

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΦΥΣΙΚΗΣ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ

ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

ΚΑΛΠΑΚΗ ΜΑΡΙΝΑ

Πτυχιούχος Γεωλόγος

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΠΑΛΑΙΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΚΟΥ
ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΦΟΥΡΝΟΙ ΣΤΙΣ ΡΑΧΕΣ ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ

2016

Εικόνα εξωφύλλου: Άποψη από την παραλία Ραχών όπου φαίνονται οι αποθέσεις ακτόλιθων και η Εύβοια που βρίσκεται στην απέναντι πλευρά.

Εικόνα οπισθόφυλλου: Φωτογραφία της περιοχής μελέτης κατά τη διεξαγωγή της ηλεκτρικής τομογραφίας ert-3.

ΚΑΛΠΑΚΗ ΜΑΡΙΝΑ

Πτυχιούχος Γεωλόγος

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΠΑΛΑΙΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΚΟΥ ΟΙΚΙΣΜΟΥ ΦΟΥΡΝΟΙ ΣΤΙΣ ΡΑΧΕΣ ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ

Υποβλήθηκε στο τμήμα Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

στα πλαίσια του Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών

“Γεωλογία και Γεωπεριβάλλον”

του τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή

Επιβλέπων:

Βουβαλίδης Κωνσταντίνος, Αναπληρωτής Καθηγητής

Μέλη τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής:

Συρίδης Γεώργιος, Αναπληρωτής καθηγητής

Τσούρλος Παναγιώτης, Αναπληρωτής καθηγητής

© Καλπάκη Μαρίνα, 2016

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All right reserved.

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΠΑΛΑΙΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ
ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΠΡΟΪΣΤΟΡΙΚΟΥ ΟΙΚΙΣΜΟΥ
ΦΟΥΡΝΟΙ ΣΤΙΣ ΡΑΧΕΣ ΦΘΙΩΤΙΔΑΣ

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τη συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

Περιεχόμενα

Περίληψη	9
Abstract.....	10
Εισαγωγή	11
Σκοπός.....	11
1. Παλαιογεωγραφική-Παλαιοπεριβαλλοντική έρευνα.....	12
1.1 Γενικά.....	12
1.2 Παλαιογεωγραφική-γεωαρχαιολογική έρευνα στον ελλαδικό χώρο	12
2. Περιοχή μελέτης	18
2.1 Γεωγραφικά στοιχεία	18
2.2 Γεωλογικά στοιχεία.....	19
2.2.1 Γενικά.....	19
2.2.2 Στρωματογραφία	20
2.3 Γεωμορφολογικά-Μορφοτεκτονικά στοιχεία	24
2.4 Ιστορικά στοιχεία.....	29
3. Γεωφυσική διασκόπηση.....	31
4. Μαγνητική επιδεκτικότητα	34
5. Μεθοδολογία	36
5.1 Εργασίες πεδίου	36
5.1.1 Γεωλογική-γεωμορφολογική έρευνα και χαρτογράφηση της περιοχής μελέτης.....	36
5.1.2 Εκτέλεση δειγματοληπτικών γεωτρήσεων	38
5.1.3 Διεξαγωγή ηλεκτρικών τομογραφιών.....	39
5.2 Εργαστηριακές αναλύσεις-μετρήσεις	40
5.2.1 Ανάλυση γεωτρήσεων.....	40
5.2.2 Μέτρηση μαγνητικής επιδεκτικότητας	42
5.2.3 Ανάλυση ηλεκτρικών τομογραφιών	43
5.2.4 Ανάλυση μορφολογικού αναγλύφου	44
6. Αποτελέσματα	45
6.1 Γεωλογία-γεωμορφολογία περιοχής μελέτης	45
6.2 Ανάλυση μορφολογικού αναγλύφου	49

6.2.1	Ταξινόμηση αναγλύφου	49
6.2.2	Κλίση αναγλύφου	52
6.3	Ανάλυση δειγμάτων	55
6.3.1	Προφίλ γεωτρήσεων	55
6.4	Στρωματογραφία-Παλαιοπεριβαλλοντικές ενότητες.....	65
6.5	Διαγράμματα μαγνητικής επιδεκτικότητας.....	67
6.6	Ερμηνεία ηλεκτρικών τομογραφιών	70
7.	Συμπεράσματα-Συζήτηση.....	77
	Βιβλιογραφία	79

Ευχαριστίες

Η παρούσα διατριβή ειδίκευσης εκπονήθηκε στον τομέα Φυσικής και Περιβαλλοντικής Γεωγραφίας του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

Ολοκληρώνοντας τη συγγραφή της εργασίας, αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα της διατριβής μου, Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας, κ. Κωνσταντίνο Βουβαλίδη, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε αναθέτοντάς μου το συγκεκριμένο θέμα. Επίσης, θα ήθελα να τον ευχαριστήσω για την ουσιαστική του επιστημονική καθοδήγηση καθ'όλη την διάρκεια των σπουδών μου, τις πολύτιμες θεωρητικές και πρακτικές συμβουλές κατά τη διεξαγωγή της παρούσας διατριβής ειδίκευσης και την επιμονή που έδειξε ώστε να καταφέρω να την ολοκληρώσω.

Πολλές ευχαριστίες οφείλω στα μέλη της τριμελούς συμβουλευτικής επιτροπής, Αναπληρωτές Καθηγητές του Τμήματος Γεωλογίας, κ. Γεώργιο Συρίδη και κ. Παναγιώτη Τσούρλο για την ουσιαστική συμβολή τους κατά τη διάρκεια των εργασιών πεδίου και συγγραφής της παρούσας διατριβής ειδίκευσης.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω την κα Ελίνα Αηδονά, Λέκτορα του Τμήματος Γεωλογίας για την βοήθειά της στις μετρήσεις της μαγνητικής επιδεκτικότητας και στην περαιτέρω ανάλυση των αποτελεσμάτων.

Θερμές ευχαριστίες οφείλω στον Διδάκτορα Γεωλόγο Χρήστο Πέννο για τη βοήθειά του στις εργασίες πεδίου κατά τη διεξαγωγή των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων, καθώς επίσης και για τις πολύτιμες συζητήσεις που είχαμε κατά την εκπόνηση της διατριβής ειδίκευσης.

Θα ήθελα ακόμα να ευχαριστήσω την Έφορο της 14^{ης} Εφορίας προϊστορικών αρχαιοτήτων και κλασσικών αρχαιοτήτων κα Μαρία-Φωτεινή Παπακωνσταντίνου για την άψογη συνεργασία.

Ομοίως θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Γεωλόγους Χρυσόστομο Λιόλιο-Παρανό και Αγγελική Ρεϊζοπούλου για την ηθική τους υποστήριξη καθώς και για την πολύτιμη βοήθεια στις εργασίες πεδίου.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω την Μαρίνα Παπαγεωργίου Γεωλόγο-Υπεύθυνη του ΚΠΕ Στυλίδας-Υπάτης και τον Βαγγέλη Μαρκατσέλη Γεωλόγο για την περιήγηση στην περιοχή μελέτης, την φιλοξενία τους καθώς επίσης και για το φωτογραφικό αρχείο που μου προσέφεραν.

Δεν θα πρέπει να παραλείψω να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Γεωλογίας κ. Κωνσταντίνο Αλμπανάκη και τον Λέκτορα Γεωλογίας κ. Δημήτριο Οικονομίδη για τις επιστημονικές γνώσεις που μου προσέφεραν κατά τη διάρκεια των σπουδών μου όπως και την Κολιαδήμου Καλλιόπη και Μουντουρλή Μαρία για την άψογη συνεργασία και βοήθεια. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Γεωλόγο Αλέξανδρο Γαϊτανόπουλο, τον Υποψήφιο Διδάκτορα του Τμήματος Γεωεπιστημών του Πανεπιστημίου του Τορόντο Αναστάσιο Βενετικίδη και τον Υποψήφιο Διδάκτορα του Τμήματος Γεωλογίας Χρήστο Δομακίνη για τις πολύτιμες συζητήσεις που είχαμε καθ'όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένειά μου και τους συντρόφους μου για την αμέριστη ηθική και υλική υποστήριξη.

Περίληψη

Αντικείμενο της παρούσας διατριβής ειδίκευσης είναι η μελέτη της γεωμορφολογικής-παλαιοπεριβαλλοντικής εξέλιξης της παράκτιας περιοχής του προϊστορικού οικισμού Φούρνοι, Ραχών, Φθιώτιδας κατά το Άνω Ολόκαινο. Η εργασία αυτή πραγματεύεται την εξελικτική πορεία της παράκτιας γεωμορφολογίας στην περιοχή έρευνας και την ακολουθία των περιβαλλόντων ιζηματογένεσης, ως αποτέλεσμα της μεταβολής της στάθμης της θάλασσας. Κρίθηκε σκόπιμο να χρησιμοποιηθούν τεχνικές όπως η γεωμορφολογική έρευνα σε συνδυασμό με γεωτρητική, στρωματογραφική, παλαιοντολογική και γεωφυσική έρευνα. Η ευρύτερη περιοχή στην οποία βρίσκεται ο προϊστορικός οικισμός Φούρνοι στην παραλία των Ραχών ανήκει στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας και πιο συγκεκριμένα στο δήμο Στυλίδας του Νομού Φθιώτιδας. Αποτελεί τμήμα του βόρειου περιθωρίου του βυθίσματος του διαύλου των Ωρεών, με διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ. Οι εργασίες πεδίου εκτελέστηκαν χρονικά σε τρεις φάσεις. Κατά την πρώτη φάση, πραγματοποιήθηκε η γεωμορφολογική έρευνα και χαρτογράφηση της περιοχής με τη λήψη γεωγραφικού στίγματος και απόλυτου υψομέτρου. Κατά το δεύτερο στάδιο έγινε η λήψη αδιατάρακτων πυρήνων του υπεδάφους με τη χρήση κρουστικού γεωτρώπανου. Τέλος, κατά το τρίτο στάδιο πραγματοποιήθηκαν τέσσερις ηλεκτρικές τομογραφίες στην περιοχή μελέτης με σκοπό την περαιτέρω διερεύνηση των λιθολογικών δομών του υπεδάφους. Για την πραγματοποίηση της έρευνας στο εργαστήριο χρησιμοποιήθηκαν οι δύο πυρήνες ιζήματος, από τις γεωτρήσεις FRN-1 και FRN-2 και μετρήθηκαν οι τιμές της μαγνητικής επιδεκτικότητας. Οι πυρήνες έδωσαν το απαραίτητο υλικό για την στρωματογραφική και παλαιοντολογική έρευνα και βοήθησαν στην αναγνώριση και τον καθορισμό ενοτήτων, η γεωμορφολογική ερμηνεία των οποίων επέτρεψε τον χαρακτηρισμό του παλαιοπεριβάλλοντος απόθεσης για κάθε μία από αυτές. Η μελέτη του μορφολογικού αναγλύφου πραγματοποιήθηκε με την ανάλυση των ψηφιακών υψομετρικών δεδομένων με τη χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Τέλος, ο συνδυασμός των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από την έρευνα οδήγησε στον προσδιορισμό των διαδοχικών παλαιοπεριβαλλόντων στην περιοχή μελέτης.

Abstract

The aim of this Master Thesis is to study the geomorphological-palaeoenvironmental evolution of the coastal area of prehistoric settlement Fournoi, Raches, Phthiotida for the Upper Holocene. This paper discusses the evolutionary process of the coastal geomorphology in the study area and subsequent succession of sedimentary environments, as a result of the global-scale change in sea levels. It was considered appropriate to use techniques such as geomorphological survey combined with drilling, stratigraphic, palaeontological and geophysical research. The area in which is situated the prehistoric settlement Fournoi belongs to the administrative region of Eastern Central Greece and more specifically it is part of municipality of Stylida in the Phthiotida province. It is part of the northern margin of the draft of the channel of Oreos with direction ENE-WSW. The fieldwork was carried out in three phases. In the first phase, the geomorphological survey of the area was held by taking the geographical position and absolute altitude. In the second stage, the undisturbed sediment cores were obtained by a vibracoring device. Finally, in the third stage four electrical sections were obtained in the study area in order to investigate further the lithological structure of the subsoil. The laboratory analysis was carried out by using two sediment cores from boreholes FRN-1 and FRN-2 and measured values of the magnetic susceptibility. The cores provided the necessary material for stratigraphic and paleontological research and led to the identification and the definition of units, the geomorphological interpretation of which allowed the characterization of palaeoenvironment for each one of them. The study of morphological relief was accomplished with the analysis of digital elevation data by using Geographic Information Systems. Finally, the combination of the results of the investigation resulted in the definition of the successive palaeoenvironments of the area.

Εισαγωγή

Η παρούσα διατριβή ειδίκευσης πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος ΑΠΕΚΣ (Αρχαιολογική και Παλαιοπεριβαλλοντική Έρευνα στην Κοιλιάδα του Σπερχειού). Πρόκειται για ένα πρόγραμμα συνεργασίας αρχαιολόγων και γεωεπιστημόνων υπό τη διεύθυνση των κ.κ. Μ.-Φ. Παπακωνσταντίνου (Προϊσταμένης της ΙΔ΄ Εφορείας Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων και της 24^{ης} Εφορείας Βυζαντινών Αρχαιοτήτων) και Κ. Βουβαλίδη (Αναπληρωτή Καθηγητή Γεωλογίας του ΑΠΘ) που υποστηρίζεται από την ΙΔ΄ Εφορεία Προϊστορικών και Κλασικών Αρχαιοτήτων και χρηματοδοτείται από το Ινστιτούτο Αιγαιακής Προϊστορίας (INSTAP). Ως σκοπό έχει την έρευνα αρχαίων οικισμών της περιοχής του δελταϊκού συστήματος του Σπερχειού ποταμού σε συνάρτηση με το παλαιοπεριβάλλον τους.

Σκοπός

Σκοπός της παρούσας διατριβής ειδίκευσης είναι η συμβολή στη μελέτη της γεωμορφολογικής εξέλιξης και του παλαιοπεριβάλλοντος, στην ευρύτερη περιοχή του προϊστορικού οικισμού Φούρνοι στις Ράχες, Φθιώτιδας. Πιο συγκεκριμένα για το σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τεχνικές όπως, η γεωμορφολογική ανάλυση του σημερινού αναγλύφου με τη χρήση γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών, η στρωματογραφική και παλαιοντολογική ανάλυση των δειγμάτων που προέκυψαν από την εκτέλεση των δύο δειγματοληπτικών γεωτρήσεων FRN-1 και FRN-2 στην περιοχή μελέτης. Οι τεχνικές αυτές, σε συνδυασμό με τη μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας των υλικών των πυρήνων των γεωτρήσεων και την ανάλυση των τεσσάρων ηλεκτρικών τομογραφιών που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή έρευνας, οδήγησαν στον καθορισμό του παλαιοπεριβάλλοντος στην περιοχή μελέτης.

1. Παλαιογεωγραφική-Παλαιοπεριβαλλοντική έρευνα

1.1 Γενικά

Η παλαιοπεριβαλλοντική μελέτη εξετάζει την ευρύτερη περιοχή στην οποία βρίσκονται τα αρχαιολογικά ευρήματα και περιλαμβάνει την μελέτη των γεωμορφολογικών, παλαιοοικολογικών και παλαιοκλιματικών διαδικασιών που επιδρούσαν στη διαμόρφωση του τοπίου και το οποίο με τη σειρά του αλληλεπιδρούσε με τον άνθρωπο (Renfrew, 1976, Καρκάνας, 2010).

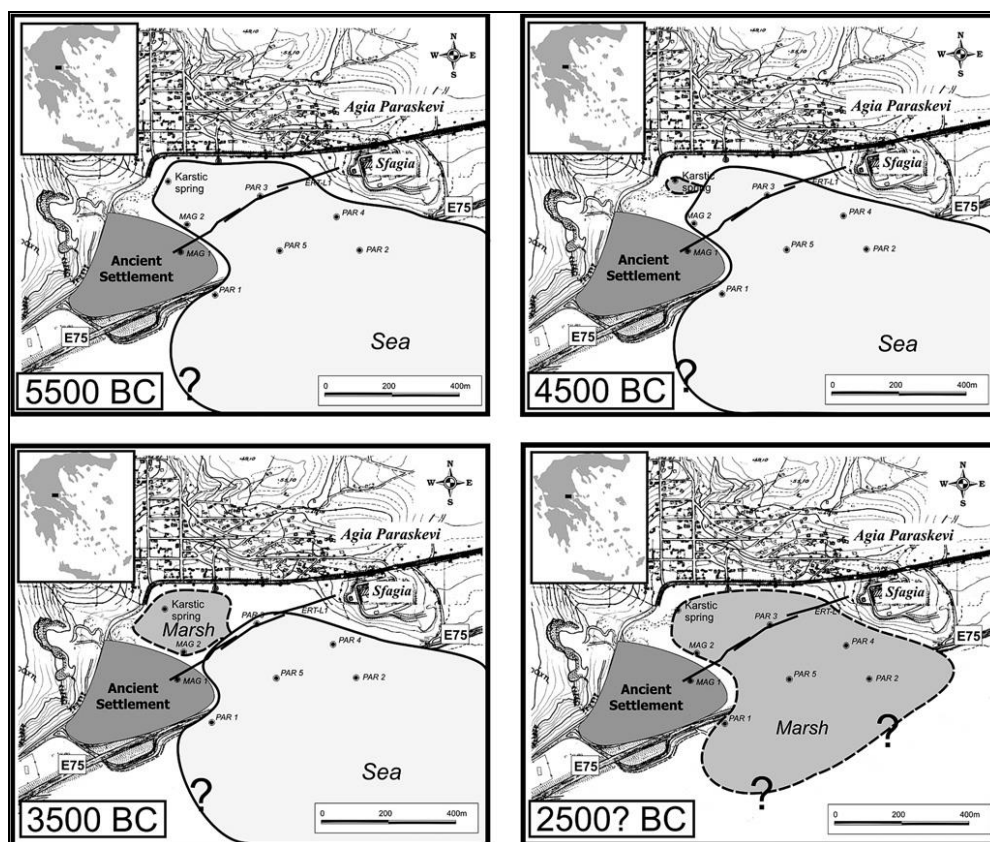
Η παλαιοπεριβαλλοντική αναπαράσταση μιας αρχαιολογικής θέσης αποτελεί ένα από τα βασικά στοιχεία μιας γεωαρχαιολογικής μελέτης, καθώς η αλληλεπίδραση του ανθρώπου με το φυσικό τοπίο υπήρξε καθοριστική στην εξέλιξη και διαμόρφωση του πολιτισμού (Θεοδωρακοπούλου, 2009).

Η αρχαιολογική έρευνα για μεγάλο χρονικό διάστημα μελετούσε κυρίως τα αρχαιολογικά αντικείμενα καθώς και τα σύνολα τους, ώσπου η σημασία της διάταξής τους στο χώρο θεωρήθηκε καθοριστική για την κατανόηση της συμπεριφοράς του ανθρώπου. Η διάταξη της αρχαιολογικής ανασκαφής είναι αποτέλεσμα πολιτισμικών και φυσικών παραγόντων, που συμβάλλουν στη δημιουργία των αποθέσεων που ενσωματώνουν τα αρχαιολογικά σύνολα (Schiffer, 1987, Καρκάνας 2010). Έτσι με την πάροδο του χρόνου, κρίθηκε σημαντική η περιγραφή και η ερμηνεία σχηματισμού των αποθέσεων. Η ανάγκη μιάς τέτοιας προσέγγισης είχε ως αποτέλεσμα την προοδευτική εμφάνιση ενός νέου διεπιστημονικού πεδίου, της γεωαρχαιολογίας.

1.2 Παλαιογεωγραφική-γεωαρχαιολογική έρευνα στον ελληνικό χώρο

Στον ελληνικό χώρο έχουν διεξαχθεί αρκετές γεωαρχαιολογικές έρευνες τα τελευταία χρόνια. Η γεωαρχαιολογική έρευνα χρησιμοποιεί ένα μεγάλο εύρος μεθόδων για την εξαγωγή συμπερασμάτων.

Το 2010, οι Vouvalidis et al. μελέτησαν τις Ολοκαινικές παλαιοπεριβαλλοντικές μεταβολές στην περιοχή του προϊστορικού οικισμού της Αγίας Παρασκευής, Λαμίας της Κεντρικής Ελλάδας. Οι μέθοδοι στις οποίες βασίστηκε η παραπάνω έρευνα περιλαμβάνουν: δειγματοληπτικές γεωτρήσεις, παλαιοντολογική ανάλυση των δειγμάτων και χρονολόγηση αυτών με τη μέθοδο AMS (φασματομετρία επιταχυντή μάζας), γεωμορφολογική ανάλυση και γεωφυσικές μετρήσεις. Η παλαιογεωγραφική αναπαράσταση της περιοχής μελέτης απεικονίζεται στην εικόνα 1.

