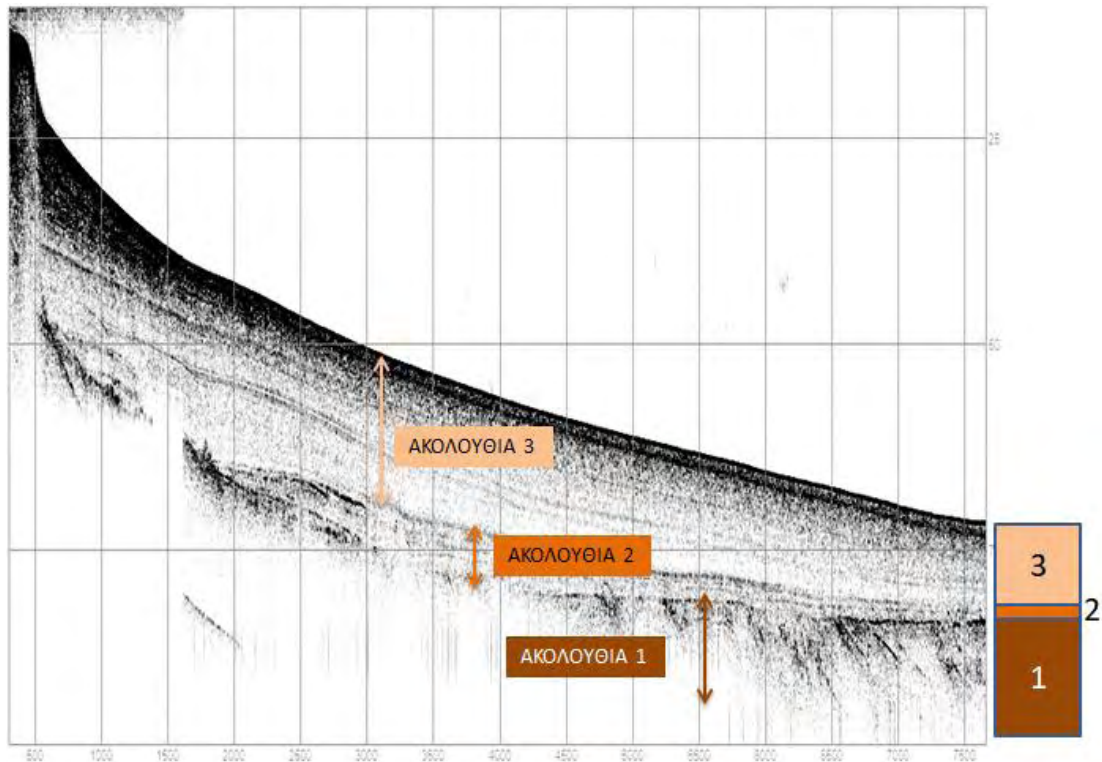
Ακολούθως έχουμε δύο τομογραφίες με παραδείγματα από ενότητες με ασαφείς, ασυνεχείς εσωτερικές ανακλάσεις και από κεκλιμένες σεισμικές ανακλάσεις (clinoforms)(εικ.4.3). Οι ενότητες αυτές παρατηρούνται εντατικά στην περιοχή μελέτης και θα μελετηθούν και θα αναλυθούν περαιτέρω στη συνέχεια της εργασίας.



Εικόνα 4.3: Η άνω τομογραφία περιέχει χαρακτηριστική ενότητα με ασαφείς, ασυνεχείς εσωτερικές ανακλάσεις και η κάτω τομογραφία χαρακτηριστική ενότητα από κεκλιμένες σεισμικές ανακλάσεις (clinoforms).

4.1.1 ΣΕΙΣΜΙΚΕΣ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΕΣ

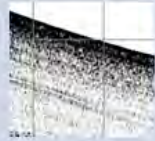


Με την περαιτέρω επεξεργασία και ανάλυση των χαρακτηριστικών τομογραφιών για την περιοχή μελέτης μας προέκυψε ο ακόλουθος διαχωρισμός των τομογραφιών(εικ.4.4) στις εξής ακολουθίες στον πίνακα 1.



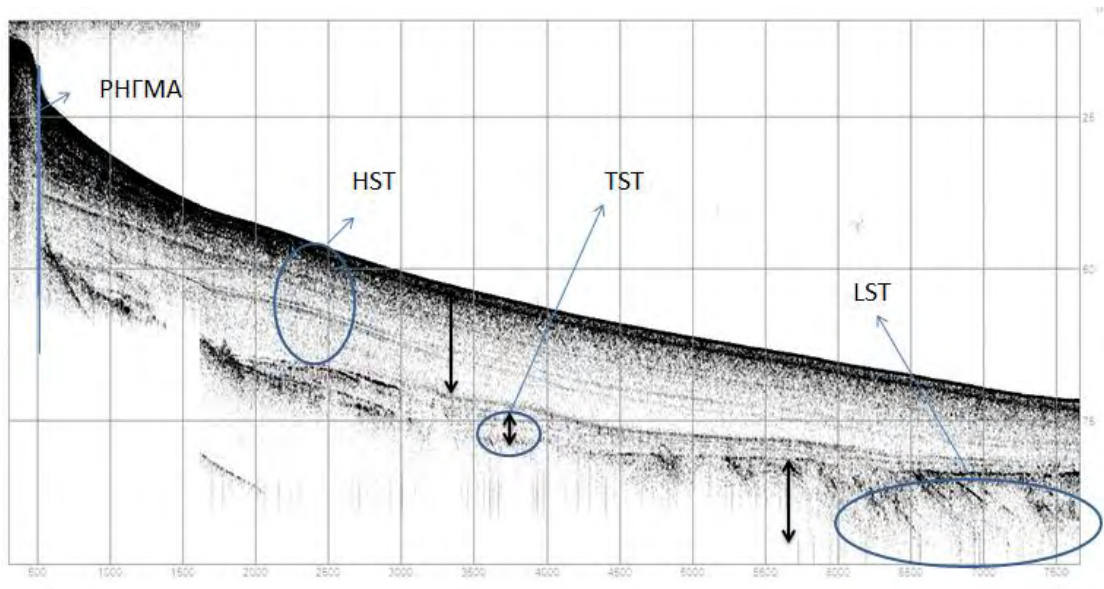
Εικόνα 4.4: Τομογραφία διαχωρισμένη με τις 3 ακολουθίες.