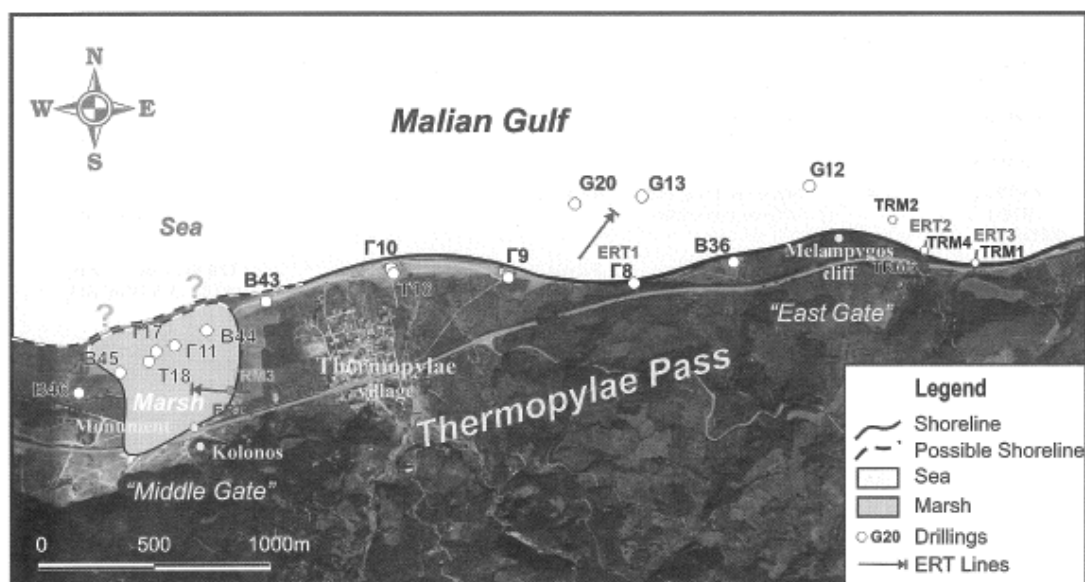


Εικόνα 1. Παλαιογεωγραφική αναπαράσταση της περιοχής του προϊστορικού οικισμού στην Αγία Παρασκευή από το 5500 π.Χ. έως το 2500 π.Χ. (Vouvalidis et al., 2010a).

Σύμφωνα με αποτελέσματα της παραπάνω μελέτης, κατά τη διάρκεια της Νεολιθικής περιόδου (περίπου 6000 π.Χ.), ιδρύθηκε ο προϊστορικός οικισμός σε μια μικρή χερσόνησο που εκτεινόταν σε ένα ρηχό θαλάσσιο κόλπο. Η παρουσία του

θαλάσσιου κόλπου για προστασία, καθώς επίσης και η ύπαρξη μιας μεγάλης καρστικής πηγής γλυκού νερού στα βόρεια της χερσονήσου, πιθανότατα να ήταν οι λόγοι που προσέλκυσαν τον άνθρωπο να κατοικήσει στην περιοχή. Η περιοχή κατά την ύστερη Νεολιθική περίοδο (4500-3500 π.Χ.) μεταπίπτει αργά αλλά σταθερά σε ένα ρηχό θαλάσσιο-λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον. Η μετάβαση αυτή συνδέεται άμεσα με την δελταϊκή προέλαση του Σπερχειού ποταμού κατά μήκος των βορείων περιθωρίων του Μαλιακού Κόλπου. Κατά την Ελλαδική περίοδο (περίπου 2500 π.Χ.), η περιοχή περιορίζεται και σταδιακά μετατρέπεται σε ένα έλος γλυκού νερού (Vouvalidis et al., 2010a).

Το 2010, οι Vouvalidis et al. μελέτησαν την περιοχή της μάχης των Θερμοπυλών (Μαλιακός κόλπος, Κεντρική Ελλάδα). Η έρευνα στηρίχθηκε σε δεδομένα που προήλθαν από τις δειγματοληπτικές γεωτρήσεις, παλαιοντολογική και στρωματογραφική ανάλυση των δειγμάτων και χρονολόγηση αυτών με τη μέθοδο AMS (φασματομετρία επιταχυντή μάζας) και τέλος με τη χρήση της γεωφυσικής διασκόπησης.



Εικόνα 2. Η πιθανή θέση της ακτογραμμής κατά μήκους του περάσματος των Θερμοπυλών, ανάμεσα στη μεσαία και ανατολική πύλη, κατά τη διάρκεια των ελληνοπερσικών πολέμων περίπου στο 480 π.Χ. Ως υπόβαθρο χρησιμοποιήθηκε μια

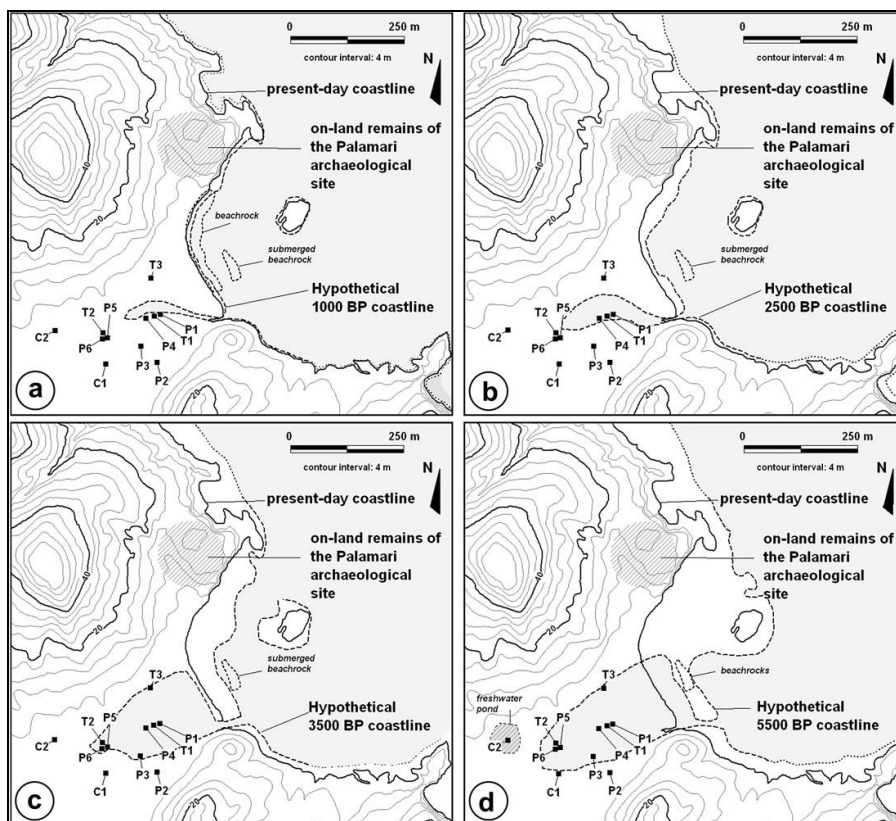
δορυφορική εικόνα για τον προσδιορισμό της σημερινής ακτογραμμής (Vouvalidis et al., 2010b).

Από τα αποτελέσματα της γεωαρχαιολογικής έρευνας (εικόνα 2) προκύπτει ότι η μεσαία πύλη δεν ήταν ένα στενό πέρασμα ανάμεσα στο βουνό και τη θάλασσα, αλλά ένα έλος γλυκού νερού με μεγάλες ποσότητες θερμού νερού προερχομένου από τις θερμές πηγές. Τα χρονοστρωματογραφικά δεδομένα και τα δεδομένα της θαλάσσιας στάθμης επιβεβαίωσαν την ύπαρξη του έλους κατά την περίοδο της μάχης των Θερμοπυλών και το πλάτος του έλους υπολογίστηκε μεγαλύτερο από 300m. Η μεγάλη συγκέντρωση τραβερτινικών αποθέσεων στο έλος δημιούργησε στρώματα με πάχος 13m τα τελευταία 2500 χρόνια. Σήμερα, το πεδίο μάχης των Θερμοπυλών είναι ένας μικρός λόφος με υψόμετρο 10m και στην περιοχή επικρατεί συνεχής τραβερτινική απόθεση (Vouvalidis et al., 2010b).

Το 2009, οι Pavlopoulos et al. πραγματοποίησαν έρευνα στην περιοχή του κόλπου Παλαμάρι της νήσου Σκύρου. Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα είναι η γεωμορφολογική ανάλυση της περιοχής, η διάνοιξη δειγματοληπτικών γεωτρήσεων, η μικροπαλαιοντολογική ανάλυση των δειγμάτων και η χρονολόγησή τους με άνθρακα 14 και τέλος η παλυνολογική ανάλυση. Στην παρακάτω εικόνα 3 αποτυπώνεται η παλαιογεωγραφική αναπαράσταση της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης όπως προέκυψε από τα αποτελέσματα της έρευνας.

Με βάση τα αποτελέσματα, στην περιοχή κυριαρχεί ένα ρηχό περιβάλλον γλυκού νερού που δίνει τη θέση του σε μια ρηχή λιμνοθάλασσα με είσοδο γλυκού νερού (7500-3500 cal π.Χ.). Εκείνη την εποχή, ο κόλπος συνδεόταν με τη θάλασσα στα νοτιοανατολικά και πιθανότατα να είχε χρησιμοποιηθεί από τον οικισμό ως λιμάνι. Στην περίοδο 3700-800 cal π.Χ., η περιοχή αντιπροσωπεύει ένα θαλάσσιο περιβάλλον που χαρακτηρίζεται από μέτριας έως υψηλής ενέργειας ποτάμιες διεργασίες. Στο εσωτερικό μέρος της περιοχής η παρουσία ενός υφάλμυρου έλους είναι εμφανής σύμφωνα με την ιζηματογενή ακολουθία. Η εικόνα της περιοχής την περίοδο αυτή είναι εντελώς διαφορετική, καθώς ένα μέρος του βορείου ακρωτηρίου βυθίστηκε και η λιμνοθάλασσα έγινε πολύ ρηχή και πιθανότατα να αποτελούσε ένα στάσιμο σώμα νερού. Η περίοδος αυτή αντιστοιχεί στην εγκατάλειψη του οικισμού,

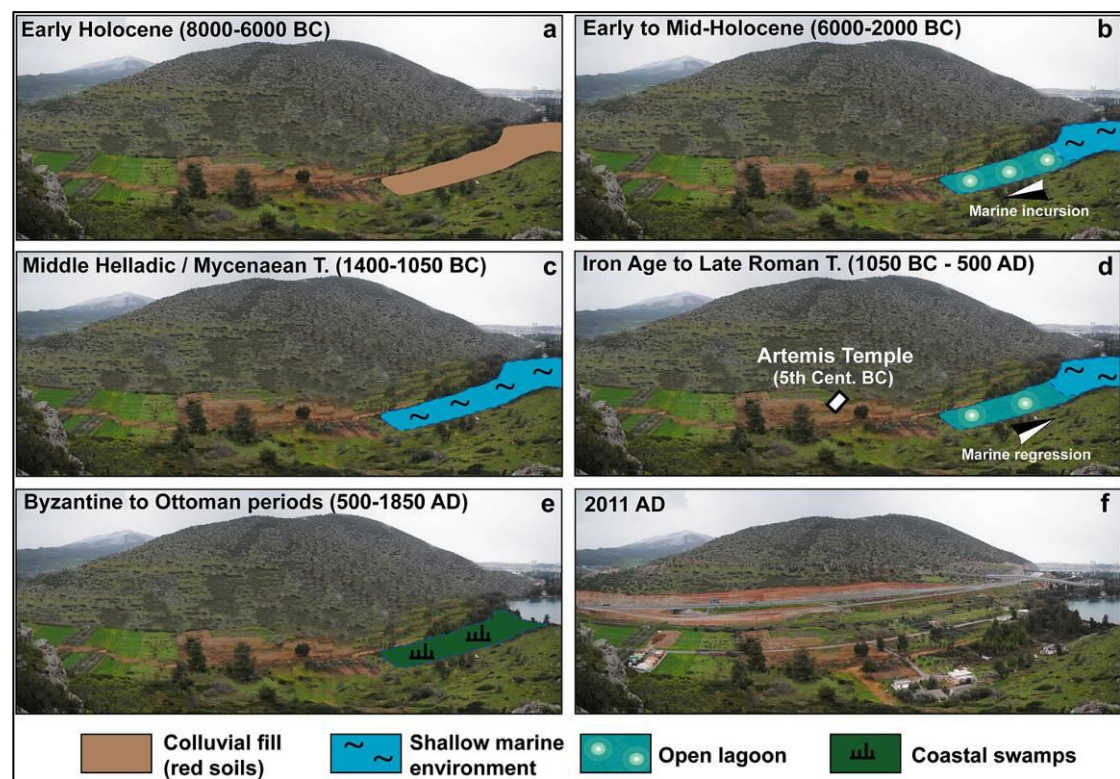
η οποία μάλλον συνδέεται με τις περιβαλλοντικές μεταβολές της περιοχής (Pavlopoulos et al., 2009).



Εικόνα 3. Παλαιογεωγραφική αναπαράσταση της ακτογραμμής στον κόλπο Παλαμάρι με βάση τα στρωματογραφικά δεδομένα που προέκυψαν από τάφρους και γεωτρήσεις, βαθυμετρικά δεδομένα και σχετικές μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης σύμφωνα με το μοντέλο των Lambeck και Purcell (2005) για την περιοχή της Σκύρου (Pavlopoulos et al., 2009).

Κατά το 2010, οι Ghilardi et al. πραγματοποίησαν γεωαρχαιολογική έρευνα στην περιοχή της αρχαίας Αυλίδας, Βοιωτίας της Κεντρικής Ελλάδας. Η αναπαράσταση του παλαιοπεριβάλλοντος βασίστηκε σε δεδομένα που προήλθαν από δειγματοληπτικές γεωτρήσεις, παλιοντολογική ανάλυση των δειγμάτων και χρονολόγηση αυτών με τη μέθοδο AMS (φασματομετρία επιταχυντή μάζας), μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας και κοκκομετρική ανάλυση των δειγμάτων. Από τα παραπάνω δεδομένα προέκυψε η παλαιογεωγραφική αναπαράσταση της περιοχής

(εικόνα 4) της Αυλίδας κατά το Ολόκαινο. Παρατηρείται στην περιοχή μια σταδιακή μετάβαση από ηπειρωτικό κατά το Άνω Ολόκαινο (8000-5200 π.Χ.) σε θαλάσσιο-λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον κατά το Μέσο-Κάτω Ολόκαινο (5200 π.Χ.-σήμερα). Στην εποχή του Χαλκού (3000-1050 π.Χ.) παρατηρείται μια γρήγορη μετάβαση από θαλάσσιο σε λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην ύστερη Μυκηναϊκή περίοδο (1400-1050 π.Χ.) όπου κυριαρχεί το ρηχό θαλάσσιο περιβάλλον με εύκολη πρόσβαση στη θάλασσα. Τέλος, στις αρχές της Βυζαντινής περιόδου η περιοχή μετατρέπεται σε παράκτιο έλος (Ghilardi et al., 2010).

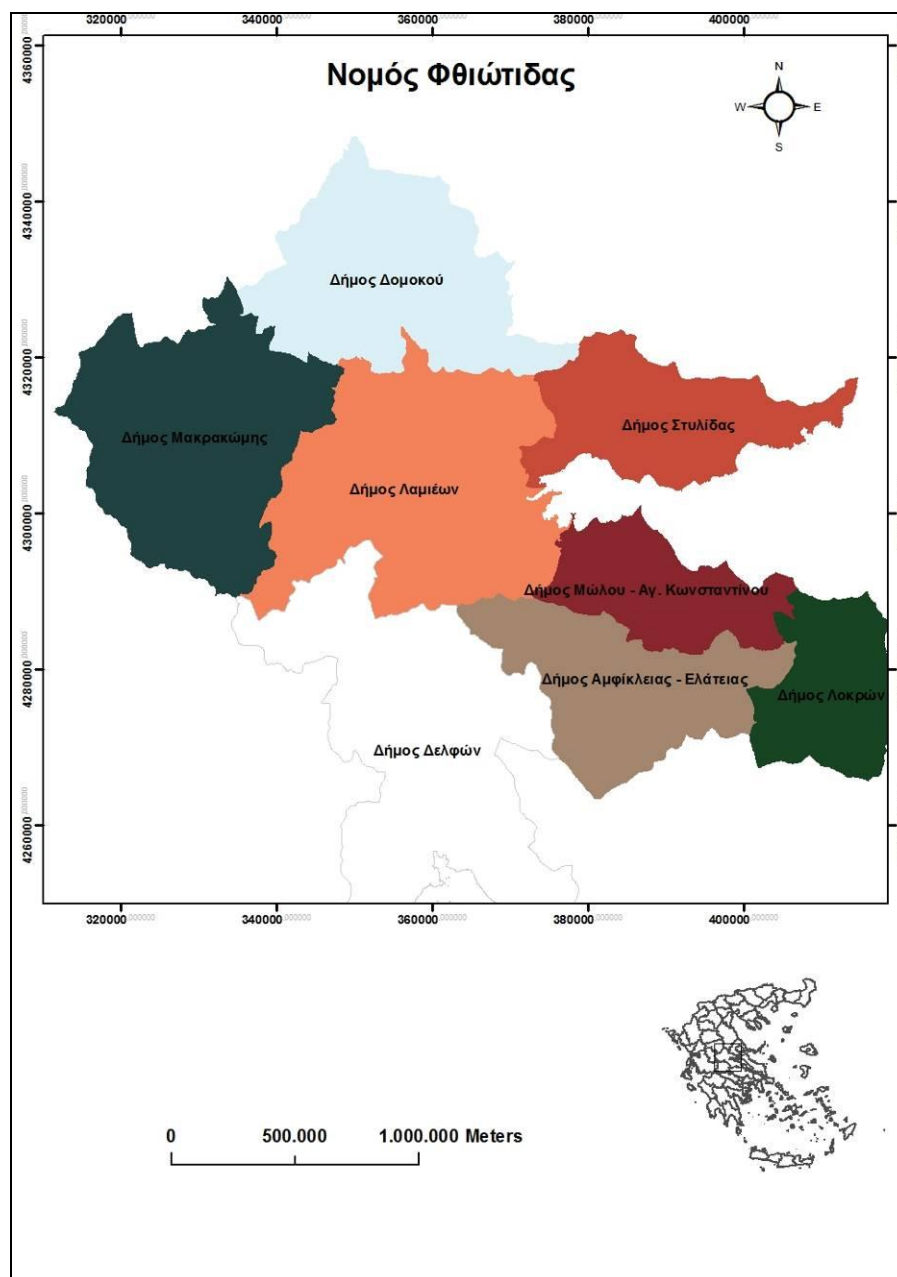


Εικόνα 4. Παλαιογεωγραφική αναπαράσταση του παράκτιου πεδίου της Αυλίδας (Ghilardi et al., 2010).

2. Περιοχή μελέτης

2.1 Γεωγραφικά στοιχεία

Η ευρύτερη περιοχή στην οποία βρίσκεται ο προϊστορικός οικισμός Φούρνοι στην παραλία των Ραχών (εικόνα 6) ανήκει διοικητικά στο δήμο Στυλίδας του νομού Φθιώτιδας, της Περιφέρειας της Στερεάς Ελλάδας (εικόνα 5).



Εικόνα 5. Η διοικητική διαίρεση του νομού Φθιώτιδας ([www. geodata.gov.gr](http://www.geodata.gov.gr)).

Ο δήμος Στυλίδας συστάθηκε με το πρόγραμμα Καλλικράτης, από τη συνένωση των δήμων Εχιναίων, Πελασγίας και Στυλίδας. Ο δήμος βρίσκεται στο ανατολικό τμήμα του νομού Φθιώτιδας και συνορεύει με τους δήμους Λαμιέων, Δομοκού και με το δήμο Αλμυρού του νομού Μαγνησίας. Η έκταση του δήμου είναι 463,9 Km², ο πληθυσμός του είναι 12750 κάτοικοι σύμφωνα με την απογραφή του 2011 και ως έδρα του δήμου ορίστηκε η Στυλίδα.



Εικόνα 6 . Χάρτης της ευρύτερης θέσης της περιοχής μελέτης.

2.2 Γεωλογικά στοιχεία

2.2.1 Γενικά

Η περιοχή μελέτης ανήκει γεωτεκτονικά στην Υποπελαγονική ζώνη η οποία βρίσκεται στην δυτική πλευρά της Πελαγονικής. Εκτείνεται με διεύθυνση τη γενική

των Ελληνίδων ΒΔ - ΝΑ από την Αλβανία, κατά μήκος του μέσου περίπου του κορμού της Ελλάδας, προς την Δυτική Θεσσαλία και Ανατολική Στερεά Ελλάδα, από εκεί στα νησιά Σαλαμίνα, Ύδρα και την Ανατολική Πελοπόννησο και συνεχίζεται πιθανόν στη νήσο Κω και την Μ. Ασία. Παρατηρείται όμως ότι η Υποπελαγονική ζώνη καλύπτει και την Κεντρική Εύβοια και από εκεί συνεχίζεται στο νησί της Χίου, έχοντας έτσι ένα σύνθετο σχήμα γύρω από την Αττικοκυκλαδική Μάζα. Τα βουνά Όρθυς, Καλλίδρομο, Ελικών, Κιθαιρών, Πάρνηθα, Χλωμόν και Γεράνια ανήκουν στην Υποπελαγονική ζώνη (Μουντράκης, 1985).

Το κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα της Υποπελαγονικής ζώνης είναι οι μεγάλες οφειολιθικές μάζες και η συνοδεύουσα σε αυτές σχιστοκερατολιθική διάπλαση που παρουσιάζει μεγάλη εξάπλωση. Για το λόγο αυτό η ζώνη ονομάζεται και «ζώνη οφειολίθων» ή και «ζώνη της Όθρυς» επειδή η πιο σπουδαία οφειολιθική ακολουθία βρίσκεται στο ομώνυμο βουνό.

Με βάση λοιπόν τις σημερινές γεωτεκτονικές απόψεις οι οφειόλιθοι της Υποπελαγονικής χαρακτηρίζονται σαν η εξωτερική (δυτική) οφειολιθική λωρίδα της Ελλάδας γνωστή με το χαρακτηρισμό ΕΡΟ. Θεωρείται ότι η Υποπελαγονική αντιπροσωπεύει την οφειολιθική συρραφή της παλαιάς ωκεάνιας περιοχής που εκτεινόταν Δυτικά του Πελαγονικού ηπειρωτικού τεμάχους. Επομένως, η Υποπελαγονική μαζί με την ζώνη Πίνδου αντιστοιχούν πιθανόν σε ένα ενιαίο παλαιό - ωκεάνιο χώρο(Μουντράκης, 1985).

2.2.2 Στρωματογραφία

Σύμφωνα με το φύλλο χάρτη Μύλοι του ΙΓΜΕ (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών) του 1957 με κλίμακα 1:50000 οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής είναι οι παρακάτω από τους παλαιότερους στους νεότερους είναι (εικόνα 7):

Βασικά πυριγενή πετρώματα

Διαβάσης- Δολερίτης. Τόφοι βασικών εκρηξιγενών πετρωμάτων. Ηφαιστειακά λατυποπαγή, Διαβασικοί πορφυρίτες. Κεροστιλβίτες. Διορίτες. Τα παραπάνω πετρώματα βρίσκονται εντός της μεσοζωϊκής σχιστοκερατολιθικής διάπλασης.

Ασβεστολιθικές μάζες Τριαδικού – Ιουρασικού

Παρόλο που η σχιστοκερατολιθική διάπλαση δεσπόζει στην ιζηματογένεση του Ιουρασικού, εντούτοις στην περιοχή μελέτης παρεμβάλλονται μέσα σε αυτή μεγάλες ασβεστολιθικές μάζες. Πρόκειται για ασβεστόλιθους πελαγικούς ή νηριτικούς τυπικούς ηπειρωτικού περιθωρίου. Συγκεκριμένα πρόκειται για ασβεστόλιθους συμπαγείς, συνήθως άστρωτους.

Σχιστοκερατολιθική διάπλαση με οφειολίθους

Ο πιο βασικός σχηματισμός της Υποπελαγονικής ζώνης είναι η λεγόμενη «σχιστοκερατολιθική διάπλαση», η απόθεση της οποίας κράτησε όλο το Ιουρασικό. Η σχιστοκερατολιθική διάπλαση συνίσταται από λεπτόκοκκα ιζήματα δηλαδή κόκκινους, πράσινους, μαύρους αργιλικούς σχιστόλιθους, ραδιολαριτικούς κερατόλιθους, μάργες, λεπτόκοκκους ψαμμίτες, πηλίτες, αργιλοπηλίτες, παρεμβολές λεπτόκοκκων πελαγικών ασβεστόλιθων. Τα ιζήματα αυτά βρίσκονται σε συνεχείς εναλλαγές και συγκροτούν μια σειρά αρκετού πάχους που αντιπροσωπεύει ιζηματογένεση πελαγική - ωκεάνια. Μέσα στη σχιστοκερατολιθική διάπλαση βρίσκονται συχνά παρεμβαλλόμενα - συμπτυχωμένα μικρά και μεγάλα οφειολιθικά σώματα γι' αυτό και το σύνολο ονομάζεται «σχιστοκερατολιθική με οφειολίθους διάπλαση». Συχνές επίσης είναι και οι διεισδύσεις μέσα στα ιζήματα της διάπλασης βασικών ηφαιστειτών (διαβάσεις, δολερίτες κλπ.) καθώς και βασικών τόφφων έτσι ώστε η διάπλαση να αποκτά χαρακτήρα ηφαιστειοϊζηματογενούς σειράς. Ιδιαίτερα στην ευρύτερη περιοχή του όρους Όθρυς εμφανίζονται πλήρεις οφειολιθικές ακολουθίες με όλα σχεδόν τα βασικά και υπερβασικά πετρώματα πλουτωνικά και ηφαιστειακά. Τα κυριότερα από τα πετρώματα αυτά είναι σερπεντινίτες, χαρτσβουργίτες, δουνίτες, λερζόλιθοι, νορίτες, γάββροι, διαβάσεις, δολερίτες, βασάλτες, pillow lavas, κ.α.

Ασβεστολιθικές μάζες. Κρητιδικού

Μεγάλες ασβεστολιθικές μάζες με Rudistae εντός της κρητιδικής σχιστοκερατολιθικής διάπλασης με οφειολίθους. Εντός του ασβεστόλιθου βρίσκονται αργιλλοψαμμιτικές διαστρώσεις φλύσχη.

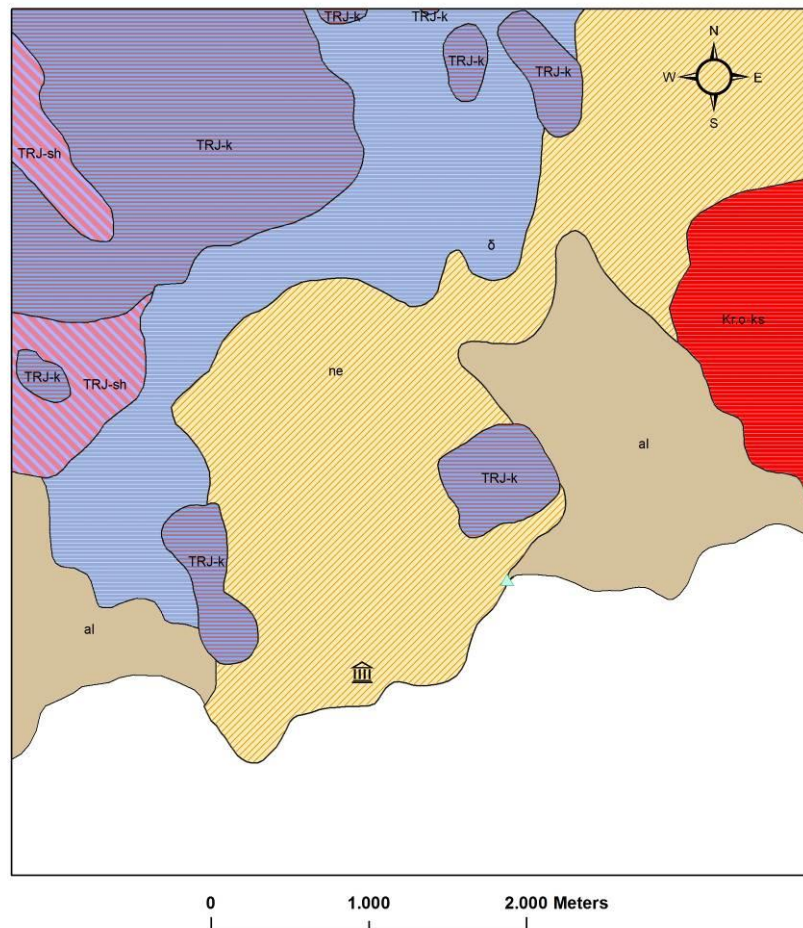
Νεογενές αδιαίρετο

Στις Νεογενείς αποθέσεις περιλαμβάνονται μάργες, άργιλοι, χάλικες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι με ποικιλία ασπόνδυλων απολιθωμάτων.

Τεταρτογενές αδιαίρετο

Οι Τεταρτογενείς αποθέσεις αφορούν τις ποταμοχειμάρεις αποθέσεις και τα ριπίδια, τα κορήματα των κλιτύων, καθώς επίσης τα αποσαθρώματα των διαφόρων πετρωμάτων και τις πεδινές αλλουβιακές αποθέσεις. Συνίστανται από λατύπες και κροκάλες μέτρια αποστρογγυλεμένες, άμμους και αργίλους.

Γεωλογικός χάρτης Ραχών Φθιώτιδας



Υπόμνημα

Γεωλογικοί Σχηματισμοί

- Τεταρτογενείς αλλουβιακές αποθέσεις
- Νεογενείς αποθέσεις
- Ασβεστόλιθος Κρητιδικού
- Ασβεστόλιθος Τριαδικού-Ιουρασικού
- Σχιστοκερατολιθική διάπλωση Τριαδικού-Ιουρασικού
- Δολερίτες
- Αρχαιολογικός Οικισμός
- Πηγές



Καλπάκη Μαρίνα, 2014

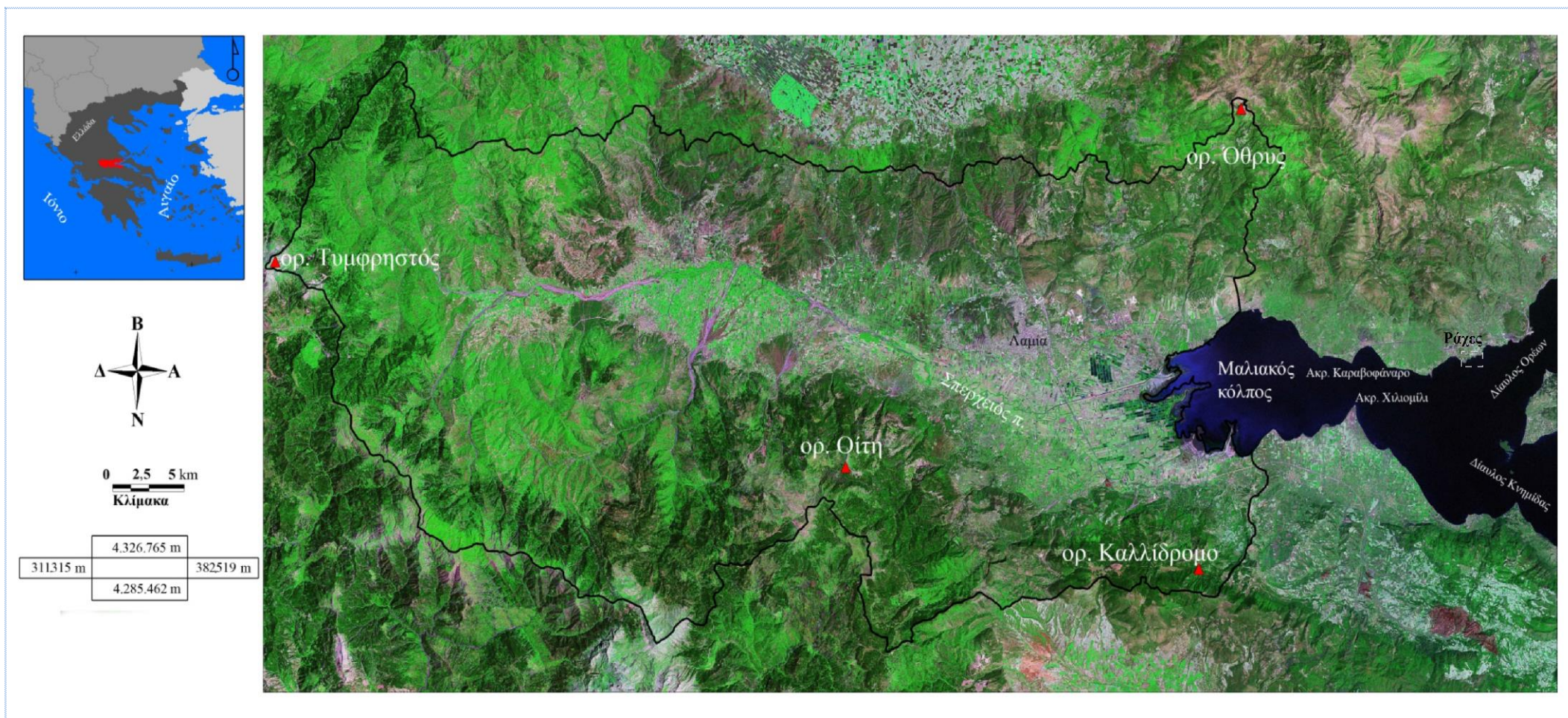
Εικόνα 7. Ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης (Ι.Γ.Μ.Ε., 1957).

2.3 Γεωμορφολογικά-Μορφοτεκτονικά στοιχεία

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης αποτελεί τμήμα της λεκάνης του Σπερχειού ποταμού (εικόνα 8). Η λεκάνη απορροής του Σπερχειού ποταμού περικλείεται κυρίως από δύο οροσειρές. Οι υψηλότερες κορυφογραμμές βρίσκονται κατά μήκος του νότιου και δυτικού-βορειοδυτικού ορίου, των Βαρδουσιών (24737 m), της Οίτης (2152 m) και του Τυμφηστού (2316 m). Στην νοτιοανατολική πλευρά της λεκάνης απορροής βρίσκεται το όρος Καλλίδρομο (1372 m), ενώ ο υδροκρίτης του βορείου και βορειοανατολικού άκρου σχηματίζεται από τα αντερείσματα του όρους Όθρυς (1727 m). Η συνολική λεκάνη απορροής του Σπερχειού ανέρχεται σε 1828 Km², με μέσο υψόμετρο στα 626 m. Η λεκάνη του Σπερχειού είναι ανοικτή στα ανατολικά προς τη θάλασσα και ορίζεται κυρίως από το Μαλιακό Κόλπο (Κακαβάς, 1984a, Ψωμιάδης, 2010).

Ο ποταμός Σπερχειός σχηματίζει Δέλτα, το οποίο καταλαμβάνει έκταση περίπου 196 Km² και εκτείνεται ανατολικά του οικισμού της Ανθήλης και νοτιοανατολικά της πόλης της Λαμίας. Η δελταϊκή πεδιάδα αποτελείται από τα αναχώματα των διακλαδιζόμενων κοιτών, των δελταϊκών ελών και βάλτων, των παλιρροιακών επιφανειών, το μέτωπο του δέλτα και το προδέλτα. Οι δελταϊκές προσχώσεις του Σπερχειού ποταμού βρίσκονται στο ανατολικό τμήμα της κοιλάδας και έχουν έκταση σχεδόν 200 Km². Το Δέλτα του Σπερχειού ανήκει στον τύπο πέλματος πτηνού και εκβάλλει στον αβαθή και χαμηλής ενέργειας Μαλιακό κόλπο (Zamani & Maroukian, 1979, Ψωμιάδης, 2010, Pehlivanidou, 2014).

Η περιοχή μελέτης τοποθετείται στο βόρειο τμήμα του βυθίσματος του διαύλου των Ωρεών-Μαλιακού κόλπου και συγκεκριμένα στα ανατολικά στις περιοχές με χαμηλότερο ανάγλυφο. Τη μεγαλύτερη έκταση του βυθίσματος καταλαμβάνει το κεντρικό και δυτικό τμήμα που αποτελείται από το νότιο τμήμα του ορεινού όγκου της Όθρυς.



Εικόνα 8. Δορυφορική εικόνα Landsat 2000, όπου απεικονίζονται γεωγραφικά όρια της υδρολογικής λεκάνης του Σπερχείου (Πεχλιβανίδου, 2012).

Στα ανατολικά της περιοχής μελέτης, στο Αχλάδι Ραχών του δήμου Στυλίδας τοποθετείται ο Αλμυροπόταμος. Πρόκειται για ένα ποταμό με μικρό μήκος στο ορατό του τμήμα, υφάλμυρο νερό και μεγάλη βιοποικιλότητα. Στην περιοχή του Αλμυροπόταμου κατά θέσεις αναβλύζουν πηγές.

Στην περιοχή της νότιας Όθρυος κατά μήκος του Μαλιακού και του διαύλου των Ωρεών σύμφωνα με την έρευνα του Γαλανάκη εντοπίστηκαν τυπικές μορφοτεκτονικές δομές όπως είναι η επίδραση των ρηγμάτων με διεύθυνση Α-Δ στη μορφή και στην ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου και η δημιουργία ριπιδίων στις εξόδους των ρεμάτων μπροστά από τα ρήγματα αυτά. Οι τυπικές αυτές μορφοτεκτονικές δομές χαρακτηρίζουν περιοχές οι οποίες βρίσκονται σε καθεστώς ισχυρών ανοδικών κινήσεων (Γαλανάκης, 1997).

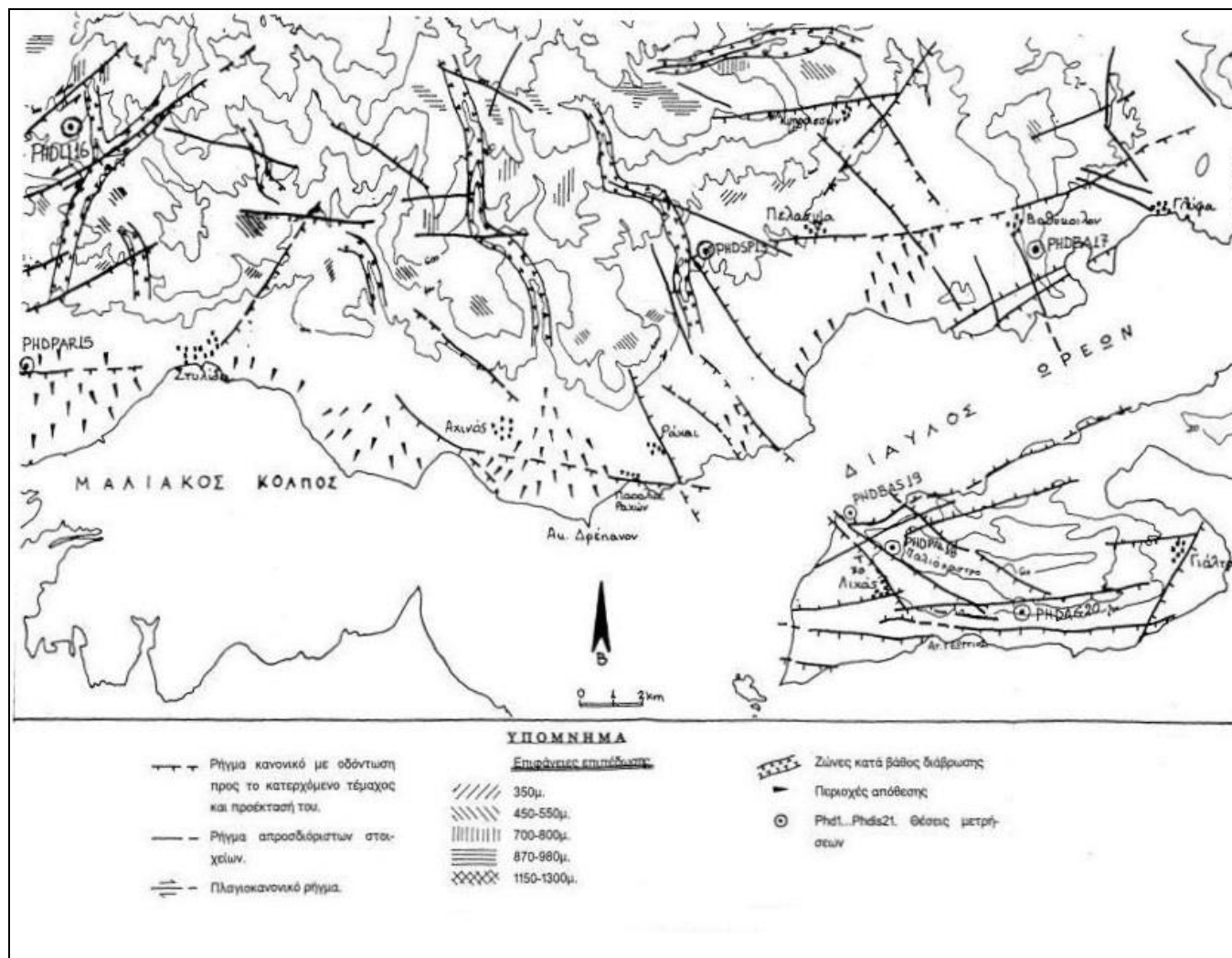
Επιπλέον, ο Γαλανάκης παρατήρησε ότι η κατά βάθος διάβρωση στην ευρύτερη περιοχή είναι πολύ έντονη. Σε πολλές θέσεις εντόπισε ρέματα που διέρχονται μέσα από ασβεστόλιθους και έχουν δημιουργήσει φαράγγια. Επίσης, ως χαρακτηριστικό παράδειγμα της έντονης κατά βάθος διάβρωσης αναφέρει τα υπολείμματα ποτάμιων αναβαθμίδων κατά μήκος του Δριστελορέματος (βόρεια του χωριού Αυλάκι) στα 20, 10, 8, 2 m από την κοίτη του ποταμού (Γαλανάκης, 1997).

Σύμφωνα με τον Γαλανάκη η έντονη κατά βάθος διάβρωση, η απόθεση κατά μήκος της ακτής των Ραχών ακτόλιθων που βρίσκονται σε ύψος έως και 2 m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας καθώς και η παρουσία οπών λιθοφάγων στην παραλία Ραχών (Ακρωτήριο Γούναρη) σε ύψος 1,5 m από την επιφάνεια της θάλασσας συνηγορούν στο συμπέρασμα ότι η περιοχή μελέτης βρίσκεται σε καθεστώς ανοδικών κινήσεων, υπό τον έλεγχο κανονικών ρηγμάτων με διεύθυνση Α-Δ. Ακόμη αναφέρει ότι η δημιουργία ποτάμιων αναβαθμίδων σε ύψος 2 m από τις κοίτες των ρεμάτων της νότιας Όθρυος συνδέεται με την εμφάνιση ακτόλιθων κατά μήκος της ακτής των Ραχών σε ύψος έως και 2 m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας. Οι αποθέσεις αυτές έχουν άμεση σχέση με τις τελευταίες ανοδικές κινήσεις της Όθρυος κατά το Ολόκαινο. στην περιοχή μελέτης (Γαλανάκης, 1997).

Ο Γαλανάκης αναφέρει ότι ακτόλιθοι που βρίσκονται σε ύψος περίπου 2 m από τη στάθμη της θάλασσας οριοθετούνται από ένα μεγάλο ρήγμα κανονικής μετάπτωσης το οποίο λαμβάνει διεύθυνση ΑΝΑ-ΔΒΔ με άλμα έως 10 m και ότι στην ίδια θέση διέρχεται και ένα δεύτερο ρήγμα κανονικής μετάπτωσης με διεύθυνση

BBΔ-NNA έως B-N. Επίσης, διαπίστωσε ότι το δεύτερο ρήγμα επιδρά επί των ακτόλιθων της ακτής, διασταυρώνεται και μετατοπίζεται ελαφρά από το πρώτο ρήγμα που αναφέρθηκε (εικόνα 9). Το γεγονός αυτό προέκυψε έπειτα από μελέτη των εφελκυστικών διακλάσεων που τέμνουν τον σχηματισμό των ακτόλιθων στη θέση διασταύρωσης των δύο ρηγμάτων (Γαλανάκης, 1997).