Η τομογραφία μας χωρίστηκε σε 3 ακολουθίες όπως παρατηρείτε στην εικόνα 4.4. Η πρώτη ακολουθία αποτελείται από πλάγιες προελαύνουσες σεισμικές ανακλάσεις (clinoforms) κατά την διάρκεια χαμής στάθμης της θάλασσας (lowstand) όπου χρησιμοποιείτε η ορολογία «Lowstand System Tract» (LST). Η δεύτερη ακολουθία αποτελείται από τοπικά σαφείς και τοπικά ισχυρές σεισμικές ανακλάσεις, ημιπαράλληλες και ελαφρά κεκλιμένες κατά την διάρκεια της επίκλησης της θάλασσας με την χρήση της ορολογίας « Transgressive Systems Tract» (TST). Η Τρίτη και τελευταία ακολουθία αποτελείται από ασθενείς ανακλάσεις παράλληλες και ελαφρά αποκλίνουσες κατά την διάρκεια υψηλής στάθμης της θάλασσας και με τη χρήση της ορολογίας « Highstand System Tract» (HST).

Πίνακας 1. Σεισμικές Στρωματογραφικές Ακολουθίες

ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΤΟΜΗ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΣΤΑΘΜΗ ΘΑΛΑΣΣΑΣ	ΟΡΟΛΟΓΙΑ
3		Ασθενείς ανακλάσεις παράλληλες ή ελαφρά αποκλίνουσες	Υψηλή στάθμη (<u>highstand</u>)	<u>Highstand Systems Tract</u> (HST)
2		Σεισμικές ανακλάσεις τοπικά ισχυρές και τοπικά σαφείς <u>ημιπαράλληλες</u> και ελαφρά κεκλιμένες	Επίκληση θάλασσας	<u>Transgressive Systems Track</u> (TST)
1		Πλάγιες προελαύνουσες σεισμικές ανακλάσεις (<u>clinoforms</u>)	Χαμηλή στάθμη (<u>lowstand</u>)	<u>Lowstand System Tract</u> (LST)

Βάσει τον πίνακα 1, ονομάστηκαν οι ακολουθίες 1-3 με βάση την σχετική ορολογία και παρουσιάζονται στην ακόλουθη τομογραφία (εικ. 4.5).



Εικόνα 4.5: Τομογραφία χωρισμένη σε ακολουθίες με τις σχετικές ορολογίες. HST: Highstand System Tract, TST: Transgressive System Tract και LST: Lowstand System Track.

5. ΣΥΖΗΤΗΣΗ- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ




Στο κεφάλαιο αυτό γίνεται σύνδεση και σύνθεση των αποτελεσμάτων με βιβλιογραφικές πληροφορίες με σκοπό την παλαιογεωγραφική ανάπλαση της παράκτιας ζώνης του αρχαίου λιμένα του Λέχαιου με την χρήση γεωφυσικών δεδομένων.

5.1. ΧΡΟΝΟ-ΣΕΙΣΜΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

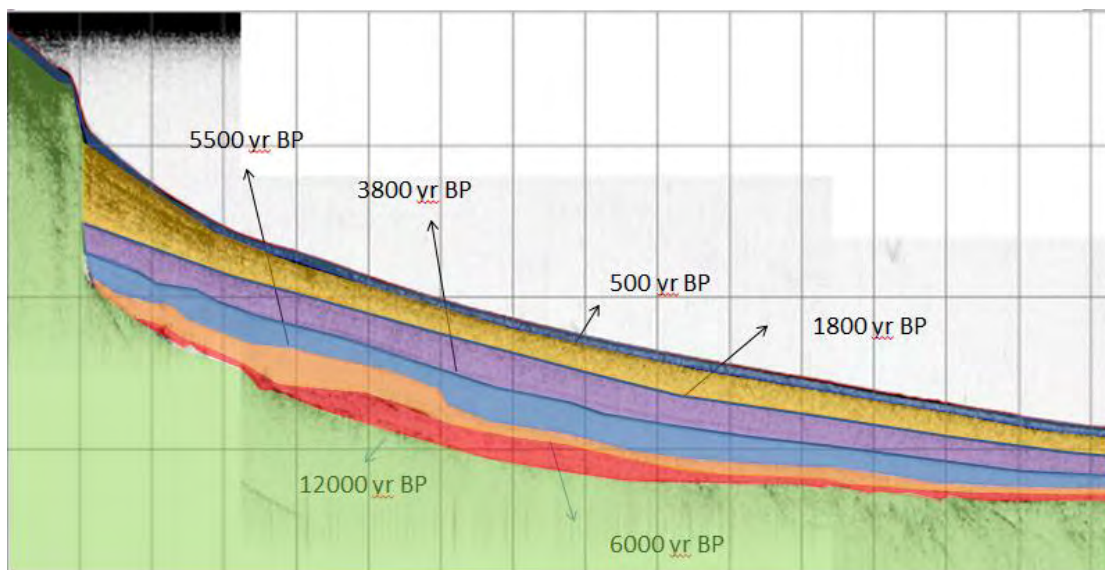
Σύμφωνα με τους Charalampakis et al., 2014, η σχετική χρονοστρωματογραφική ηλικία των ιζηματολογικών ακολουθιών μπορεί να συμπεραθεί από την παγετο-ευστατική καμπύλη του Τεταρτογενές (Martinson et al., 1987; Porter, 1989), υποθέτοντας συγκρίσιμα χαμηλά επίπεδα της στάθμης της θάλασσας κατά τον σχηματισμό τους (Collier et al., 1991; Collier et al., 2000; Lykousis et al., 2007).

Το HST αντιπροσωπεύει Ολοκαινικά ιζήματα του προδέλτα που αποτέθηκαν σε θαλάσσιο περιβάλλον με υψηλή στάθμη της θάλασσας, τα τελευταία 6 ka στο πρώτο ισοτοπικό στάδιο οξυγόνου. Το TST αντιπροσωπεύει ιζήματα που αποτέθηκαν κατά τη διάρκεια επίκλησης της θάλασσας όταν η παλαιολίμνη του Κορινθιακού (Late glacial) πλημμύρισε περίπου 12 ka. Τα ιζήματα αυτά αποτέθηκαν 12 με 6 ka πριν (Collier et al., 2000; Perissoratis et al., 2000; Lykousis et al., 2007). Το LST αναμένεται να είχε αποτεθεί κατά την διάρκεια της κορυφής της τελευταίας παγετώδους περιόδου 35 με 12 ka πριν στο 2^ο ισοτοπικό στάδιο οξυγόνου. Αποτελεί μια κυματογενή διαβρωσιγενή ταράτσα (wave-cut terrace)(βλέπε σχετικό πίνακα 2).