Τέλος, από τη σύγκριση των διευθύνσεων των μορφοτεκτονικών δομών της ευρύτερης περιοχής, ο Γαλανάκης συμπέρανε ότι η περιοχή έχει δεχθεί την επίδραση δύο συστημάτων ρηγμάτων κατά τη διάρκεια Νεογενούς Τεταρτογενούς, ένα με διεύθυνση περίπου Α-Δ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ και ένα δεύτερο με διεύθυνση BBΔ-NNA. Το πρώτο θεωρείται νεότερο καθώς κατά μήκος αυτού του συστήματος εξελίσσονται οι περισσότερες μορφοτεκτονικές δομές (Γαλανάκης, 1997).



Εικόνα 9. Μορφοτεκτονικός χάρτης Πελασγίας-Στυλίδας (Γαλανάκης, 1997).

2.4 Ιστορικά στοιχεία

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης αποτέλεσε χώρο κατοίκησης για τον άνθρωπο από την Νεολιθική περίοδο καθώς η παρουσία γόνιμων εδαφών και γλυκού νερού στην κοιλάδα του Σπερχειού αποτελούσε καθοριστικό παράγοντα κατοίκησης του προϊστορικού ανθρώπου. Ο προϊστορικός οικισμός Φούρνοι αποτελεί υπόλειμμα της κατοίκησης του ανθρώπου κατά την Ύστερη Εποχή του Χαλκού (1600-1100 π.Χ) στην κοιλάδα του Σπερχειού καθώς στην περιοχή μελέτης έχουν βρεθεί θραύσματα κεραμικής που αποτελούν χαρακτηριστικό της περιόδου αυτής (Hope-Simpson & Dickinson 1979, Παπακωνσταντίνου, 1995, Σακκάς, 2005).

Αρχαιολογικές έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί στην ευρύτερη περιοχή της περιοχής μελέτης στα πλαίσια του προγράμματος ΑΠΕΚΣ (Αρχαιολογική και Παλαιοπεριβαλλοντική Έρευνα στην Κοιλάδα του Σπερχειού) και συγκεκριμένα στην περιοχή του προϊστορικού οικισμού Αγία Παρασκευή στη θέση Πλατάνια. Ο οικισμός χρονολογείται στη Νεολιθική περίοδο (6500-3300/3000 π.Χ). Κατά την επιφανειακή έρευνα βρέθηκαν υλικά που χρονολογούνται στην Πρωτοελλαδική περίοδο (3^η χιλιετία π.Χ.), στη Μεσοελλαδική περίοδο (2000/1900-1600 π.Χ.) και στη Μυκηναϊκή περίοδο (1600-1050 π.Χ.), (Hourmouziadis, 1973, Vouvalidis et al., 2010a).

Επιπλέον, από μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί στα πλαίσια του προγράμματος M.A.L.P. (The Makrakomi archaeological Landscape Project) προέκυψε ότι η κύρια φάση κατοίκησης στην περιοχή της Μακρακώμης ανάγεται στους ελληνιστικούς χρόνους και συγκεκριμένα στον ύστερο 4^ο και σε όλη τη διάρκεια του 3^{ου} αιώνα π.Χ. και βρίσκεται σε αντιστοιχία με τη χρονολόγηση του οχυρωματικού περιβόλου της ακρόπολης στην περιοχή της Μακρακώμης (Papakonstantinou & Penttinen, 2013). Περιορισμένα στοιχεία υποδηλώνουν τις απαρχές της κατοίκησης στους ύστερους κλασικούς χρόνους και τη συνέχισή της μέχρι στους ρωμαϊκούς χρόνους. Η απουσία επιφανειακών ενδείξεων μετά την περίοδο αυτή θέτει ένα σαφές όριο για τη χρονική λήξη της δραστηριότητας στην περιοχή κατά την αρχαιότητα.

Γενικότερα, οι αρχαιολογικές έρευνες αναφέρουν ότι η ευρύτερη περιοχή της λεκάνης του Σπερχειού κατοικούνταν από τρία έθνη κατά τον 5^ο αιώνα π.Χ. Στο νοτιανατολικό τμήμα ήταν εγκατεστημένοι οι Οιταίοι, στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης οι Μαλιείς και στο δυτικό τμήμα οι Αινιάνες (Papakonstantinou & Penttinen, 2013).

3. Γεωφυσική διασκόπηση

Οι ηλεκτρικές μέθοδοι γεωφυσικής διασκόπησης χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό της κατανομής των ηλεκτρικών ιδιοτήτων των πετρωμάτων των επιφανειακών στρωμάτων του φλοιού της γης. Με τη μέθοδο της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης εισάγεται ηλεκτρικό ρεύμα στο υπέδαφος με τη χρήση δύο ηλεκτροδίων ρεύματος και μετράται η τάση σε δύο άλλα ηλεκτρόδια δυναμικού. Η ειδική ηλεκτρική αντίσταση υπολογίζεται από το πηλίκο των δύο αυτών ποσοτήτων σε συνδυασμό με ένα γεωμετρικό παράγοντα, η τιμή του οποίου καθορίζεται από τη θέση των ηλεκτροδίων στο χώρο.

Η ειδική ηλεκτρική αντίσταση δίνεται από τη σχέση:

$$\rho = \frac{2\pi}{K} \frac{\Delta V}{i}$$

όπου ΔV = η διαφορά δυναμικού

i = η ένταση του ρεύματος

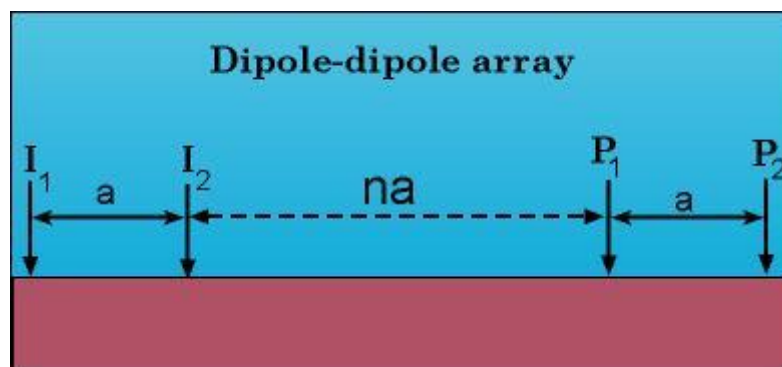
K = ο γεωμετρικός παράγοντας που δίνεται από τη σχέση:

$$K = \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} - \frac{1}{AN} + \frac{1}{BN}$$

AM, BM, AN, BN = αποστάσεις ηλεκτροδίων

Επειδή η ειδική ηλεκτρική αντίσταση είναι ανομοιογενής, η φυσική ποσότητα που μετριέται ονομάζεται φαινόμενη αντίσταση και συμβολίζεται με ρ_a . Ο καθορισμός της πραγματικής αντίστασης από τις τιμές της φαινόμενης αντίστασης είναι η λύση του αντίστροφου προβλήματος.

Οι πιο διαδεδομένες διατάξεις ηλεκτροδίων είναι: Wenner, Schlumberger, διπόλου-διπόλου, πόλου-διπόλου και πόλου-πόλου (εικόνα 10). Ο συνδυασμός διαφόρων διατάξεων είναι συχνά απαραίτητος ώστε να προκύπτει η καλύτερη απεικόνιση της γεωηλεκτρικής δομής του υπεδάφους (Athanasίου et al., 2007).



Εικόνα 10. Η διάταξη διπόλου-διπόλου (<http://www.eeescience.utoledo.edu>)

Οι μέθοδοι έρευνας περιλαμβάνουν τη βυθοσκόπηση, οριζοντιογραφία και την ηλεκτρική τομογραφία. Η ηλεκτρική αποτελεί συνδυασμό των δύο πρώτων μεθόδων, οπότε παρέχει πληροφορίες σχετικά με την πλευρική και κατακόρυφη μεταβολή της αντίστασης με αποτέλεσμα να προκύπτει μια δυσδιάστατη εικόνα των αντιστάσεων της εκάστοτε περιοχής εξέτασης.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της ηλεκτρικής αντίστασης και η διάταξη διπόλου-διπόλου.

Τα σφάλματα των μετρήσεων της ειδικής αντίστασης καθορίζουν την τελική ποιότητα των αποτελεσμάτων και επομένως και την ερμηνεία τους. Τα σφάλματα προκύπτουν από: ανακριβή τοποθέτηση των ηλεκτροδίων στο έδαφος, κακή επαφή των ηλεκτροδίων με το έδαφος, τελλουρικά ρεύματα και ηλεκτροφόρα καλώδια (Σιμυρδάνης, 2009).

Η ηλεκτρομαγνητική σύζευξη είναι ένας ακόμα παράγοντας που επηρεάζει τις μετρήσεις, πρόκειται για το φαινόμενο της ζεύξης μεταξύ των καλωδίων που διαβιβάζουν το ρεύμα και αυτών που μετρούν το δυναμικό. Η επίδραση της τοπογραφίας είναι ένας ακόμα παράγοντας που μπορεί να προκαλέσει σφάλματα στις μετρήσεις (Tsourlos et al., 2003).

Τέλος, η μελέτη της ειδικής αντίστασης σε μια περιοχή μπορεί να δώσει ασφαλή συμπεράσματα για τη λιθολογία, μόνο όταν η ερμηνεία γίνεται σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους (στην περίπτωσή μας διεξαγωγή ερευνητικών γεωτρήσεων).

4. Μαγνητική επιδεκτικότητα

Η μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας είναι μια απλή, σύντομη και μη καταστροφική τεχνική προκειμένου να χαρακτηριστούν τα εδάφη και τα ιζήματα (Mullins, 1977, Maher, 1986, Thompson&Oldfield, 1986, Dearing, 1994, Lu, 2000, Maher et al., 2003, Πριφτή, 2010). Η μαγνητική επιδεκτικότητα χρησιμοποιείται για να περιγραφούν οι διαδικασίες σχηματισμού του εδάφους και η ανάπτυξη του εδαφικού προφίλ, για να αναγνωριστεί η λιθολογία των εδαφικών μητρικών υλικών ώστε να βοηθήσει στην ταξινόμηση των εδαφών και σαν ένα μέτρο ποσότητας των μαγνητικών ορυκτών στα εδάφη (Mullins, 1977, 1982, Maher, 1986, Singer&Fine, 1989, Fine et al., 1992, Fontes et al., 2000, Maher et al., 2003, Πριφτή, 2010).

Η μαγνητική επιδεκτικότητα αντιπροσωπεύει την ευκολία με την οποία ένα υλικό μπορεί να μαγνητιστεί και ορίζεται ως ο λόγος του συνολικού μαγνητισμού που επάγεται σε ένα δείγμα προς την ένταση του μαγνητικού πεδίου που παράγει το μαγνητισμό (Mullins, 1977, Αηδονά, 2002). Η εξίσωση η οποία εκφράζει το μέγεθος της μαγνητικής επιδεκτικότητας είναι:

$$X = \kappa / \rho \text{ m}^3 \text{Kg}^{-1}$$

Όπου X = η μαγνητική επιδεκτικότητα που ορίζεται από τη μάζα

κ = η μαγνητική επιδεκτικότητα που ορίζεται από τον όγκο

ρ = η φαινόμενη πυκνότητα του δείγματος

Οι τιμές της μαγνητικής επιδεκτικότητας διαφοροποιούνται κατά μήκος του εδαφικού προφίλ και εξαρτώνται από την τοπογραφία. Οι διαφοροποιήσεις αυτές προκύπτουν από τις διαδικασίες διάβρωσης που έχουν επηρεάσει την αρχική μαγνητική σύσταση. Επιπλέον, η κατανομή της μαγνητικής επιδεκτικότητας εξαρτάται από την κλίση, εξαιτίας της συνεχιζόμενης απώλειας εδάφους από

ορισμένα σημεία και τη συσσώρευση τους σε άλλα (Sadiki et al, 2009, Δεργιανλή, 2013).

Η μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας μπορεί να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο της αρχαιολογικής έρευνας και εξαρτάται από το είδος του εδάφους, τις χρήσεις γης, τη γεωλογία, το ανάγλυφο, το είδος κατοίκησης και από τον τρόπο που γινόταν η χρήση της φωτιάς. Γενικά, η φωτιά αυξάνει τις τιμές της μαγνητικής επιδεκτικότητας. Τα οξείδια του σιδήρου που βρίσκονται μέσα στην άργιλο και την ιλύ με την καύση μπορούν να μετατραπούν σε ισχυρά μαγνητικά οξείδια. Η οργανική ύλη που βρίσκεται στο έδαφος όταν καίγεται σε θερμοκρασίες 600-700°C δημιουργεί μια ατμόσφαιρα αναγωγής και ο αιματίτης μπορεί να μετατραπεί σε μαγνητίτη και ο μαγκεμίτης να οξειδωθεί ξανά όταν η καύση σταματήσει. Με αυτό τον τρόπο εντοπίζονται υψηλές τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας που μπορούν να καθορίσουν και το στρώμα του εδάφους που πραγματοποιήθηκε η κατοίκηση (Αηδονά, 2002, Δεργιανλή, 2013). Στον ελλαδικό χώρο έχει διεξαχθεί γεωαρχαιολογική μελέτη που βασίστηκε στις μετρήσεις της μαγνητικής επιδεκτικότητας στον αρχαιολογικό χώρο του Κίτρους Πιερίας το 2001 από τους Aidona et al.

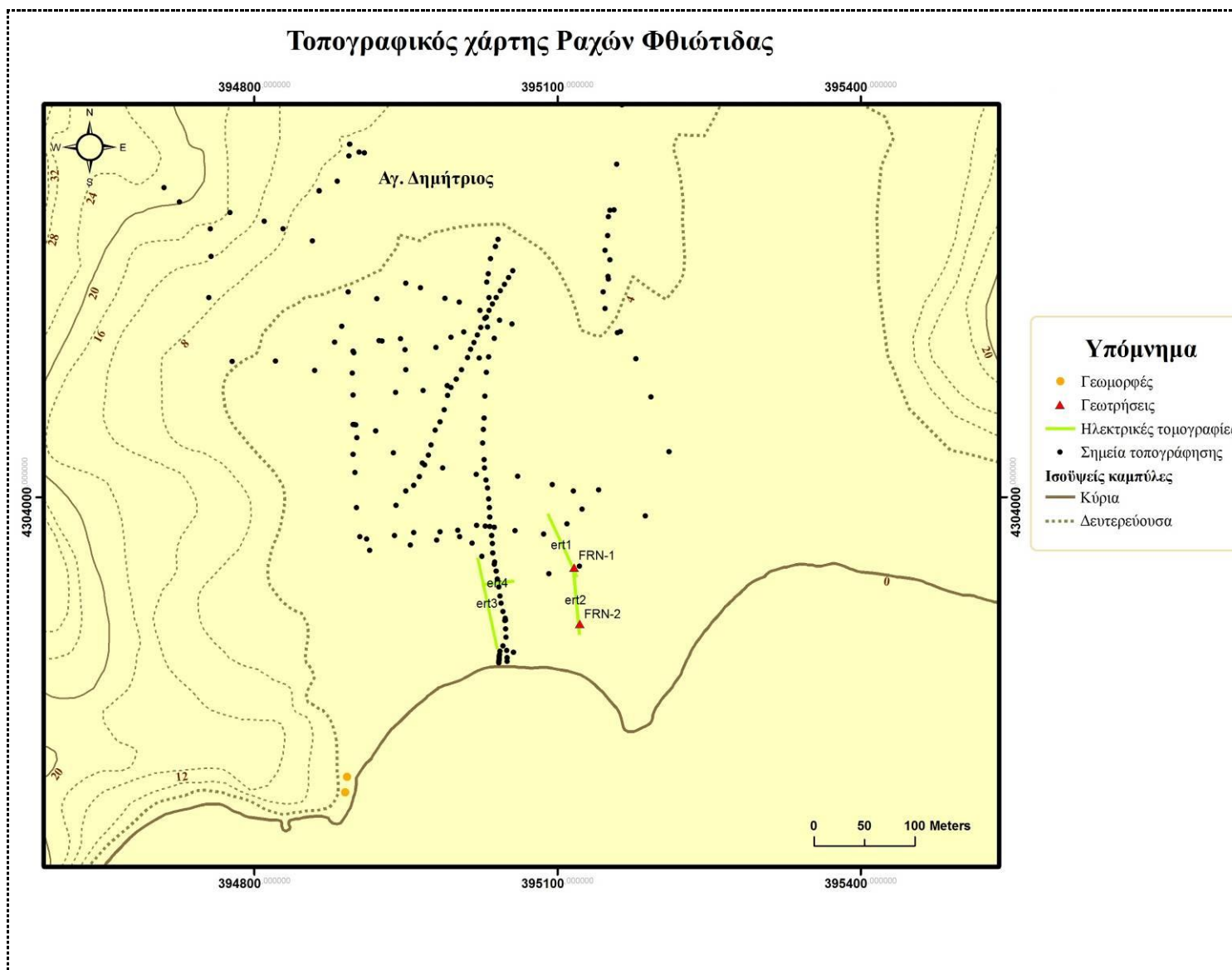
5. Μεθοδολογία

5.1 Εργασίες πεδίου

Τη θερινή περίοδο του 2011 ξεκίνησε η έρευνα στην περιοχή μελέτης και ολοκληρώθηκε τον Ιούλιο του 2012. Οι εργασίες πεδίου εκτελέστηκαν χρονικά σε τρεις φάσεις. Κατά την πρώτη φάση, πραγματοποιήθηκε η γεωλογική-γεωμορφολογική έρευνα και χαρτογράφηση της περιοχής με τη χρήση DGPS. Κατά το δεύτερο στάδιο έγινε η λήψη αδιατάρακτων πυρήνων του υπεδάφους με τη χρήση κρουστικού γεωτρήπανου. Τέλος, κατά το τρίτο στάδιο πραγματοποιήθηκαν τέσσερις ηλεκτρικές τομογραφίες στην περιοχή μελέτης με σκοπό την περαιτέρω διερεύνηση των λιθολογικών δομών του υπεδάφους. Ταυτόχρονα με την ηλεκτρική διασκόπηση, πραγματοποιήθηκε η λήψη γεωγραφικού στίγματος και υψομέτρου με τη χρήση DGPS, ώστε να μπορούν να προβληθούν οι ηλεκτρικές τομές στο χώρο και να είναι εμφανής και η μορφολογία του εδάφους. Τα σημεία όπου πραγματοποιήθηκαν οι εργασίες πεδίου στην περιοχή μελέτης απεικονίζονται στην εικόνα 11.

5.1.1 Γεωλογική-γεωμορφολογική έρευνα και χαρτογράφηση της περιοχής μελέτης

Στις 4/9/2011 και στις 29/10/2011 πραγματοποιήθηκε η γεωλογική-γεωμορφολογική έρευνα και λήψη γεωγραφικού στίγματος και απόλυτου υψομέτρου στην περιοχή μελέτης. Για την πραγμάτωση της όδευσης χρησιμοποιήθηκε το διαφορικό σύστημα εντοπισμού θέσης (DGPS) TOPCON FC-100 (εικόνα 12). Ο ένας δέκτης GPS, τοποθετήθηκε σε ένα σταθερό σημείο, όπου συντεταγμένες ήταν γνωστές καθώς αποτελούσε τριγωνομετρικό σημείο της Γ.Υ.Σ (Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού). Τα δεδομένα σχετικά με το απόλυτο υψόμετρο χρησιμοποιήθηκαν επίσης για τον καθορισμό της θέσης στην οποία πραγματοποιήθηκαν μετέπειτα οι γεωτρήσεις.



Εικόνα 11. Τοπογραφικός χάρτης της περιοχής μελέτης που απεικονίζονται τα σημεία των εργασιών πεδίου.

5.1.2 Εκτέλεση δειγματοληπτικών γεωτρήσεων

Συνολικά εκτελέστηκαν δυο γεωτρήσεις στην περιοχή μελέτης, η γεώτρηση FRN-1 στις 9/12/2011 και η γεώτρηση FRN-2 στις 17/12/2011. Οι αδιατάρακτοι πυρήνες αποκτήθηκαν χρησιμοποιώντας το κρουστικό γεωτρύπανο χειρός Atlas Copco-Cobra MK-1 (εικόνα 12).



Εικόνα 12. Στιγμιότυπα από τις διαδικασίες της γεωμορφολογικής χαρτογράφησης (αριστερά) και της εκτέλεσης δειγματοληπτικής γεώτρησης (δεξιά) στην περιοχή έρευνας (φωτογράφιση από Καλπάκη).