Πίνακας 2: Χρονοσεισμοστρωματογραφική ανάλυση χαρακτηριστικής τομογραφίας

ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ	ΣΕΙΣΜΙΚΗ ΤΟΜΗ	ΕΡΜΗΝΕΙΑ	ΧΡΟΝΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΗΛΙΚΙΑ
3		Ολοκαινικά ιζήματα του προδέλτα που αποτέθηκαν σε θαλάσσιο περιβάλλον με υψηλή στάθμη θάλασσας (highstand)	6 - 0 ka Oxygen isotope stage 1
2		Ιζήματα που αποτέθηκαν κατά τη διάρκεια επίκλησης της θάλασσας όταν η παλαιολίμνη του Κορινθιακού (Late glacial) πλημμύρισε περίπου το 12 ka.	12-6 ka
1		Η ενότητα αυτή αποτέθηκε κατά τη διάρκεια της τελευταίας παγετώδους περιόδου. Αποτελεί μια κυματογενή διαβρωσιγενή ταράτσα (wave-cut terrace)	35-12 ka Oxygen isotope stage 2

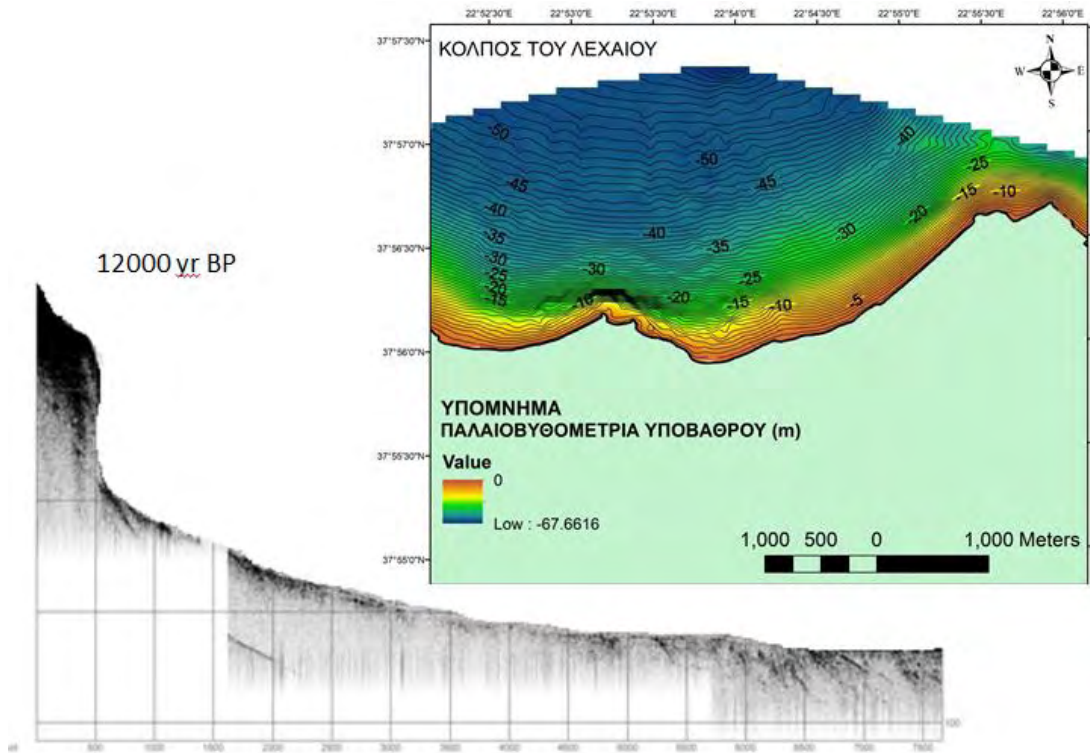
Με την σχετική βιβλιογραφία που ακολουθήθηκε, υπολογίστηκε ο ρυθμός ιζηματογένεσης για το κάθε στρώμα και μετρώντας το πάχος των στρωμάτων, με την χρήση της μεθόδου των τριών υπολογίστηκαν οι ηλικίες απόθεσης κάθε στρώματος στην τομογραφία μας (εικ. 5). Αρχικά έχουμε το ακουστικό υπόβαθρο 12000 γρ BP (LST) όπου ακολουθεί η απόθεση του πρώτου μας στρώματος 6000 γρ BP (TST), αρχίζοντας από το δεύτερο μέχρι και το τελευταίο στρώμα αντιπροσωπεύει το HST. Όπου το δεύτερο αποτέθηκε 5,5k γρ BP, το τρίτο 3,8k γρ BP, το τέταρτο 1800 γρ BP, το πέμπτο 500 γρ BP και το τελευταίο είναι ο σημερινός πυθμένας.



Εικόνα 5: Ηλικία απόθεσης κάθε στρώματος της χαρακτηριστικής τομογραφίας της περιοχής.