Στο κρουστικό γεωτρύπανο προσαρμόστηκε ένας σιδερένιος σωλήνας μήκους 0.5 έως 1 m και στο εσωτερικό του τοποθετήθηκε ένας πλαστικός σωλήνας PVC διαμέτρου 40 mm. Μέσα στον πλαστικό σωλήνα συλλέχθηκε το δείγμα με τη μορφή πυρήνα. Έπειτα τοποθετήθηκε το εξάρτημα core catcher (καλαθάκι) μέσα στο

κοπτικό μέλος. Το εξάρτημα core catcher έχει τη δυνατότητα να επιτρέπει στο δείγμα αρχικά να περάσει μέσα στον πλαστικό σωλήνα και στη συνέχεια κατά την έξοδο του δείγματος στην επιφάνεια να το εγκλωβίζει εάν αυτό δεν έχει αποκολληθεί σωστά. Η έξοδος του δειγματολήπτη πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ενός υδραυλικού εξωλκέα λαδιού. Κατά τη διαδικασία της πυρηνοληψίας ήταν απαραίτητη η προσθήκη νερού μέσα στη γεώτρηση, το οποίο αναμίχθηκε με την άργιλο και δημιούργησε ένα εξαιρετικό λιπαντικό μέσο. Κατά την έξοδο οι πλαστικοί σωλήνες σφραγίστηκαν, ώστε να διατηρηθεί η υγρασία του δείγματος και τοποθετήθηκαν πάνω τους τα στοιχεία του κάθε πυρήνα καθώς και η φορά της πυρηνοληψίας. Τα δείγματα τα οποία εγκλωβίστηκαν στο εξάρτημα core catcher συλλέχθηκαν και αποθηκεύτηκαν και έγινε και μια πρώτη καταγραφή τους στο πεδίο. Τα δείγματα αυτά μαζί με τους πυρήνες μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο για περαιτέρω ανάλυση.

Η συγκεκριμένη μεθοδολογία διάτρησης χρησιμοποιείται σε έλη και γενικότερα σε περιοχές με χαλαρές αποθέσεις. Η γεώτρηση FRN-1 έφτασε σε βάθος 5 m και η FRN-2 σε βάθος 4.65 m.

5.1.3 Διεξαγωγή ηλεκτρικών τομογραφιών

Στις 7/7/2012 πραγματοποιήθηκαν τέσσερις ηλεκτρικές τομογραφίες στην περιοχή μελέτης. Για την εργασία στο ύπαιθρο χρησιμοποιήθηκε το όργανο Syscal Pro της Iris Instrument: πρόκειται για ένα αυτοματοποιημένο όργανο μέτρησης ηλεκτρικής αντίστασης, το οποίο λειτουργεί με την παροχή συνεχούς ρεύματος (εικόνα 13). Η μέγιστη τάση είναι τα 800V και μπορεί να εισάγει ρεύμα με ένταση που φτάνει τα 2500 mA. Επίσης για την πραγματοποίηση της τομογραφίας χρησιμοποιήθηκαν: ηλεκτρόδια από ατσάλι, πολυκαναλικό καλώδιο και μετροταινία για τη χωροθέτηση των ηλεκτροδίων στη γραμμή. Η ακριβής θέση των ηλεκτροδίων αποτυπώθηκε με τη χρήση DGPS.

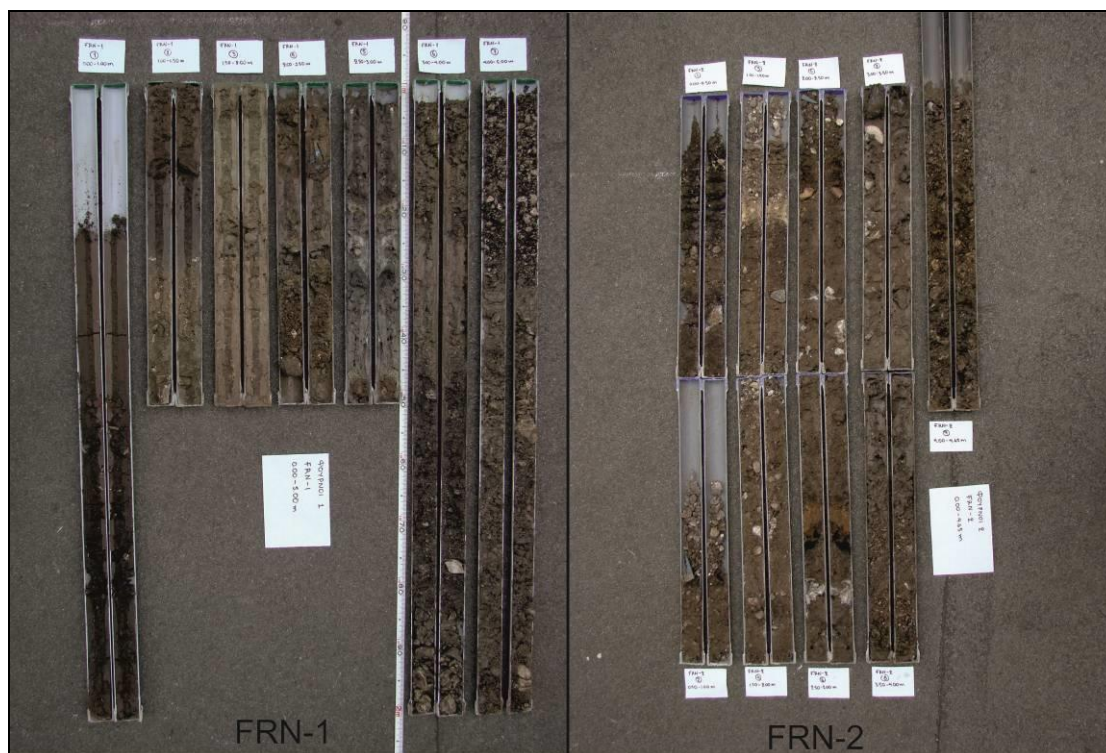


Εικόνα 13. Στα αριστερά της εικόνας απεικονίζεται το όργανο Syscal Pro της Iris Instrument που χρησιμοποιήθηκε στη γεωφυσική διασκόπηση και δεξιά άποψη από την ηλεκτρική τομογραφία ert-3 (φωτογράφιση από Καλπάκη).

5.2 Εργαστηριακές αναλύσεις-μετρήσεις

5.2.1 Ανάλυση γεωτρήσεων

Στις 14/12/2011 και στις 12/1/2012 πραγματοποιήθηκε στο χώρο του Α.Π.Θ, η κοπή και το άνοιγμα των πυρήνων των γεωτρήσεων. Οι πυρήνες ιζήματος τοποθετήθηκαν σε ξύλινο πλαίσιο και φωτογραφήθηκαν σε φώς ημέρας (εικόνα 14). Εκεί, μετρήθηκε το ποσοστό της συμπίεσης που υπέστη το υλικό κατά την γεώτρηση, σε κάθε πυρήνα, για την μετατροπή του βάθους πυρήνα σε πραγματικό βάθος δειγματοληψίας. Ακόμη προσδιορίστηκε το χρώμα του ιζήματος, σε φυσικές συνθήκες υγρασίας, σύμφωνα με τη χρωματική κλίμακα Munsell (εικόνα 15). Στη συνέχεια έγινε η συνοπτική περιγραφή της λιθολογίας και της παλαιοπανίδας, για κάθε πυρήνα του 0.5 και 1 m και καταγράφηκαν οι σχετικές παρατηρήσεις.



Εικόνα 14. Οι πυρήνες των δειγματοληπτικών γεωτρήσεων FRN-1 και FRN-2 (φωτογράφηση από Συρίδης).

Στις 18/1/2012 πραγματοποιήθηκε επεξεργασία των δειγμάτων που συλλέχθηκαν επιτόπου στον χώρο της γεώτρησης. Αρχικά, τα δείγματα ζυγίστηκαν, πλύθηκαν σε κόσκινο 0.45 mm και στην συνέχεια προστέθηκε σε αυτά μικρή ποσότητα H₂O₂ (Perhydrol). Το H₂O₂, χρησιμοποιείται για την οξείδωση των λεπτόκοκκων οργανικών υλικών καθώς η οργανική ύλη είναι υπεύθυνη για τη συσσωμάτωση των κόκκων. Κατόπιν, τα δείγματα ξηράνθηκαν, ζυγίστηκαν για τον προσδιορισμό του βάρους τους και φωτογραφήθηκαν. Τέλος, το κάθε δείγμα παρατηρήθηκε στο στερεοσκοπικό μικροσκόπιο, όπου συλλέχθηκαν κελύφη κογχυλιών, που βρέθηκαν σε καλή κατάσταση με στόχο να χρησιμοποιηθούν στη μελέτη του περιβάλλοντος απόθεσης (εικόνα 15). Τέλος, από τον συνδυασμό των παραπάνω δεδομένων σχεδιάστηκαν οι συγκεντρωτικές στρωματογραφικές στήλες στο πρόγραμμα CorelDRAW X5.



Εικόνα 15. Στα αριστερά απεικονίζεται τμήμα της χρωματικής κλίμακας Munsell και στα δεξιά δείγμα της γεώτρησης FRN-2 κατά τη διαδικασία της φωτογράφισης πριν τη στερεοσκοπική παρατήρηση (φωτογράφιση από Συρίδης).

5.2.2 Μέτρηση μαγνητικής επιδεκτικότητας

Η λήψη των τιμών της μαγνητικής επιδεκτικότητας πραγματοποιήθηκε από την κ. Αηδονά λίγες ημέρες μετά το άνοιγμα των πυρήνων των γεωτρήσεων ώστε να διατηρηθεί η φυσική τους υγρασία και να είναι πιο εύκολη η διαδικασία της μέτρησης.

Το όργανο το οποίο χρησιμοποιήθηκε για τη μέτρηση της μαγνητικής επιδεκτικότητας είναι το MS2E της εταιρίας Bartington (εικόνα 16) και αποτελείται από: τον αισθητήρα E που εκτελεί τη μέτρηση κατά μήκος του υλικού των κομμένων πυρήνων και το μετρητή MS2E οποίος μεταφέρει τις μετρήσεις μέσω της σειριακής θύρας RS232 σε ένα φορητό ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Τα διαγράμματα της μαγνητικής επιδεκτικότητας προέκυψαν με την επεξεργασία των τιμών της μαγνητικής επιδεκτικότητας στο πρόγραμμα Grapher 8.



Εικόνα 16. Στα αριστερά απεικονίζεται ο μετρητής MS2E και στα δεξιά ο αισθητήρας E της εταιρίας Bartington (<http://www.bartington.com/>).

5.2.3 Ανάλυση ηλεκτρικών τομογραφιών

Η ανάλυση των ηλεκτρικών τομογραφιών πραγματοποιήθηκε από τον κ. Τσούρλο. Αρχικά, τα δεδομένα επεξεργάστηκαν ώστε και ελεγχθεί η ποιότητα των μετρήσεων και να απορριφθούν οι μετρήσεις με μεγάλα σφάλματα. Η διαδικασία αυτή γίνεται με τη χαρτογράφηση των μετρήσεων υπαίθρου με τη μορφή ψευδοτομής.

Στο επόμενο στάδιο, τα δεδομένα των μετρήσεων υποβλήθηκαν στη διαδικασία της αντιστροφής, μιας ειδικής, πολύπλοκης, μαθηματικά και υπολογιστικά, διαδικασίας. Ο λόγος που πραγματοποιήθηκε η διαδικασία αυτή είναι ότι οι μετρήσεις που λαμβάνονται γενικά με την ηλεκτρική τομογραφία, αποτελούν μια παραμορφωμένη εικόνα των πραγματικών ηλεκτρικών αντιστάσεων του υπεδάφους. Ο σκοπός της αντιστροφής είναι να βρεθεί ένα μοντέλο αντίστασης, που να δίνει μετρήσεις, όσο το δυνατό πιο κοντά στις πραγματικές. Προϋπόθεση γι' αυτό, αποτελεί η ύπαρξη μιας μεθόδου επίλυσης του ευθέος προβλήματος, δηλαδή να βρεθούν μετρήσεις που να είναι συμβατές με την κατανομή της αντίστασης. Η μέθοδος που χρησιμοποιείται για τον σκοπό αυτό, είναι ένας αλγόριθμος

πεπερασμένων στοιχείων, ο οποίος λύνει τις διαφορικές εξισώσεις που περιγράφουν τη ροή του ηλεκτρικού ρεύματος σε ανομοιογενή γη.

Χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα DC_2DPRO (Kim, 2010). Πρόκειται για αλγόριθμο που εκτελεί κανονικοποιημένη μη γραμμική δυσδιάστατη αντιστροφή γεωηλεκτρικών δεδομένων με την μέθοδο αντιστροφής του Occam (Constable, 1987, Tsourlos et al., 1998; Tsourlos and Ogilvy, 1999). Ο αλγόριθμος είναι επαναληπτικός και σε κάθε επανάληψη χρησιμοποιεί τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων για να επιλύσει το ευθύ πρόβλημα.

Η αντιστροφή επαναλήφθηκε αρκετές φορές με διαφορετικές παραμέτρους βάθους, ώστε να επιτευχθεί μια σχετική ομοιομορφία στις μέγιστες τιμές και να διευκολυνθούν, έτσι, οι συγκρίσεις μεταξύ τομών.

5.2.4 Ανάλυση μορφολογικού αναγλύφου

Για τη μελέτη της μορφολογίας της ευρύτερης περιοχής του προϊστορικού οικισμού Φούρνοι και την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τις γεωμορφολογικές διαδικασίες που διαμόρφωσαν το ανάγλυφο, πραγματοποιήθηκε ανάλυση του αναγλύφου της περιοχής με τη χρήση υψομετρικών δεδομένων. Τα υψομετρικά δεδομένα προέκυψαν από επεξεργασία τοπογραφικών χαρτών της Γ.Υ.Σ. (Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού) με κλίμακα 1:5000 με κεντρικό φύλλο, το φύλλο Πελασγία. Η μετατροπή του συστήματος συντεταγμένων των τοπογραφικών χαρτών 1/5000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού από το προβολικό σύστημα HATT σε Ε.Γ.Σ.Α 87 πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του προγράμματος Coords GR. Στη συνέχεια, με τη χρήση του λογισμικού προγράμματος ArcGIS 10 επεξεργάστηκαν τα υψομετρικά δεδομένα και προέκυψε ο χάρτης του ψηφιακού αναγλύφου της περιοχής. Επίσης, πραγματοποιήθηκε ανάλυση του ψηφιακού αναγλύφου, με την κατασκευή χάρτη υψομέτρων και χάρτη κλίσεων.

6. Αποτελέσματα

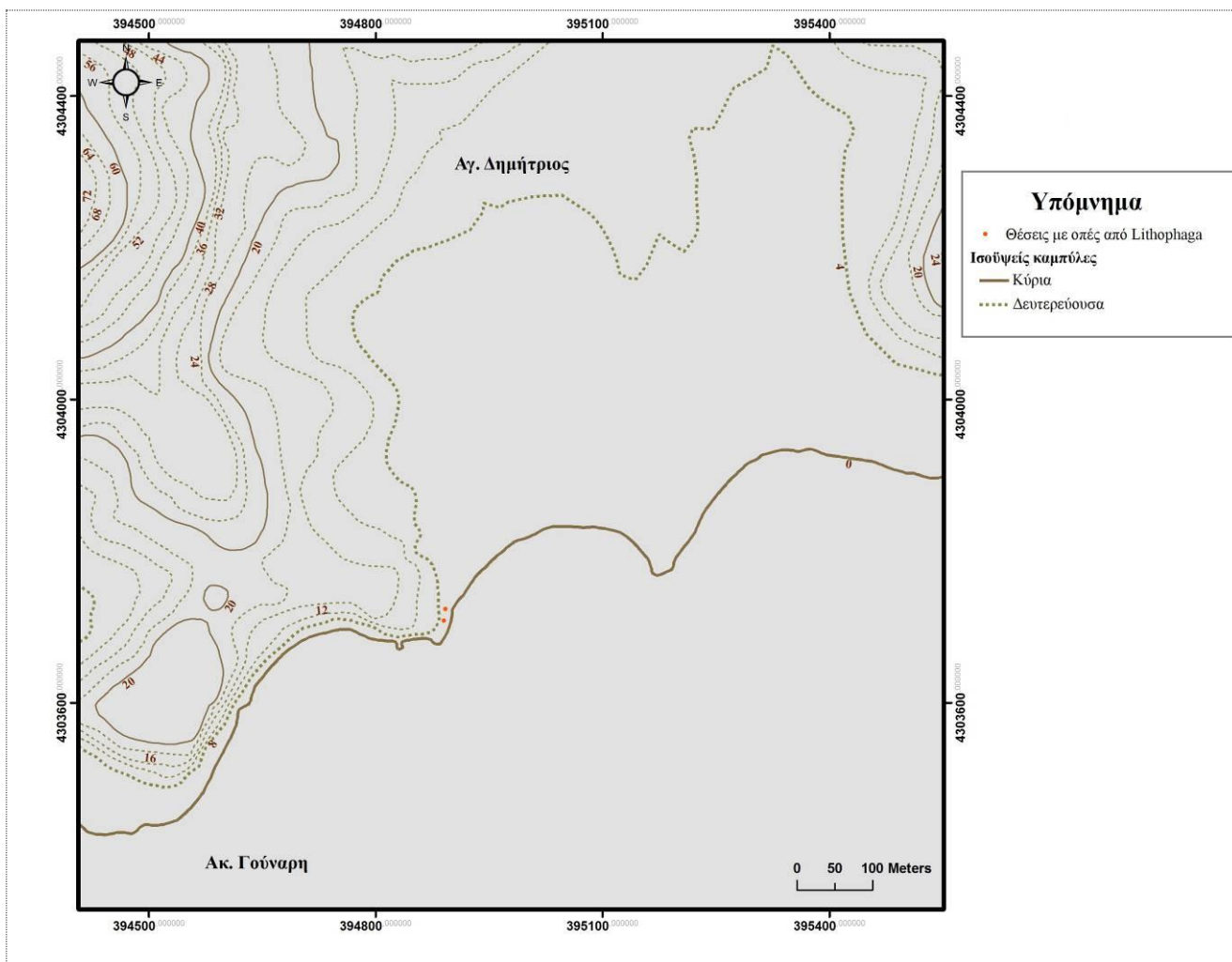
6.1 Γεωλογία-γεωμορφολογία περιοχής μελέτης

Η περιοχή μελέτης είναι παράκτια και χαρακτηρίζεται από χαμηλό ανάγλυφο. Κατά τη γεωλογική έρευνα στην περιοχή μελέτης έγινε ο εντοπισμός κροκαλοπαγών πετρωμάτων και ασβεστολίθων (εικόνα 17).



Εικόνα 17. Στην αριστερή εικόνα απεικονίζεται η θέση των ασβεστολίθων στην περιοχή μελέτης. Στην εικόνα δεξιά απεικονίζεται η επιφανειακή εμφάνιση των κροκαλοπαγών πετρωμάτων στην περιοχή μελέτης (φωτογράφιση από Καλπάκη).

Κατά τη γεωμορφολογική έρευνα στην περιοχή εντοπίστηκαν γεωμορφές απόθεσης και διάβρωσης. Τα σημεία της γεωμορφολογικής έρευνας απεικονίζονται στον τοπογραφικό χάρτη της εικόνας 18.



Εικόνα 18. Τοπογραφικός χάρτης με τα σημεία της γεωμορφολογικής έρευνας.

Στην περιοχή μελέτης εντοπίστηκαν ακτόλιθοι σε πολλά σημεία κατά μήκος της ακτογραμμής (εικόνα 19). Οι ακτόλιθοι είναι συνεκτικοί παράκτιοι ιζηματογενείς σχηματισμοί που αποτελούνται από παράκτια κλαστικά και σκελετικά ιζήματα, τα οποία έχουν συνεκτικοποιηθεί σε μικρό χρονικό διάστημα μέσω της κατακρήμνισης ανθρακικών συγκολλητικών υλικών, συνήθως μαγνησιούχου ασβεστίτη ή αραγωνίτη (Bricker, 1971, Ψωμιάδης, 2011).



Εικόνα 19. Αποθέσεις ακτολίθων που βρίσκονται σε καθεστώς διάβρωσης κατά μήκος της παραλίας στις Ράχες, Φθιώτιδας (φωτογράφιση από Καλπάκη).

Η λιθοποίηση συνήθως λαμβάνει χώρα στην ενδοπαλιρροιακή ή υπερπαλιρροιακή ζώνη και σπανιότερα στην υποπαλιρροιακή και μπορεί να περιλαμβάνει όλους τους τύπους των ιζημάτων που υπάρχουν σε μια δεδομένη θέση, όπως άμμους και κροκάλες, κλαστικά ή βιογενή ιζήματα (Russell, 1963, Bricker, 1971, Milliman, 1974, Vieira & Ros, 2006, Ψωμιάδης, 2011). Οι ακτόλιθοι έχουν χρησιμοποιηθεί σαν δείκτες στάθμης θάλασσας καθώς και σε μελέτες νεοτεκτονικής δράσης, εξαιτίας του γεγονότος ότι η λιθοποίησή τους λαμβάνει χώρα στην ακτή (Δερμιτζάκης et al., 1993, Vianna et al., 1993, Bezerra et al., 1998, 2004, Ramsay & Cooper, 2002, Yaltirak et al., 2002, Tatumi et al., 2003, Kelletat, 2006 Ψωμιάδης, 2011).

Στην περιοχή μελέτης βρέθηκαν οπές από *Lithophaga* σε ύψη 1,1 και 0.8 m πάνω από τη στάθμη της θάλασσας (εικόνα 20). Οι οπές από *Lithophaga* αποτελούν βιολογικούς δείκτες που μπορούν να δώσουν ενδείξεις του ύψους στο οποίο βρισκόταν η στάθμη της θάλασσας στο παρελθόν



Εικόνα 20. Στην εικόνα αριστερά απεικονίζεται η θέση όπου βρέθηκαν οπές λιθοφάγων στην περιοχή μελέτης. Στην εικόνα δεξιά απεικονίζεται μια πιο κοντινή φωτογραφία της ίδιας θέσης (φωτογράφιση από Καλπάκη).

Τέλος, κατά την έρευνα στην ευρύτερη περιοχή μελέτης εντοπίστηκαν πηγές κατά θέσεις στην περιοχή του Αλμυροπόταμου στο Αχλάδι Ραχών (εικόνα 21,22). Επίσης, στο σημείο αυτό είναι σημαντικό να αναφερθεί πως στην περιοχή μελέτης κόντα στον οικισμό Φούρνοι τοποθετείται η θέση πηγαδιού γλυκού νερού που φτάνει σε βάθος περίπου τα 15m σύμφωνα με μαρτυρία κατοίκου της περιοχής.



Εικόνα 21. Άποψη του Αλμυροπόταμου στο Αχλάδι Ραχών (φωτογράφιση από Καλπάκη).



Εικόνα 22. Χάρτης όπου απεικονίζεται η θέση του Αλμυροπόταμου.

6.2 Ανάλυση μορφολογικού αναγλύφου

6.2.1 Ταξινόμηση αναγλύφου

Ωστε να καταστεί δυνατός ο χαρακτηρισμός του αναγλύφου της περιοχής μελέτης, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος ταξινόμησης των υψομέτρων (Dikau, 1989, Παράσχου, 2005, Πεχλιβανίδου, 2007, Ρεϊζοπούλου, 2009, Καλπάκη, 2009). Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί ως κριτήριο για την ταξινόμηση, το υψόμετρο που παρουσιάζει μια περιοχή πάνω από το επίπεδο της θάλασσας (Πίνακας 1).

Απόλυτο υψόμετρο (m)	Χαρακτηρισμός περιοχής
<150m	Πεδινή
150-600m	Λοφώδης
600-900m	Ημιορεινή
600-900m	Ορεινή

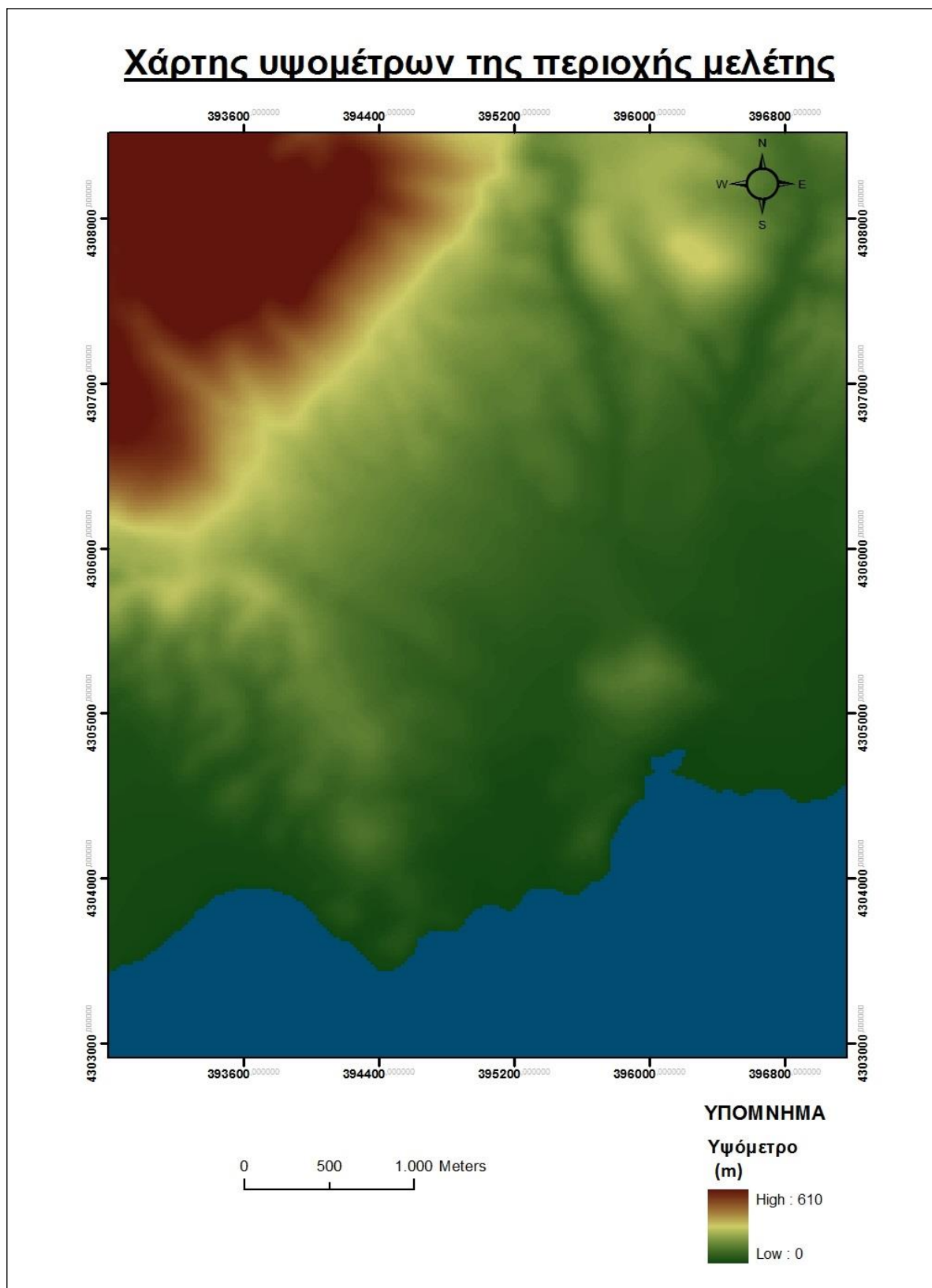
Πίνακας 1. Ταξινόμηση αναγλύφου με βάση τον Dikau (1989).

Χρησιμοποιώντας τα υψόμετρα της ταξινόμησης αναγλύφου του πίνακα 1, καθώς επίσης και το ψηφιακό ανάγλυφο στο πρόγραμμα ArcGIS10 κατασκευάστηκε ο χάρτης των υψομέτρων της περιοχής μελέτης (εικόνα 19). Ύστερα από περαιτέρω ανάλυση δημιουργήθηκε ο πίνακας 2 με την έκταση (Km²), τα ποσοστά επί τοις εκατό της έκτασης καθώς και τον χαρακτηρισμό της περιοχής.

Απόλυτο υψόμετρο (m)	Έκταση (Km ²)	Ποσοστό έκτασης (%)	Χαρακτηρισμός περιοχής
<150m	14,43	68,67%	Πεδινή
150-600m	6,56	31,21%	Λοφώδης
600-900m	0,03	0,12%	Ημιορεινή
600-900m	-	-	Ορεινή

Πίνακας 2. Τύποι αναγλύφου και ποσοστά αυτών, όπως κατανέμονται στην περιοχή μελέτης.

Με βάση την εικόνα 23 και τον πίνακα 2, μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:



Εικόνα 23. Χάρτης αναγλύφου της περιοχής μελέτης.

- Οι πεδινές περιοχές (68,67%) που απεικονίζονται στον χάρτη των υψομέτρων με το πράσινο χρώμα καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο τμήμα του χάρτη των υψομέτρων της περιοχής μελέτης.
- Οι λοφώδεις περιοχές (31,21%) παρατηρούνται κυρίως στο ΒΑ και ΒΔ τμήμα της περιοχής μελέτης και απεικονίζονται στον χάρτη υψομέτρων με κίτρινο- καφέ χρώμα.
- Οι ημιορεινές περιοχές (0,12%) καταλαμβάνουν πολύ μικρή έκταση στο βορειοδυτικό τμήμα του χάρτη και απεικονίζονται με σκούρο καφέ.
- Οι ορεινές περιοχές απουσιάζουν στον χάρτη υψομέτρων της περιοχής μελέτης.

6.2.2 Κλίση αναγλύφου

Μια σημαντική παράμετρο για την ανάλυση του αναγλύφου αποτελεί η κλίση του αναγλύφου. Η ταξινόμηση των κλίσεων μιας περιοχής γίνεται με βάση τη Διεθνή Γεωγραφική Ένωση (International Geographical Union) (Demek, 1972). Στο σύστημα αυτό, η κατανομή των επιφανειακών κλίσεων χωρίζεται σε έξι ομάδες που χαρακτηρίζουν διαφορετικές επιφάνειες, καθώς και διαφορετικό τρόπο διάβρωσής τους (Demek, 1972, από Παράσχου, 2005, Κούλας, 2004, Πεχλιβανίδου, 2007, Ρεϊζοπούλου, 2009, Καλπάκη, 2009). Η ταξινόμηση των κλίσεων δίνεται στον πίνακα 3.

Γωνία κλίσης	Μορφολογικά χαρακτηριστικά επιφάνειας και τρόπος διάβρωσης
0° - 2 °	Επίπεδο έως ελαφρά κεκλιμένο ανάγλυφο. Έναρξη διάβρωσης τύπου καλύμματος.
2 ° - 5 °	Ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο. Διάβρωση καλύμματος και έναρξη αυλακωτής διάβρωσης.
5 ° - 15 °	Ισχυρώς κεκλιμένο ανάγλυφο. Κινήσεις μαζών, ισχυρή διάβρωση

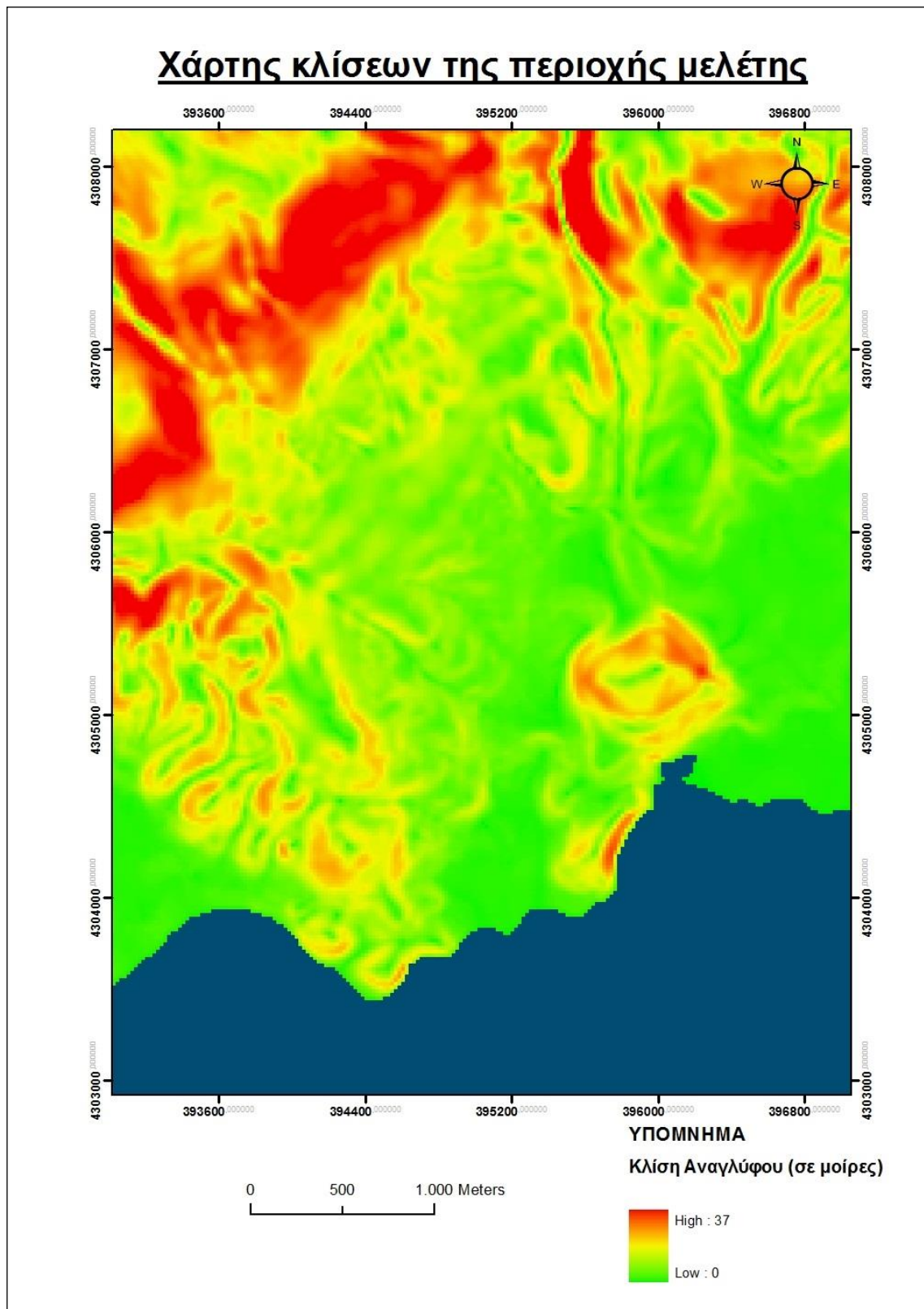
	τύπου καλύμματος και αυλακωτή, έντονες διαβρωτικές διεργασίες.
15 ° - 35 °	Έντονες διεργασίες απογύμνωσης, ερπυσμοί εδαφών, λασποροές, έντονη αυλακωτή και γραμμική διάβρωση.
35 ° - 55 °	Απόκρημνο ανάγλυφο. Πολύ λεπτό ασυνεχές στρώμα εδάφους, έντονη απογύμνωση του μητρικού πετρώματος.
>55 °	Κάθετο ανάγλυφο. Απουσία εδάφους, απογύμνωση πετρωμάτων και κατάρρευση βράχων.

Πίνακας 3. Κατανομή των επιφανειακών κλίσεων σε έξι ομάδες με βάση την Επιτροπή Γεωμορφολογικής Έρευνας και Χαρτογράφησης της Διεθνούς Γεωγραφικής Ένωσης (International Geographical Union) (Demek, 1972).

Χρησιμοποιώντας τις κλίσεις της ταξινόμησης των κλίσεων του πίνακα 3 (Demek, 1972), καθώς επίσης και το ψηφιακό ανάγλυφο στο πρόγραμμα ArcGIS10 κατασκευάστηκε ο χάρτης των κλίσεων της περιοχής μελέτης (εικόνα 24). Ύστερα από περαιτέρω ανάλυση δημιουργήθηκε ο πίνακας με την έκταση (Km²) και τα ποσοστά επί τοις εκατό της έκτασης σύμφωνα με την ταξινόμηση των κλίσεων.

Κλίσεις σε μοίρες	Έκταση σε km ²	Ποσοστό έκτασης
0 ° -2 °	3,482	16,56%
2 ° -5 °	3,5	16,66%
5 ° -15 °	9,4	44,72%
15 ° -35 °	4,63	22,03%
35 ° -55 °	0,006	0,03%
> 55 °	-	-

Πίνακας 4. Έκταση και ποσοστό έκτασης, ανάλογα με την γωνία κλίσης τους, όπως κατανέμονται στην περιοχή έρευνας.



Εικόνα 24. Χάρτης των κλίσεων της περιοχής μελέτης με βάση το σύστημα της Διεθνούς Γεωγραφικής Ένωσης (International Geographical Union) (Demek, 1972).

Με βάση την εικόνα 24 και τον πίνακα 4, μπορούν να εξαχθούν τα εξής συμπεράσματα:

- Το μεγαλύτερο ποσοστό (44,72%) της έκτασης της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται από κλίσεις που κυμαίνονται μεταξύ 5° – 15° . Οι τιμές αυτές αντιπροσωπεύουν περιοχές με ισχυρώς κεκλιμένο ανάγλυφο και έντονες διαβρωτικές διεργασίες.
- Ένα σημαντικό ποσοστό της περιοχής μελέτης (22.03%) χαρακτηρίζεται από κλίσεις που κυμαίνονται μεταξύ 15° - 35° . Οι τιμές αυτές αντιπροσωπεύουν περιοχές με απότομο έως εξαιρετικά απότομο ανάγλυφο και έντονες διεργασίες απογύμνωσης και αυλακωτής ή γραμμικής διάβρωσης. Οι κλίσεις αυτές παρατηρούνται στο ΒΑ και ΒΔ τμήμα της περιοχής.
- Ένα εξίσου σημαντικό ποσοστό έκτασης (16,56%) που αποτελεί το παράκτιο κυρίως τμήμα χαρακτηρίζεται από κλίσεις που κυμαίνονται μεταξύ 0° - 2° . Οι τιμές αυτές αντιπροσωπεύουν περιοχές με επίπεδο έως ελαφρά κεκλιμένο ανάγλυφο.
- Το 16,66% της έκτασης χαρακτηρίζεται από κλίσεις που κυμαίνονται μεταξύ 2° - 5° . Το τμήμα αυτό βρίσκεται κυρίως στο κεντρικό τμήμα του χάρτη και χαρακτηρίζεται από ελαφρώς κεκλιμένο ανάγλυφο.
- Τέλος, δεν παρατηρούνται στο χάρτη περιοχές με κλίσεις μεγαλύτερες από 37° .

6.3 Ανάλυση δειγμάτων

6.3.1 Προφίλ γεωτρήσεων

Στην περιοχή μελέτης εκτελέστηκαν οι γεωτρήσεις FRN-1 και FRN-2, οι θέσεις των οποίων απεικονίζονται στην εικόνα 25.



Εικόνα 25. Χάρτης της περιοχής μελέτης, όπου απεικονίζονται οι θέσεις των γεωτρήσεων FRN-1 και FRN-2.

Στους πίνακες 5-11 που ακολουθούν περιγράφονται αναλυτικά οι πυρήνες των γεωτρήσεων FRN-1 και FRN-2 (η περιγραφή και οι φωτογραφίες των πυρήνων των γεωτρήσεων προέρχονται από το αρχείο του Γεώργιου Συρίδη). Στην εικόνα 26 απεικονίζονται οι στρωματογραφικές στήλες των δύο γεωτρήσεων που προέκυψαν από τα δεδομένα των πινάκων 5-11.

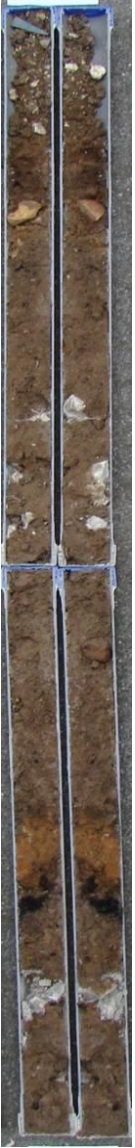
Πίνακας 5 FRN-1 0.00-1.50	Βάθος	Χρωματικός Δείκτης	Λιθολογία	Παλαιοπανίδα
	0.00-0.32m	7.5 YR 4/3 brown	Καστανός καθαρός πηλός.	-
	0.32-1.22m	7.5 YR2.5/2 very dark brown Σ (7.5 YR 3/3 dark brown) 7.5 YR 4/3 brown 7.5 YR 3/2, 2.5/2	Σκούρος καστανός πηλός ανάμεικτος με μικρές γωνιώδεις λατύπες, κυρίως ασβεστολιθικές. Στα 0.45, 0.51m και 0.61m βάθος παρουσία θραυσμάτων κεραμικών. Στα 0.95-1.00m βάθος άφθονοι γωνιώδεις κερατολιθικοί κόκκοι.	Θραύσματα χερσαίου γαστερόποδου, θραύσματα <i>Cerithium</i> , <i>Bittium</i> , <i>Arca noae</i> , <i>Pomatias</i> και <i>Chiton</i> .
	1.22-1.50m	2.5 Y 4/2 dark grayish brown	Τεφροκάστανο πηλώδες- ιλυώδες.	Στα 1.22-1.38m απολιθώματα από <i>Potamides</i> , <i>Cerithium</i> , <i>Bittium</i> και <i>Cerastoderma</i> .

Πίνακας 6 FRN-1 1.50-3.00	Βάθος	Χρωματικός Δείκτης	Λιθολογία	Παλαιοπανίδα
	1.50-1.60m	5Y 5/2 olive gray	Τεφροπράσινος πηλός.	-
	1.60-1.68m	Ενδιάμεσο χρώμα	Σκούρος καστανός πηλός.	-
	1.68-2.16m	7.5 YR 4/3 brown 7.5 YR 3/3 dark brown 7.5 YR 3/2 brown	Καστανός πηλός με κερατολιθικές ψηφίδες και διάσπαρτα ασβεστιτικά συγκρίματα. Στα 1.95-2.00m ημιγωνιώδεις κερατολιθικοί κόκκοι, διαλυμένα τμήμα ακτόλιθου.	Θραύσματα από <i>Trochus</i> , <i>Cerithium</i> , <i>Bittium</i> , <i>Patella</i> , <i>Chondrula</i> , <i>Nassa reticulata</i> , <i>Chlamys</i> , <i>Cerastoderma</i> , <i>Parvicardium</i> , <i>Abra</i> , <i>Venus</i> , <i>Arca</i> , <i>Spisula subtruncata</i> , <i>Teredo</i> , ολόκληρα άτομα από <i>Bittium</i> και <i>Venus</i> , τμήματα βελονών από <i>Echinus</i> , θραύσματα κελύφους και δαγκάνας καβουριού και ωτόλιθος. Στα 2.10m βάθος απολίθωμα από <i>Bittium</i> .
	2.16-2.26m	5Y 4/2 Olive gray	Τεφρή άμμος και λίγη άργιλος και ιλύς.	Στα 2.17-2.24m βάθος απολιθώματα από <i>Cerastoderma</i> και <i>Potamides</i> .
	2.26-2.45m	7.5 YR 4/3-3/3 brown	Καστανή άμμος και χαλίκια..	Στα 2.34m βάθος απολίθωμα από <i>Murex</i> και στα 2.38m βάθος θραύσματα διθύρων.
	2.45-2.65m	2.5 Y 3/1 very dark gray	Σκούρος τεφρός πηλός. Στα 2.45-2.50m βάθος κερατολιθικές ψηφίδες, θραύσματα κεραμικών, θραύσματα ξυλάνθρακα, Στα 2.64m βάθος παρουσία θραυσμάτων ξυλάνθρακα.	Θραύσματα από <i>Trochus</i> , <i>Cerithium</i> , <i>Bittium</i> , <i>Patella</i> , θραύσματα από οστό, τμήματα βελονών από <i>Echinus</i> , θραύσμα από σαγόνη ψαριού, ένα άτομο <i>Ammonia</i> .
	2.65-2.95m	6-5/10 GY Gley 3/10 Y Gley dark greenish gray	Σκούρος τεφρός πηλός με κροκάλες και ψηφίδες. Στα 2.71m, 2.81m και 2.85m βάθος παρουσία θραυσμάτων ξυλάνθρακα.	-
	2.95-3.00m	7.5 YR 3/2 dark brown	Σκούρος καστανός πηλός με κερατολιθικές ψηφίδες, θραύσματα ξυλάνθρακα,	Θραύσματα <i>Trochus</i> , <i>Bittium</i> , <i>Ostrea</i> , <i>Parvicardium</i> , <i>Cardium</i> , <i>Venus</i> , <i>Brachidontes</i> , ένα ολόκληρο άτομο από <i>Bittium</i> , τμήμα βελόνας από <i>Echinus</i> και θραύσμα σπογγώδους οστού.