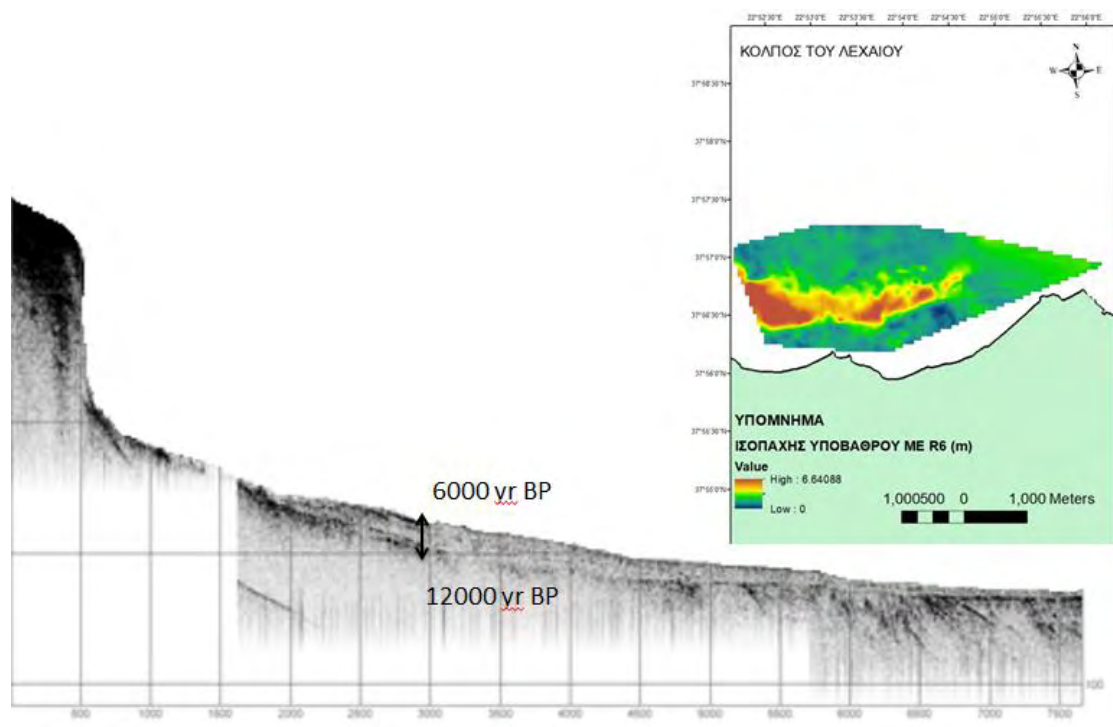
5.2 ΠΑΛΑΙΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΖΩΝΗΣ ΤΟΥ ΑΡΧΑΙΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΤΟΥ ΛΕΧΑΙΟΥ

Με τον συνδυασμό της χρονο-στρωματογραφικής ανάλυσης, ισοπαχών αλλά και παλαιοβυθομετρικών χαρτών υποεπιφανειακών οριζόντων έχουμε ως αποτέλεσμα την παλαιογεωγραφική αναπαράσταση της παράκτιας ζώνης του αρχαίου λιμένα του Λέχαιου αρχίζοντας από το ακουστικό υπόβαθρο 12k γρ BP μέχρι σήμερα.



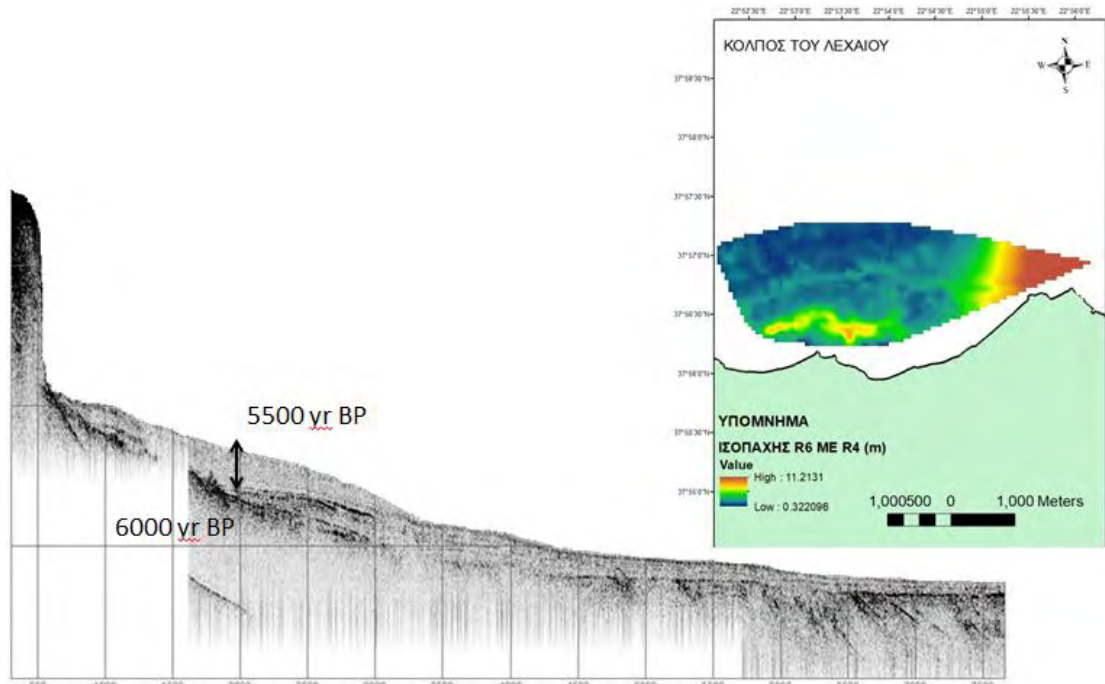
Εικόνα 5.1: Ακουστικό υπόβαθρο και χάρτης παλαιοβυθομετρίας υποβάθρου.

Στην παραπάνω τομογραφία βλέπουμε πως ήταν η παράκτια ζώνη του Λέχαιου 12k yr BP και στον παλαιοβυθομετρικό χάρτη βλέπουμε βάθη να φτάνουν μέχρι τα 67 m περίπου με την ύπαρξη απότομης κλίσης στις ισοβαθείς των 10 m.