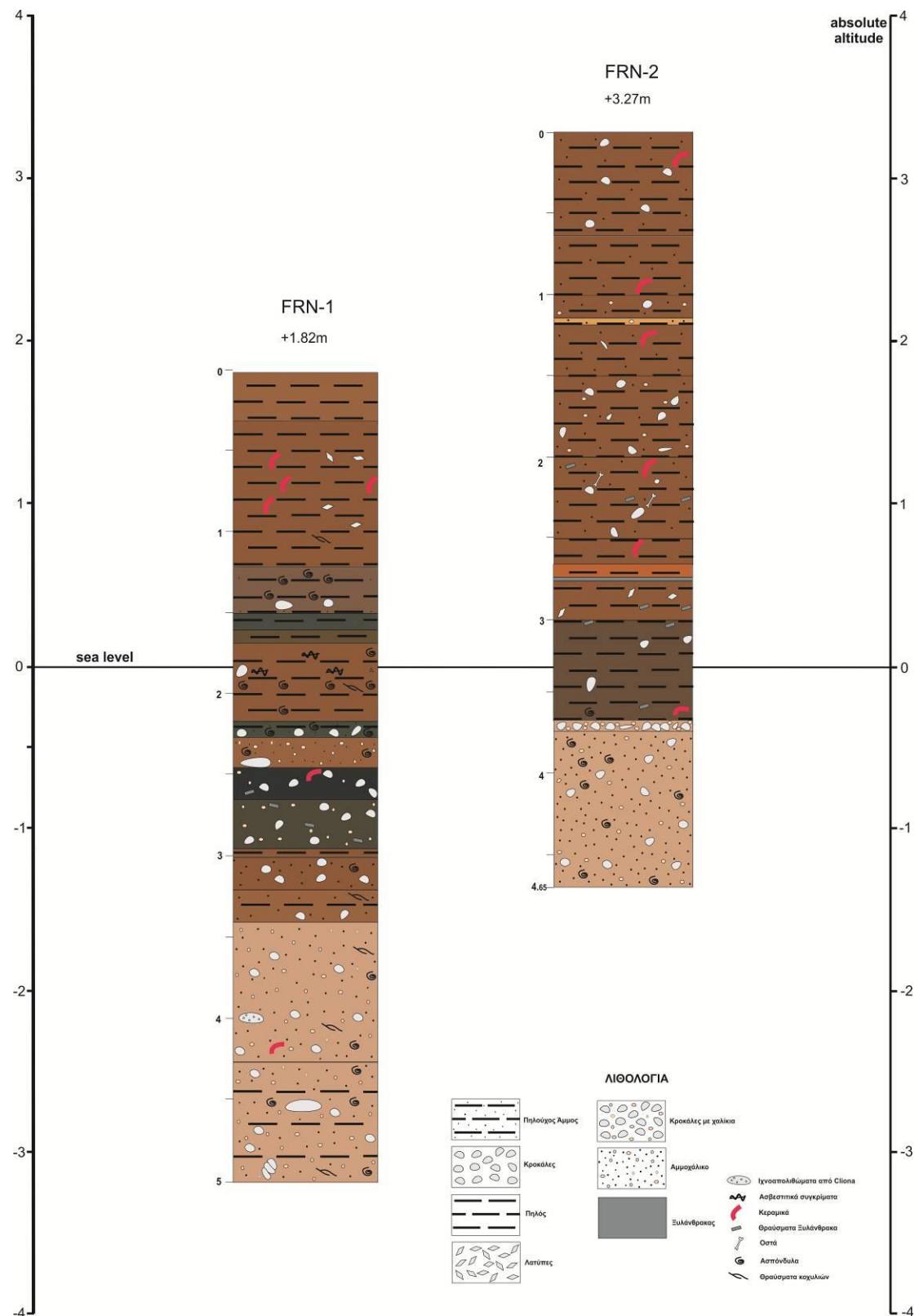
Πίνακας 7 FRN-1 3.00-5.00	Βάθος	Χρωματικός Δείκτης	Λιθολογία	Παλαιοπανίδα
	3.00-3.20m	7.5 YR 3/2 dark brown	Σκούρη καστανή άμμος και κροκάλες.	Στα 3.16m βάθος απολίθωμα από <i>Bittium</i> και οπή σαρκοφάγου.
	3.20-3.40m	7.5 YR 4/2 brown	Καστανή άμμος, κροκάλες και αργιλικό υλικό.	Στα 3.36-3.38m βάθος θραύσματα διθύρων.
	3.40-4.26m	2.5 Y 3/2 Very dark grayish brown	Άμμος και χαλίκια.	Στα 3.56-3.58m και στα 3.75m βάθος θραύσματα διθύρων. Στα 3.89m βάθος ιχνοαπολιθώματα από <i>Cliona</i> . Στα 4.15m θραύσματα από <i>Cerithium</i> και <i>Trochidae</i> .
	4.26-5.00m	-	Άμμος, χαλίκια και αργιλικό υλικό. Στα 4.85m βάθος παρουσία σπασμένης κροκάλας λόγω της διάτρησης, στα 4.92m βάθος θραύσμα κεραμικού. Στα 4.95-5.00m βάθος χαλαζιακοί κόκκοι, θραύσματα ξυλάνθρακα.	Στα 4.27m, 4.53m, 4.60m και στα 4.65m βάθος θραύσματα διθύρων. Στα 4.94m βάθος απολίθωμα από <i>Bittium</i> . Στα 4.95-5.00m θραύσματα από <i>Trochus</i> , <i>Alvania</i> , <i>Cerithium</i> , <i>Bittium</i> , <i>Venus</i> , <i>Venus gallina</i> , <i>Tapes</i> , ολόκληρα άτομα από <i>Bittium</i> και <i>Ostrea</i> , τμήματα βελονών από <i>Echinus</i> και θραύσμα τμήματος καβουριού

Πίνακας 8 FRN-2 0.00-1.00	Βάθος	Χρωματικός Δείκτης	Λιθολογία	Παλαιοπανίδα
	0.00-0.64m	7.5 YR 3/2 dark brown 7.5 YR 3/2 dark brown	Σκούρο καστανό πηλοαμμώδες, χαλίκια και κροκάλες. Στα 0.21m βάθος θραύσματα κεραμικών.	-
	0.64-1.00m	7.5 YR 3/2 dark brown	Σκούρο καστανό αμμοπηλώδες. Στα 0.89m βάθος θραύσματα κεραμικών.	-

Πίνακας 9 FRN-2 1.00-2.00	Βάθος	Χρωματικός Δείκτης	Λιθολογία	Παλαιοπανίδα
	1.00-1.14m	7.5 YR 3/2 dark brown	Σκούρο καστανό αμμοπηλώδες με χαλίκια.	-
	1.14-1.18m	10 YR 6/3 pale brown	Ανοιχτό καστανό αμμοπηλώδες με χαλίκια.	-
	1.18-1.50m	7.5 YR 3/2 dark brown	Σκούρο καστανό πηλώδες. Στα 1.30m βάθος θραύσματα κεραμικών.	-
	1.50-2.00m	7.5 YR 3/2 dark brown	Σκούρο καστανό αμμοπηλώδες, κροκάλες και ψηφίδες.	-

Πίνακας 10 FRN-2 2.00-3.00	Βάθος	Χρωματικός Δείκτης	Λιθολογία	Παλαιοπανίδα
	2.00-2.50m	7.5 YR 3/2 dark brown	Σκούρο καστανό αργιλοπηλώδες, άμμος και κροκάλες. Στα 2.10m, 2.18m και 2.20m βάθος θραύσματα ξυλάνθρακα και στα 2.13m βάθος θραύσματα κεραμικών. Στα 2.45-2.50m βάθος χαλαζιακοί, ασβεστολιθικοί και κερατολιθικοί κόκκοι, θραύσματα ξυλάνθρακα.	Θραύσματα από <i>Trochus</i> , <i>Cerithium</i> , <i>Cardium</i> , <i>Abra</i> , <i>Venus verrucosa</i> , ένα ολόκληρο άτομο πιθανότατα από <i>Bithynia</i> , θραύσματα από σπογγώδη οστά, ένα δερματικό αγκάθι από <i>selachi</i> και κομμάτια από οστά.
	2.50-2.66m	7.5 YR 3/2 dark brown	Σκούρο καστανό πηλώδες. Στα 2.55m βάθος θραύσματα κεραμικών.	-
	2.66-2.74m	5 YR 4/4 Reddish brown	Κοκκινοκάστανος πηλός.	-
	2.74-2.76m	Μαύρο	Ξυλάνθρακας.	-
	2.76-3.00m	7.5 YR 4-3/2	Σκούρο καστανό πηλώδες και κροκάλες. Στα 2.90m και 2.92m βάθος θραύσματα ξυλάνθρακα. Στα 2.95-3.00m βάθος ασβεστολιθικοί κόκκοι, θραύσματα ξυλάνθρακα.	Θραύσματα από <i>Trochus</i> , <i>Helix</i> , <i>Ostrea</i> , <i>Veneridae</i> , <i>Timoclea ovata</i> , <i>Brachidontes</i> , ολόκληρα άτομα από <i>Cerithium</i> και <i>Bittium</i> , τμήματα βελονών από <i>Echinus</i> , μια βάση από δόντι ψαριού και θραύσματα οστών.

Πίνακας 11 FRN-2 3.00-4.65	Βάθος	Χρωματικός Δείκτης	Λιθολογία	Παλαιοπανίδα
	3.00-3.63m	10 YR 3/2 very dark grayish brown	Σκούρο τεφροκάστανο πηλώδες. Στα 3.06m 3.07m, 3.35m, 3.41m και 3.58m βάθος θραύσματα ξυλάνθρακα, στα 3.62m βάθος θραύσματα κεραμικών.	Στα 3.61m βάθος θραύσμα κοχυλιού Στα 3.45-3.50m βάθος θραύσματα από <i>Trochus</i> , <i>Arca noae</i> , <i>Brachidontes</i> , ένα ολόκληρο άτομο από <i>Alvania cemex</i> , θραύσματα τμημάτων από <i>Echinus</i> και θραύσμα από οστό ψαριού.
	3.63-3.69m	-	Κροκάλες και ψηφίδες.	-
	3.69-4.65m	-	Άμμος, χαλίκια και αποστρογγυλεμένες κροκάλες. Στα 3.95-4.00m βάθος θραύσματα ξυλάνθρακα, ένας κρύσταλλος γύψου. Στα 4.60-4.65m βάθος κερατολιθικοί κόκκοι, φρεσκοσπασμένες κροκάλες, θραύσμα ξυλάνθρακα.	Στα 3.72m βάθος απολίθωμα από <i>Bittium</i> . Στα 3.82m, 3.84m και 3.91m θραύσματα κοχυλιών. Στα 4.18m βάθος θραύσμα από <i>Cerastoderma</i> . Στα 3.95-4.00m βάθος θραύσματα από <i>Trochus</i> , <i>Cerithium</i> , <i>Bittium</i> , <i>Patella</i> , <i>Veneridae</i> , ολόκληρα άτομα από <i>Trochus</i> , <i>Alvania</i> , <i>Bittium</i> , θραύσματα από μισοκαμένα οστά και θραύσματα τμημάτων από <i>Echinus</i> . Στα 4.60-4.65m βάθος θραύσματα από <i>Trochus</i> , <i>Alvania</i> , <i>Cerithium</i> , <i>Bittium</i> , ολόκληρα άτομα από <i>Alvania cemex</i> , <i>Bittium</i> και θραύσματα βελονών από <i>Echinus</i> .



Εικόνα 26. Στρωματογραφικές στήλες των γεωτρήσεων FRN-1 και FRN-2.

6.4 Στρωματογραφία-Παλαιοπεριβαλλοντικές ενότητες

Με βάση τα δεδομένα τα οποία προέκυψαν από τις δύο δειγματοληπτικές γετρήσεις και απεικονίζονται στους πίνακες 5-11 έγινε προσπάθεια διαχωρισμού των στρωμάτων σε παλαιοπεριβαλλοντικές ενότητες με βάση τη λιθολογία και την παλαιοπανίδα από τα νεότερα στα παλαιότερα (πίνακας 12,13).

FRN-1		
Βάθος	Ενότητα	Περιβάλλον απόθεσης
0.00-1.22m	1	Χερσαίο
1.22-2.95	2	Αβαθούς κόλπου-Ρηχής λαγκούνας
2.95-5.00m	3	Θαλάσσιο-Παράκτιο

Πίνακας 12. Περιγραφή των παλαιοπεριβαλλοντικών ενότητων της γεώτρησης FRN-1.

Η πρώτη ενότητα αποτελεί το νεότερο και ανώτερο τμήμα των ιζημάτων και περιλαμβάνει καστανό πηλό ανάμεικτο με μικρές γωνιώδεις ασβεστολιθικές λατύπες. Στα 0.45, 0.51 και 0.61m βάθος βρέθηκαν θραύσματα από κεραμικά. Στα 0.95-1.00m βάθος βρέθηκαν θραύσματα από χερσαίο γαστερόποδο και από *Cerithium*, *Bittium*, *Arca noae*, *Pomatias*. Με βάση τη λιθολογία και την πανίδα από χερσαία γαστερόποδα συμπεραίνουμε ότι πρόκειται για χερσαίο περιβάλλον.

Η δεύτερη ενότητα περιλαμβάνει στα ανώτερα στρώματα τεφροκάστανο πηλό-ιλύ με κερατολιθικές ψηφίδες. Στα στρώματα αυτά εντοπίστηκαν θραύσματα από *Trochus*, *Cerithium*, *Bittium*, *Patella*, *Chondrula*, *Nassa reticulata*, *Chlamys*, *Cerastoderma*, *Parvicardium*, *Abra*, *Venus*, *Arca*, *Spisula subtruncata*, *Teredo* κ.α. Τα μεσαία στρώματα αποτελούνται από τεφροκάστανη άμμο, χαλίκια, λίγη άργιλο και ιλύ με απολιθώματα από *Cerastoderma*, *Potamites*, *Murex* και στα 2.38m βάθος θραύσματα διθύρων. Τα βαθύτερα στρώματα περιλαμβάνουν σκούρο καστανό-τεφρό

πηλό, κροκάλες και κερατολιθικές ψηφίδες με θραύσματα από *Trochus*, *Bittium*, *Ostrea*, *Parvicardium*, *Cardium*, *Venus*, *Brachidontes* κ.α. Στα 2.45-2.50m βάθος βρέθηκαν θραύσματα κεραμικών και ξυλάνθρακα και στα 2.71, 2.81 και 2.85m βάθος εντοπίστηκαν θραύσματα ξυλάνθρακα. Με βάση την παλαιοπανίδα και πιο συγκεκριμένα την παρουσία θραυσμάτων από *Cerastoderma* και *Abra* (Syrides, 2008) στη συγκεκριμένη ενότητα συμπεραίνουμε ότι πρόκειται για ένα μεταβατικό περιβάλλον αβαθούς κόλπου-ρηχής λαγκούνας.

Η τρίτη ενότητα περιλαμβάνει άμμο, κροκάλες, χαλίκια και αργιλικό υλικό που είναι παρόμοια με τα υλικά της σημερινής παράκτιας ζώνης. Στα στρώματα αυτά βρέθηκαν θραύσματα από *Trochus*, *Alvania*, *Cerithium*, *Bittium*, *Venus*, *Venus gallina*, *Tapes* και ολόκληρα άτομα από *Bittium* και *Ostrea* κ.α. που υποδηλώνουν θαλάσσιο-παράκτιο περιβάλλον. Στα 3.89m βάθος εντοπίστηκαν σε κροκάλες ιχνοαπολιθώματα από *Cliona* που ενισχύουν την παραδοχή ότι η ενότητα αυτή αποτελεί παλαιοακτή (Syrides, 2008). Στα 4.92m βάθος βρέθηκε θραύσμα κεραμικού που προέρχεται από τον κοντινό ανθρώπινο οικισμό.

FRN-2		
Βάθος	Ενότητα	Περιβάλλον απόθεσης
0.00-3.63m	1	Χερσαίο
3.63-4.65m	2	Θαλάσσιο-Παράκτιο

Πίνακας 13. Περιγραφή των παλαιοπεριβαλλοντικών ενοτήτων της γεώτρησης FRN-2.

Η πρώτη ενότητα περιλαμβάνει σκούρα καστανά αμμοπηλώδη με χαλίκια ιζήματα και σε βαθύτερα στρώματα περιλαμβάνει σκούρα καστανά-τεφροκάστανα πηλώδη με κροκάλες ιζήματα. Στα 0.89 και 1.30m βάθος βρέθηκαν θραύσματα κεραμικών. Στα 2.10, 2.18, 2.20, 2.90, 2.92, 3.06, 3.07, 3.35, 3.41, 3.45-3.50 και 3.58m βάθος βρέθηκαν θραύσματα ξυλάνθρακα, στα 2.74-2.76m βρέθηκε ένα στρώμα ξυλάνθρακα και στα 2.13, 2.55 και 3.62m βάθος θραύσματα κεραμικών.

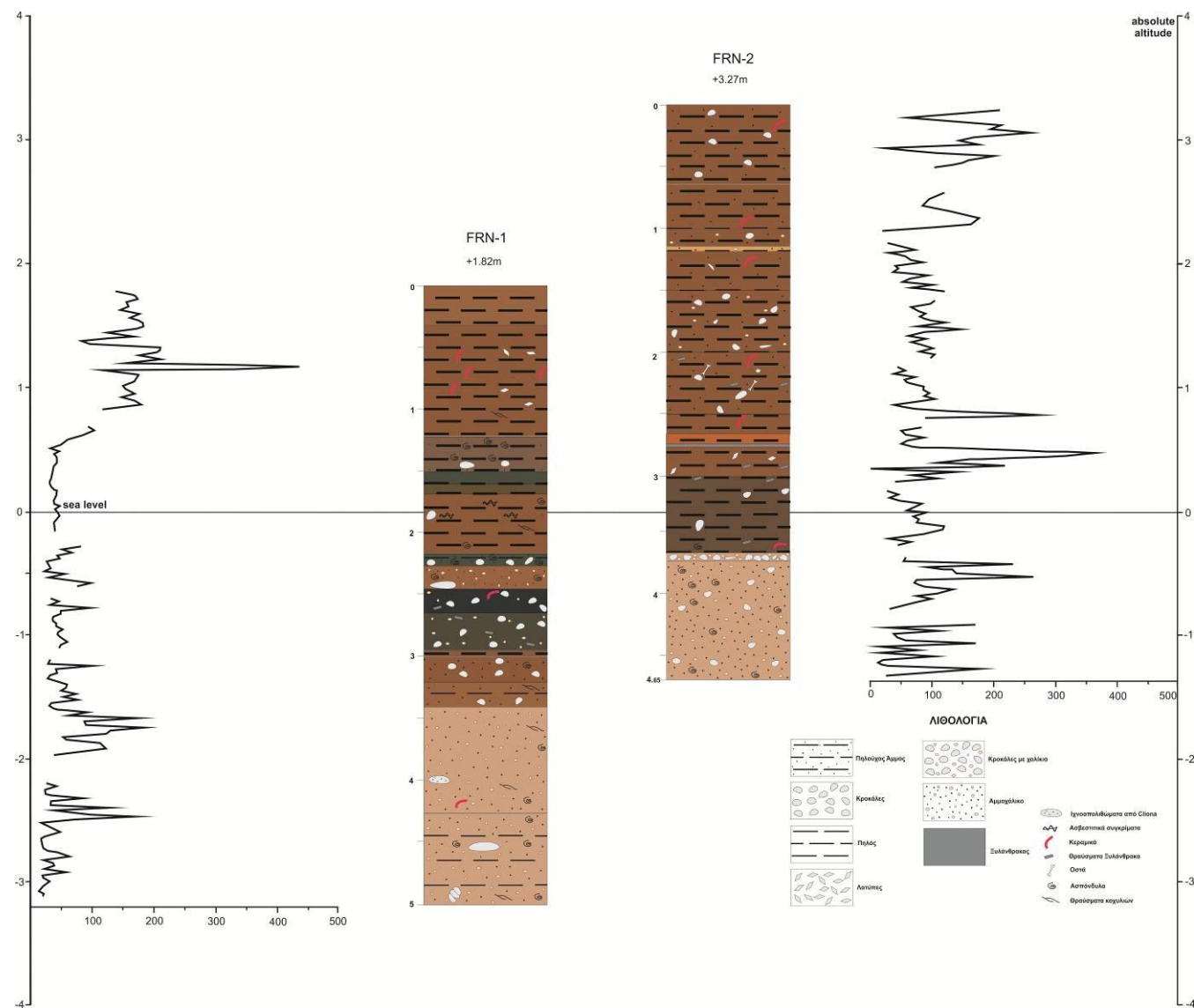
Επίσης στην ενότητα αυτή βρέθηκαν θραύσματα από *Trochus*, *Arca noae*, *Helix*, *Ostrea*, *Veneridae*, *Timoclea ovata*, *Brachidontes*, *Cardium*, *Abra*, *Venus verrucosa*, θραύσματα τμημάτων από *Echinus*, ολόκληρα άτομα από *Cerithium*, *Bittium*, και *Alvania cemex*. Με βάση τη λιθολογία συμπεραίνουμε ότι πρόκειται για χερσαίο περιβάλλον στο οποίο βρέθηκε πληθώρα υπολείμματος ανθρώπινης κατοίκησης.