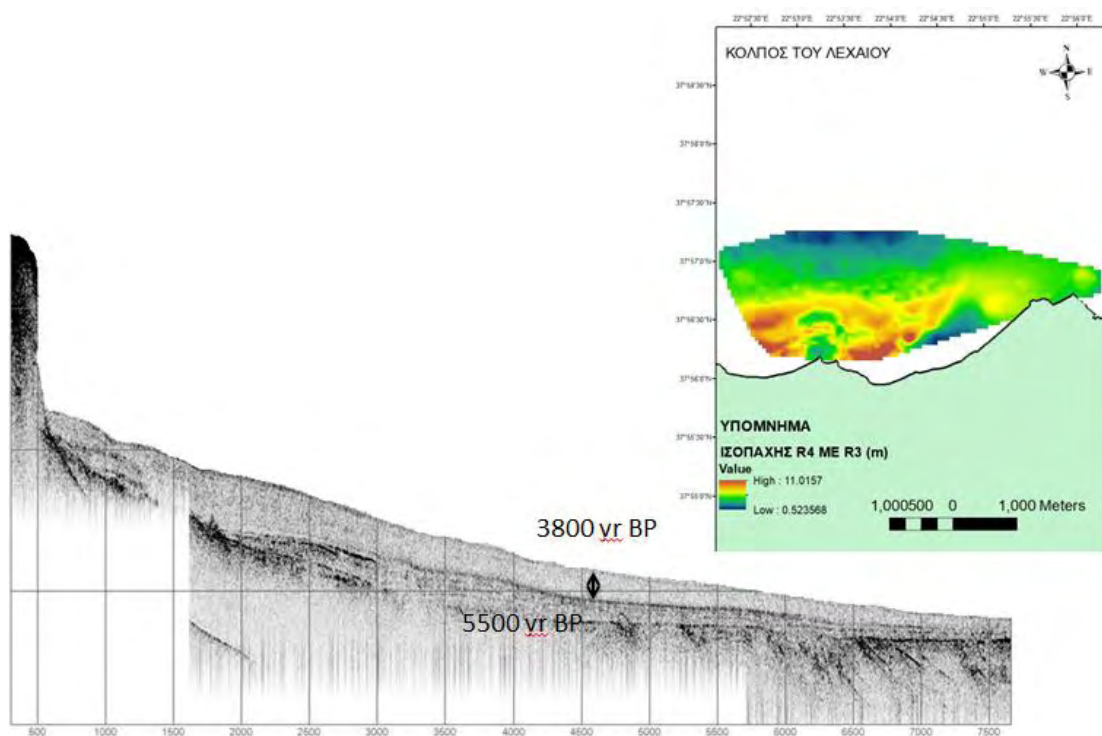
Εικόνα 5.2: Το πρώτο στρώμα που αποτίθεται 6000 yr BP και ο αντίστοιχος χάρτης ισοπαχών.

Στην παραπάνω τομογραφία παρατηρείται το πρώτο στρώμα που αποτίθεται 6000 γρ BP όπου χαρακτηρίζεται ως ένας φακοειδής σχηματισμός, ο οποίος επαληθεύετε από τον χάρτη ισοπαχών όπου βλέπουμε την δημιουργία ενός φακοειδούς σχηματισμού παράλληλα με την ακτή, πιθανών λόγω έντονης κυματικής δραστηριότητας κατά την επίκληση της θάλασσας.



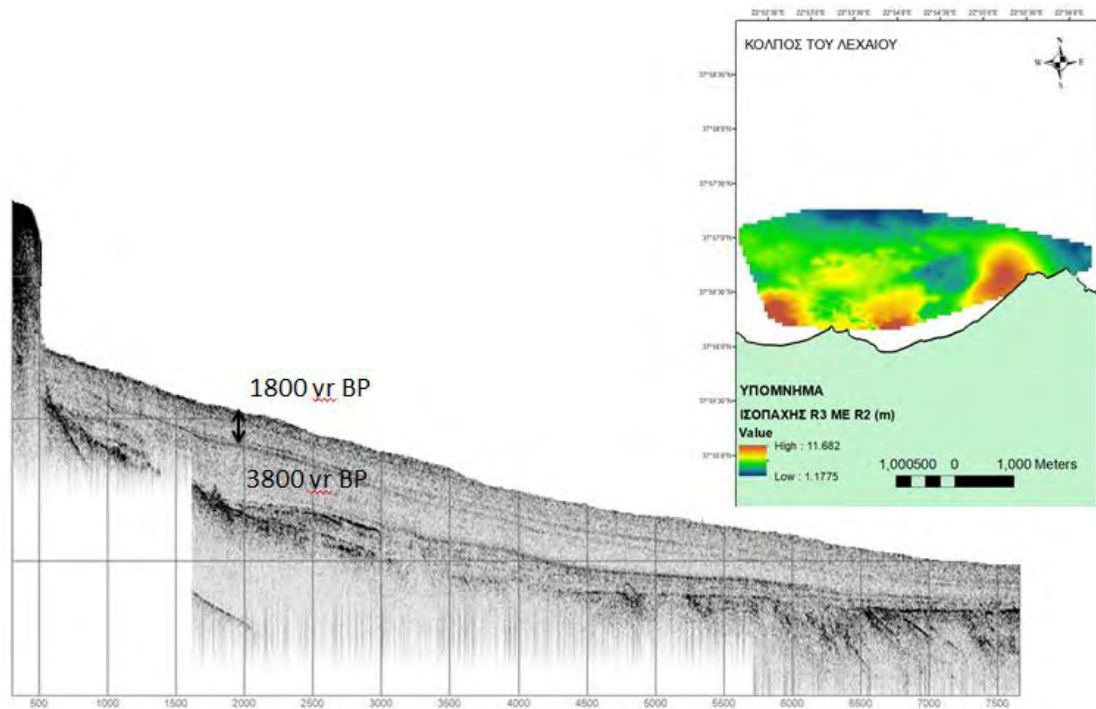
Εικόνα 5.3: Το δεύτερο στρώμα που αποτίθεται 5,5k γρ BP και ο αντίστοιχος χάρτης ισοπαχών.

Σύμφωνα με την εικόνα 5.3 παρατηρείτε το δεύτερο στρώμα που αποτίθεται 5.5k γρ BP και βλέπουμε σύμφωνα με το χάρτη ισοπαχών πως τα μεγαλύτερα πάχη βρίσκονται στα ανατολικά με μέγιστο πάχος 11m. Σημειώνεται επίσης πως είναι το πρώτο στρώμα κατά το HST.



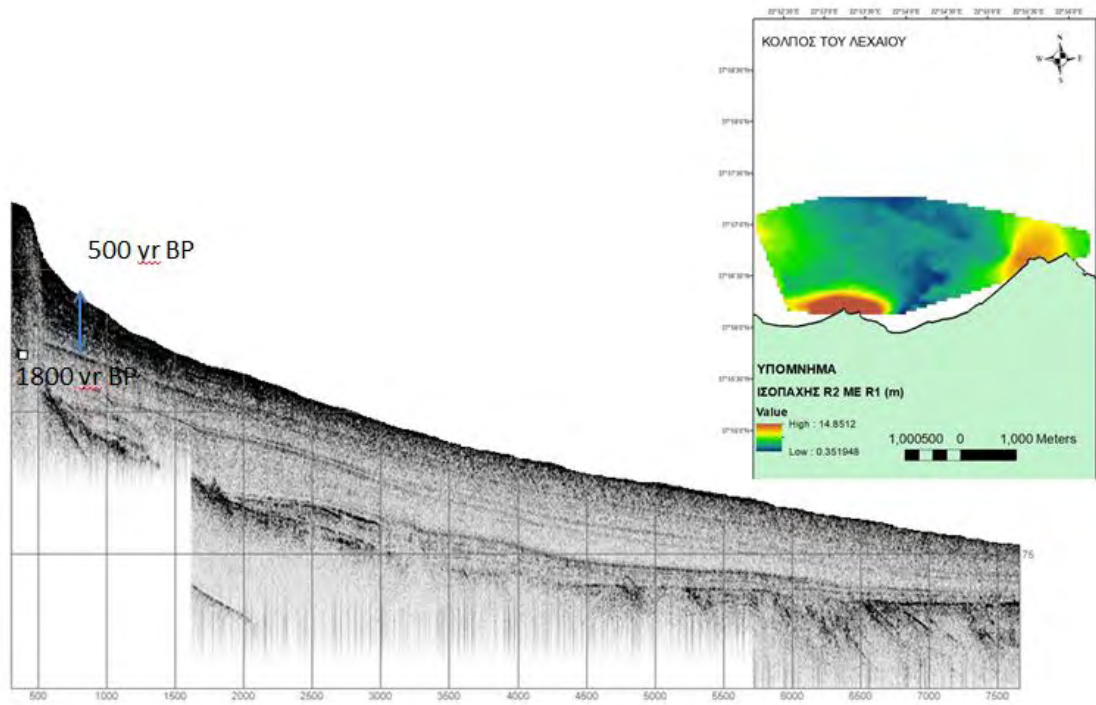
Εικόνα 5.4: Το τρίτο στρώμα που αποτίθεται 3800 γρ BP και ο αντίστοιχος χάρτης ισοπαχών.

Στην εικόνα 5.4 παρατηρούμε το τρίτο στρώμα που αποτίθεται 3800 γρ BP κατά το HST και βλέπουμε με την βοήθεια του χάρτη ισοπαχών πως τα μεγαλύτερα πάχη εντοπίζονται στο δυτικό μέρος της παράκτιας ζώνης με μέγιστο πάχος 11m.



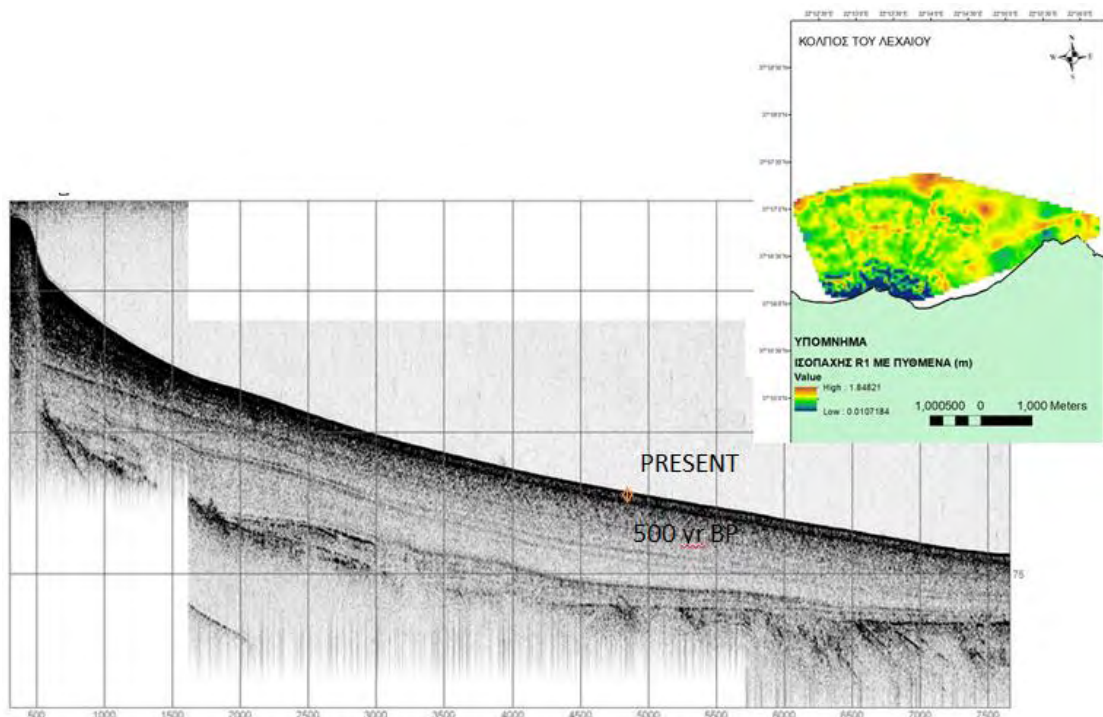
Εικόνα 5.5: Το τέταρτο στρώμα που αποτίθεται 1800 γρ BP και ο αντίστοιχος χάρτης ισοπαχών.

Στην παραπάνω εικόνα όπου βρίσκεται το τέταρτο στρώμα 1800 γρ BP, παρατηρείται κάτι πολύ σημαντικό στο χάρτη ισοπαχών. Φαίνεται πως τα μεγαλύτερα πάχη (μέγιστο πάχος 11,5m) βρίσκονται στα ανατολικά και δυτικά του χάρτη όπου μπορεί να συνέβαλε η δημιουργία του αρχαίου λιμένα του Λέχαιου στην περαιτέρω απόθεση ιζήματος στα σημεία αυτά.



Εικόνα 5.6: Το πέμπτο στρώμα που αποτίθεται και ο αντίστοιχος χάρτης.

Στην εικόνα 5.6 παρατηρούμε το πέμπτο στρώμα που αποτίθεται 500 yr BP και σύμφωνα με τον χάρτη ισοπαχών βλέπουμε κάτι αντίστοιχο σχετικά με το προηγούμενο στρώμα με τα μεγαλύτερα πάχη να βρίσκονται ανατολικά και δυτικά του χάρτη. Το μέγιστο πάχος σε αυτό το στρώμα φτάνει τα 15 m περίπου.



Εικόνα 5.7: Το τελευταίο και σημερινό στρώμα μέχρι σήμερα και αντίστοιχος χάρτης ισοπαχών.

Στο τελευταίο στρώμα που αντιπροσωπεύει το σημερινό και το πυθμένα σήμερα, φαίνεται στο χάρτη ισοπαχών ένα ομοιόμορφο πάχος σε όλη την περιοχή με μέγιστο πάχος να φτάνει σχεδόν τα 2 m.

Υψηλής ανάλυσης σεισμωστρωματογραφικές τομές επέτρεψαν την ανάπλαση της παλαιογεωγραφίας της παράκτιας ζώνης του αρχαίου λιμένα του Λέχαιου, 12 ka BP έως και σήμερα. Τα ήδη υπάρχοντα δεδομένα από τα άρθρα και τα δικά μας δεδομένα βοήθησαν στην περαιτέρω κατανόηση της εξέλιξης της παράκτιας ζώνης του αρχαίου λιμένα του κόλπου του Λέχαιου. Επιπλέον ο εντοπισμός του πιθανού ενεργού ρήγματος μπορεί να αλλάξει τα δεδομένα για τα οποία πιστεύαμε πως επηρέασαν το αρχαίο λιμένα του Λέχαιου.

Μέσα από τα αποτελέσματα και την σύνθεση τους παρατηρούμε πως η εφαρμογή θαλάσσιων γεωφυσικών μεθόδων στην ενάλια γεωαρχαιολογία είναι ένα πολύ σημαντικό και αξιόπιστο εργαλείο όπου μπορούμε να συσχετίσουμε ιστορικά γεγονότα με γεωφυσικά παλαιογεωγραφικά δεδομένα.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Armijo, R., Meyer, B., King, G.C.P., Rigo, A., Papanastassiou, D., 1996. Quaternary evolution of the Corinth Rift and its implications for the Late Cenozoic evolution of the Aegean. *Geophysical Journal International* 126, 11–53.

Bell, R.E., McNeill, L.C., Bull, J.M., Henstock, T.J., Collier, R.E.L., Leeder, M.R., 2009. Fault architecture, basin structure and evolution of the Gulf of Corinth Rit, central Greece. *Basin Research* 21, 824–855.

Blegen, C.W., 1921. Korakou: a Prehistoric Settlement Near Corinth. *American School of Classical Studies at Athens*, 139 pp.

Broneer, O., 1932. *Corinth: The Odeum*. Harvard University Press, 154 pp.

Charalampakis, M., Lykousis, V., Sakellariou, D., Papatheodorou, G., Ferentinos, G., 2014. The tectono-sedimentary evolution of the Lechaion Gulf, the south eastern branch of the Corinth graben, Greece. *Marine Geology* 351, 58-75.

Collier, R.E.L., Lykousis, V., Chronis, G., Pavlakis, P., 1991. Temporal and Lateral Changes in Recent Extensional Subsidence and Uplift Rates: W. Saronic Gulf and Corinth Ishtmus, Greece. VI, EGS, *Terra Abstracts* 3/1 : 350.

Collier, R.E.L., Leeder, M.R., Trout, M., Ferentinos, G., Lyberis, E., Papatheodorou, G., 2000. High sediment yields and cool, wet winters: test of last glacial paleoclimates in the northern Mediteranean. *Geology* 28, 999-1002.

Georgiades, A.S., 1907. *Les ports de la Grèce dans l' antiquité qui subsistent encore aujourd'hui*, Athènes.

Hill, B.H., 1964. *Corinth I, VI: the Springs: Peirene, Sacred Spring, Glauke*. ASCS, Princeton, 235 pp.

Kent, J.H., 1966. *Corinth, VIII: the Inscriptions 1926e1950*. ASCS, Princeton, 164 pp.

Lykousis, V., Sakellariou, D., Moretti, I., Kaberi, H., 2007. Late Quaternary basin evolution of the Gulf of Corinth: sequence stratigraphy, sedimentation, fault-slip and subsidence rates. *Tectonophysics* 440, 29-51.

Martinson, D.G., Pisias, N.G., Hays, J.D., Imbrie, J., Moore Jr., T.C., Shackleton, N.J., 1987. Age dating and the orbital theory of the ice ages: development of a high-resolution 0 to 300,000-yr chronostratigraphy. *Quaternary Research* 27, 1-29.

Minos-Minopoulos, D., Pavlopoulos, K., Apostolopoulos, G., Lekkas, E., Dominey-Howes, D., 2015. Liquefaction features at an archaeological site: Investigations of past earthquakes events at the Early Christian Basilica, Ancient Lechaion Harbour, Corinth, Greece. *Tectonophysics* 658, 74-90.

- Morhange, C., Pirazzoli, P.A., Evelpidou, N., Marriner, N., 2012. Late Holocene tectonic uplift and the silting up of Lechaion, the Western Harbour of Ancient Corinth, Greece. *Geoarchaeol. Int. J. Short Commun.* 27, 278-283.
- Pallas, D.I., 1956, Lechaion Basilica Excavation. *Proceedings of the Archaeological Society at Athens*, (1961), pp. 164-178 (in Greek).
- Pallas, D.I., 1959, Lechaion Basilica Excavation. *Proceedings of the Archaeological Society at Athens*, (1965), pp. 126-140 (in Greek).
- Pallas, D.I., 1960, Lechaion Basilica Excavation. *Proceedings of the Archaeological Society at Athens*, (1966), pp. 144-170 (in Greek).
- Pallas, D., 1961. Excavation of the Basilica in Lechaion (in Greek). *Praktika 1956 (PAE 1956)*, 164-178.
- Pallas, D., 1963. Excavations of Lechaion (in Greek). *Archaïologiko Deltio* 17 (1961/62). *Chronika*, 69-78.
- Pallas, D.I., 1965, Lechaion Basilica Excavation. *Proceedings of the Archaeological Society at Athens*, (1967), pp. 137-166 (in Greek).
- Papachatzis, N., 1976. *Pausanias' Description of Greece* (in Greek). *Ekdotiki Athenon*.
- Papadopoulos, G.A., 2000. A new tsunami catalogue of the Corinth Rift: 373 B.C.–A.D. 2000. In: Papadopoulos, G.A. (Ed.), *Historical Earthquakes and Tsunamis in the Corinth Rift, Central Greece*. Institute of Geodynamics, Natural Observatory, Athens, pp. 121–126.
- Papatheodorou, G., Geraga, M., Chalari, A., Christodoulou, D., Iatrou, M., Fakiris, E., Kordella S., Prevenios, M., Ferentinos, G., 2011. "Remote sensing for underwater archaeology: Case studies from Greece and Eastern Mediterranean Sea", *Bulletin of the Geological Society of Greece*, vol. XXXII.
- Paris, J., 1915. Contributions à l' étude des ports antiques du monde Grecque. *Bulletin de Correspondance Hellénique* 39, 5-16.
- Parsons, A.W., 1932. *Corinth III, ii: the Long Walls to the Culf*. Mass, Cambridge, pp. 84-125.
- Perissoratis, C., Piper, D.J.W., Lykousis, V., 2000. Alternating marine and lacustrine sedimentation during late Quaternary in the Gulf of Corinth rift basin, central Greece. *Marine Geology* 167, 391-411.
- Philadelphus, A., 1921. Ancient villa with Nymphaeon in Lechaion of Corinthia (1918) (in Greek). *Archaïologiko Deltio* 4, 125-135.
- Romano, D.G., 2003. City planning, centuriation, and land division in Roman Corinth. In: Williams II, Ch.K., Bookidis, N. (Eds.), *Corinth XX, The Centenary 1896-1996*, Princeton, pp. 279-301.

- Porter, S.C., 1989. Some geological implications of average Quaternary glacial conditions. *Quaternary Research* 32, 245-261
- Rothaus, R., 1995. Lechaion, western port of Corinth: a preliminary archaeology and history, *Oxf. J. Archaeol.* 14 (3), 293-306.
- Sakellariou, Faraklas, 1971. Ancient Greek Cities No 3: Corinthia e Cleonaea (in Greek). Athens Technological Organization, Center of Ecistics, Athens.
- Sakellariou, D., Fountoulis, I., Lykousis, V., 2004. Lechaion Gulf: the last descendant of the Proto-Gulf-of-Corinth basin. In: Chatzipetros, A., Pavlides, S. (Eds.), *Proceedings of the 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology*, pp. 881–884 (Thessaloniki, Greece).
- Sakellariou, D., Lykousis, V., Alexandri, S., Kaberi, H., Rousakis, G., Nomikou, P., Georgiou, P., Ballas, D., 2007. Faulting, seismicstratigraphic architecture and Late Quaternary evolution of the Gulf of Alkyonides basin-East Gulf of Corinth, Central Greece. *Basin Research* 19, 273-295.
- Salmon, 1984. *Wealthy Corinth: a History of the City to 338 BC*. Clarendon Press, Oxford, 464 pp.
- Sanders, G., 2005. Archaeological evidence for Early Christianity and the End of Hellenic Religion in Corinth. In: Schowalter, D., Friesen, S. (Eds.), *Urban Religion of Roman Corinth: Interdisciplinary Approaches*, vol. 53. *Harvard Theological Studies*, pp. 419-442.
- Scranton, R.L. (Ed.), 1957. *Mediaeval Architecture: In the Central Area of Corinth* vol. 16. *The American School of Classical Studies at Athens*, Princeton N.J., p. 147.
- Shaw, J.W., 1969. A foundation in the inner harbor at Lechaem. *American Journal of Archaeology* 73, 370-372.
- Skias, N., 1907. Excavation in Corinth. *Praktika 1906 (PAE 1906)*, 145-166.
- Stillwell, R., 1952. *Corinth II: the Theatre*. ASCS, Princeton.
- Stiros, S., Pirazzoli, P., Rothaus, R., Papageorgiou, S., Laborel, J., Arnold, M., 1996. On the date of construction of Lechaion, Western Harbour of Ancient Corinth, Greece. *Geoarchaeol. Int. J.* 11 (3), 251-263.
- Taylor, B., Weiss, J.R., Goodliffe, A., Sachpazi, M., Laigle, M., Hirn, A., 2011. The structures, stratigraphy and evolution of the Gulf of Corinth rift, Greece. *Geophysical Journal International* 185, 1189-1219.
- Theodoulou, Th, 2002. *Lechaion: the Western Port of Corinth* (in Greek), vol. VI. *ENALIA*, pp. 83-99.
- Williams II, C.K., 1993. Roman Corinth as a commercial center. In: Gregory, T.E. (Ed.), *The Corinthia in the Roman Period*. *Journal of Roman Archaeology Supplementary Series* 8. University of Michigan Press, Ann Arbor, pp. 31-46.

Wiseman, J., 1978. The land of the ancient Corinthians. *Studies in Mediterranean Archaeology* 50, 150.

6.1 ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Μιχαήλ, Π. 2011. Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής Μοδίου-Πόρου. Διατριβή ειδίκευσης. Π.Μ.Σ. Γεωεπιστήμες & Περιβάλλον. Τμήμα Γεωλογίας. Πανεπιστήμιο Πατρών.

Παπαθεοδώρου, Γ. & Φερεντίνος, Γ. 2010. Τεχνική Ωκεανογραφία. Εργαστήριο Θαλάσσιας Γεωλογίας & Φυσικής Ωκεανογραφίας (Ε.Θ.Α.Γ.Ε.Φ.Ω.). Τμήμα Γεωλογίας. Πανεπιστήμιο Πατρών.

Σούρα, Κ. 2013. Εφαρμογές θαλάσσιων γεωφυσικών μεθόδων στην ενάλια αρχαιολογία: Νήσος Pag (Κροατία). Διατριβή ειδίκευσης. Π.Μ.Σ. Γεωεπιστήμες & Περιβάλλον. Τμήμα Γεωλογίας. Πανεπιστήμιο Πατρών.

Φακίρης, Η. 2011. Ανάπτυξη λογισμικών επεξεργασίας και ανάλυσης γεωφυσικών δεδομένων. Εφαρμογές στον Κορινθιακό Κόλπο, στο Αιγαίο και στο Ιόνιο Πέλαγος. Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Γεωλογίας. Πανεπιστήμιο Πατρών.