Η δεύτερη ενότητα περιλαμβάνει άμμο, χαλίκι και αποστρογγυλεμένες κροκάλες. Το υλικό είναι παρόμοιο με το υλικό της σημερινής παράκτιας ζώνης. Στην ενότητα αυτή βρέθηκαν θραύσματα από *Trochus*, *Cerithium*, *Bittium*, *Patella*, *Veneridae*, *Alvania* κ.α., ολόκληρα άτομα από *Alvania cemex*, *Bittium*, *Alvania* που υποδηλώνουν θαλάσσιο-παράκτιο περιβάλλον. Επίσης, στα 3.95-4.00m βάθος εντοπίστηκαν θραύσματα ξυλάνθρακα και στα 4.60-4.65m βάθος βρέθηκαν θραύσματα από μισοκαμένα οστά που αποτελούν υπολείμματα από τον κοντινό ανθρώπινο οικισμό.

6.5 Διαγράμματα μαγνητικής επιδεκτικότητας

Στην εικόνα 27 απεικονίζονται οι τιμές της μαγνητικής επιδεκτικότητας που μετρήθηκαν για τους πυρήνες των γεωτρήσεων FRN-1 και FRN-2. Παρατηρείται ότι οι τιμές της μαγνητικής επιδεκτικότητας του πυρήνα της γεώτρησης FRN-1 είναι σχετικά υψηλές στα πρώτα στρώματα μέχρι το βάθος του ενός περίπου μέτρου. Στα στρώματα αυτά έχουν βρεθεί υπολείμματα κεραμικής, οπότε οι σχετικά υψηλές τιμές της μαγνητικής επιδεκτικότητας σχετίζονται με την ανθρώπινη κατοίκηση. Έπειτα παρατηρείται ότι οι τιμές μειώνονται αισθητά στα επόμενα στρώματα παρουσιάζοντας σχετικά αυξημένες τιμές στα παράκτια στρώματα όπου έχουν βρεθεί υπολείμματα κεραμικής και ξυλάνθρακα.

Οι τιμές της μαγνητικής επιδεκτικότητας του πυρήνα της γεώτρησης FRN-2 είναι υψηλές μέχρι το βάθος των 2,7 περίπου μέτρων, όπου βρέθηκαν ίχνη ανθρώπινης κατοίκησης (υπολείμματα κεραμικής και ξυλάνθρακα). Στα επόμενα στρώματα οι τιμές μειώνονται παρουσιάζοντας κάποιες μέγιστες τιμές σε στρώματα που έχουν βρεθεί ανθρωπογενή υλικά.



Εικόνα 27. Σχηματική απεικόνιση των στρωματογραφικών στηλών των γεωτρήσεων FRN-1 και FRN-2 σε σχέση με τα αντίστοιχα διαγράμματα της μαγνητικής επιδεκτικότητας.

6.6 Ερμηνεία ηλεκτρικών τομογραφιών

Στην περιοχή μελέτης πραγματοποιήθηκαν τέσσερις συνολικά ηλεκτρικές τομογραφίες, οι θέσεις των οποίων απεικονίζονται στο χάρτη της εικόνας 28.



Εικόνα 28. Χάρτης της περιοχής μελέτης, όπου απεικονίζονται οι θέσεις των ηλεκτρικών τομογραφιών ert-1, ert-2, ert-3 και ert-4.

Από την επεξεργασία των δεδομένων των ηλεκτρικών τομογραφιών προέκυψαν οι εικόνες 29-36 που απεικονίζουν την ειδική ηλεκτρική αντίσταση του υπεδάφους και τη λιθολογική/στρωματογραφική ερμηνεία για τις ηλεκτρικές τομογραφίες ert-1,2,3,4. Η συσχέτιση των λιθολογικών σχηματισμών με τις τιμές της

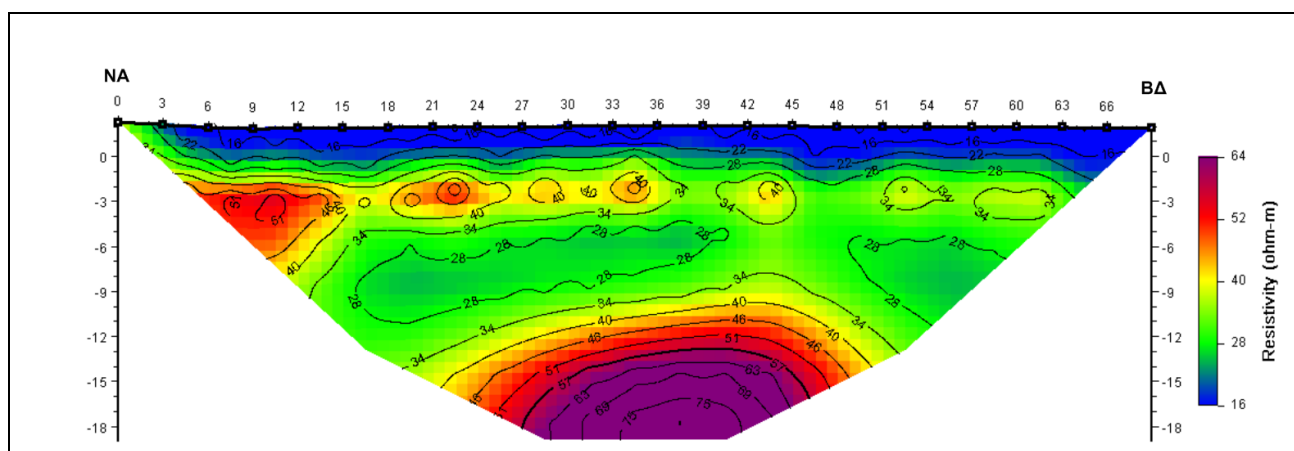
ηλεκτρικής αντίστασης πραγματοποιήθηκε με βάση τα δεδομένα της λιθολογίας των στρωμάτων των πυρήνων των γεωτρήσεων FRN-1 και FRN-2 (πίνακας 14).

Σχηματισμός	Εύρος αντίστασης (Ohm.m)
Αμμώχος άργιλος	16-28
Αργιλούχος άμμος	28-40
Αμμοχάλικο	>40

Πίνακας 14. Περιγραφή των τιμών της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης των σχηματισμών

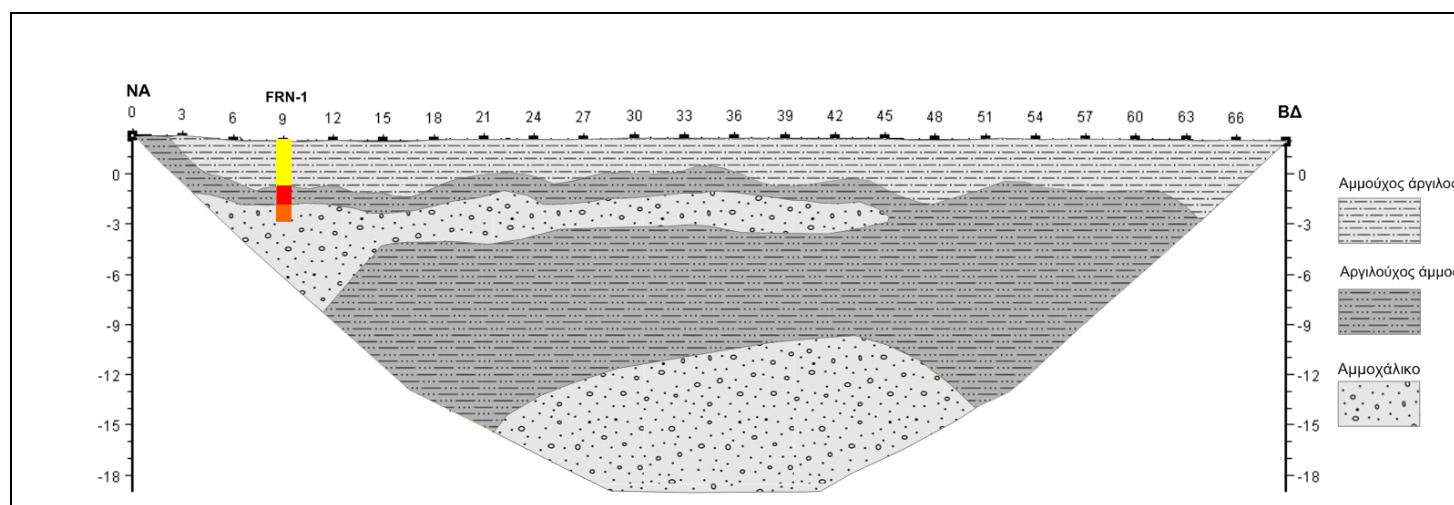
Ηλεκτρική τομογραφία ert-1

Στην τομή ert-1 έγινε χρήση 24 ηλεκτροδίων, με την μεταξύ τους απόσταση να ανέρχεται στα 3m και το μέγιστο βάθος να φτάνει τα 19m με προσανατολισμό ΝΑ-ΒΔ. Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας και ερμηνείας της τομής, η οποία λήφθηκε με διάταξη διπόλου-διπόλου, απεικονίζονται στην εικόνα 29, όπου οι αντιστάσεις παρουσιάζονται με κλίμακα ουράνιου τόξου και αποτυπώνονται τα βάθη σε απόλυτα υψόμετρα.



Εικόνα 29. Απεικόνιση της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης των σχηματισμών του υπεδάφους της τομογραφίας ert-1 στην περιοχή μελέτης.

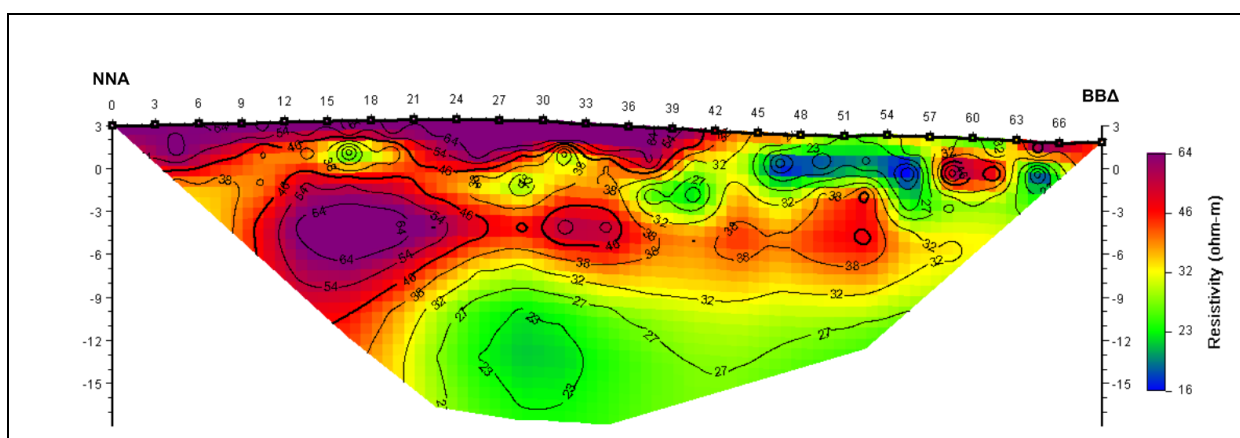
Η γενική εικόνα της τομής παρουσιάζει οριζόντια στρωματογραφία ως προς τις αντιστάσεις. Στην εικόνα 29 εμφανίζονται τέσσερις γεωηλεκτρικοί σχηματισμοί. Επιφανειακά με πάχος περίπου 2 μέτρα εμφανίζεται ένας σχηματισμός σχετικά χαμηλών αντιστάσεων οι οποίες αντιστοιχούν σε αμμούχους αργίλους. Στη συνέχεια στα κατώτερα στρώματα εμφανίζεται ένας πιο αδρόκοκκος σχηματισμός με αργιλούχους άμμους με αντιστάσεις 28-40 Ohm.m μέχρι το βάθος περίπου των 15m. Σε βάθος περίπου 3m παρεμβάλλεται ένα στρώμα υψηλών αντιστάσεων (> 40 Ohm.m) που αντιστοιχεί σε αμμοχάλικο και έχει πάχος περίπου 3m. Τέλος, από τα 15m βάθος μέχρι το μέγιστο βάθος της τομογραφίας εμφανίζεται ένας σχηματισμός με υψηλές αντιστάσεις που αντιστοιχεί σε αμμοχάλικο.



Εικόνα 30. Απεικόνιση της στρωματογραφικής/λιθολογικής ερμηνείας της τομογραφίας ert-1 στην περιοχή μελέτης.

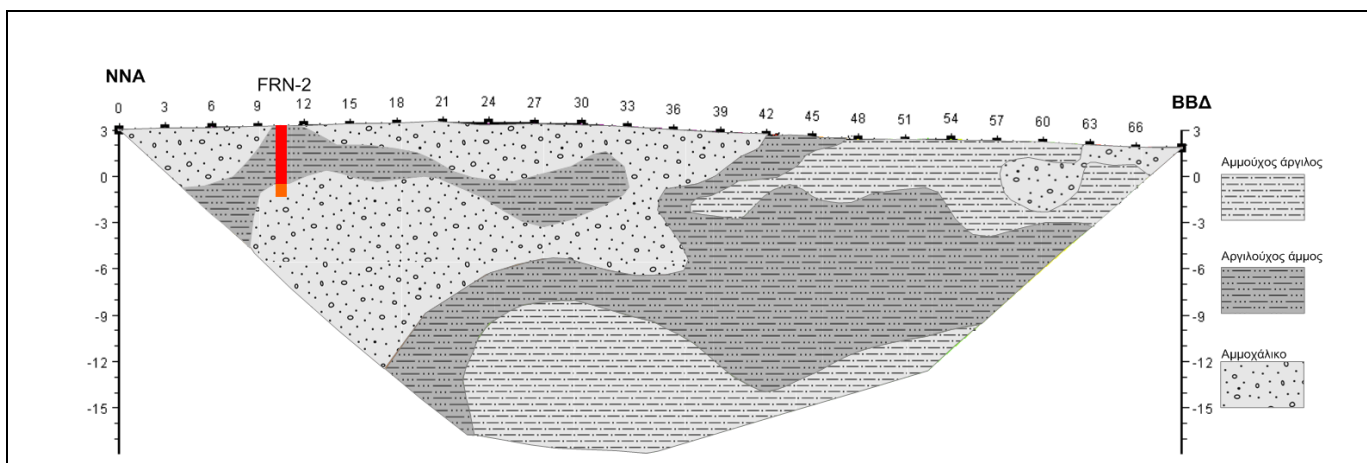
Ηλεκτρική τομογραφία ert-2

Στην τομή ert-2 έγινε χρήση 24 ηλεκτροδίων, με την μεταξύ τους απόσταση να ανέρχεται στα 3m και το μέγιστο βάθος να φτάνει τα 19m με προσανατολισμό NNA-BBA. Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας και ερμηνείας της τομής, η οποία λήφθηκε με διάταξη διπόλου-διπόλου, απεικονίζονται στην εικόνα 31, όπου οι αντιστάσεις παρουσιάζονται με κλίμακα ουράνιου τόξου και αποτυπώνονται τα βάθη σε απόλυτα υψόμετρα.



Εικόνα 31. Απεικόνιση της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης των σχηματισμών του υπεδάφους της τομογραφίας ert-2 στην περιοχή μελέτης.

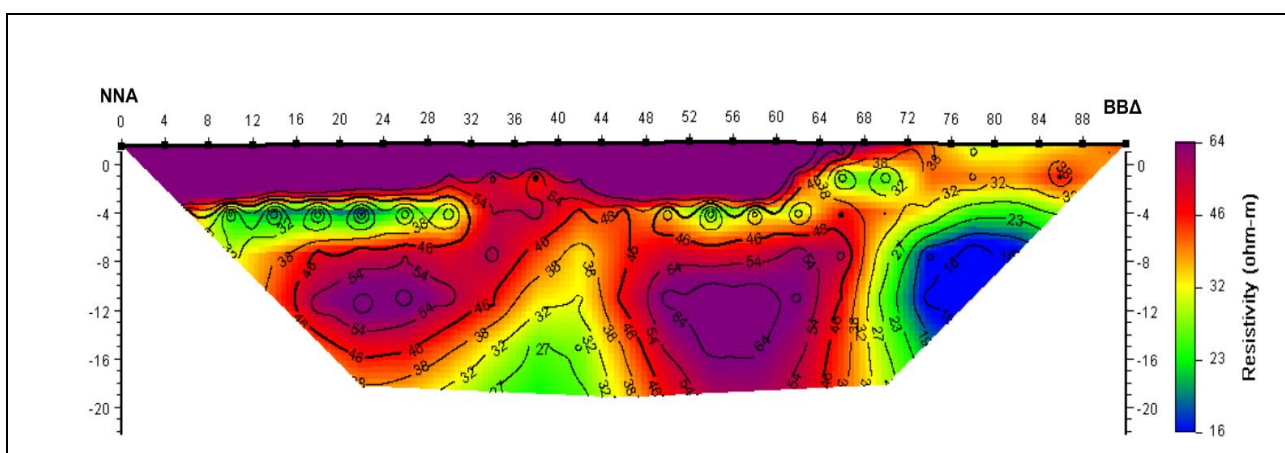
Στα πρώτα μέτρα στο οριζόντιο επίπεδο (0-42m) της τομής στα ανώτερα στρώματα παρατηρείται ένα στρώμα με υψηλές αντιστάσεις που αντιστοιχεί σε αμμοχάλικο να διακόπτεται από ένα στρώμα με ενδιάμεσες αντιστάσεις που αντιστοιχεί σε αργιλούχους άμμους. Στα 42-48m επιφανειακά εμφανίζεται ένα στρώμα με ενδιάμεσες αντιστάσεις που αντιστοιχεί σε αργιλούχους άμμους. Στη συνέχεια (48-69m) εμφανίζεται ένα στρώμα με σχετικά χαμηλές αντιστάσεις και πάχος περίπου 5m που αντιστοιχεί σε αμμώχους αργίλους και διακόπτεται από ένα στρώμα υψηλών αντιστάσεων που αντιστοιχεί σε αμμοχάλικο. Σε βαθύτερα στρώματα συναντώνται σχετικά χαμηλές αντιστάσεις.



Εικόνα 32. Απεικόνιση της στρωματογραφικής/λιθολογικής ερμηνείας της τομογραφίας ert-2 στην περιοχή μελέτης.

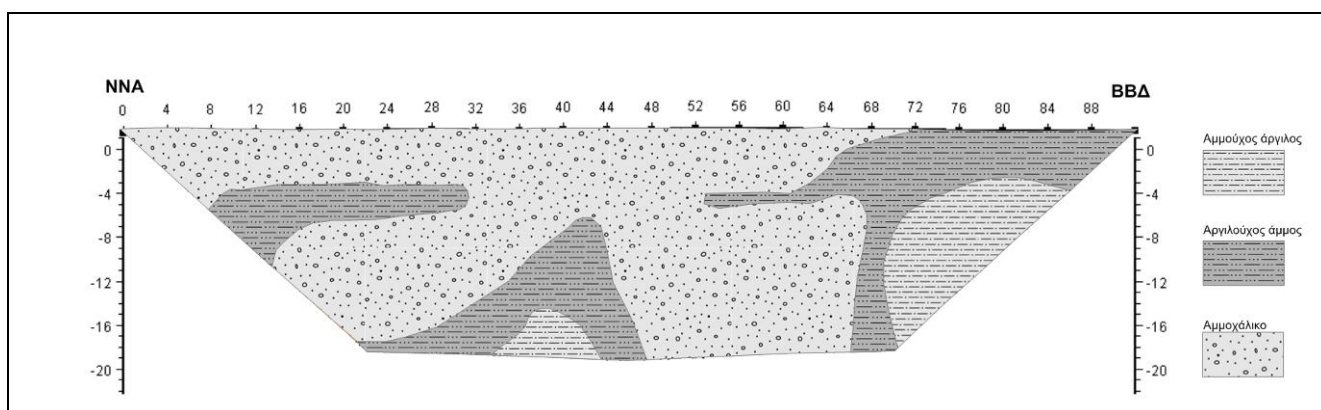
Ηλεκτρική τομογραφία ert-3

Στην τομή ert-3 έγινε χρήση 24 ηλεκτροδίων, με την μεταξύ τους απόσταση να ανέρχεται στα 4m και το μέγιστο βάθος να φτάνει τα 19m με προσανατολισμό NNA-BBA. Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας και ερμηνείας της τομής, η οποία λήφθηκε με διάταξη διπόλου-διπόλου, απεικονίζονται στην εικόνα 33, όπου οι αντιστάσεις παρουσιάζονται με κλίμακα ουράνιου τόξου και αποτυπώνονται τα βάθη σε απόλυτα υψόμετρα.



Εικόνα 33. Απεικόνιση της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης των σχηματισμών του υπεδάφους της τομογραφίας ert-3 στην περιοχή μελέτης.

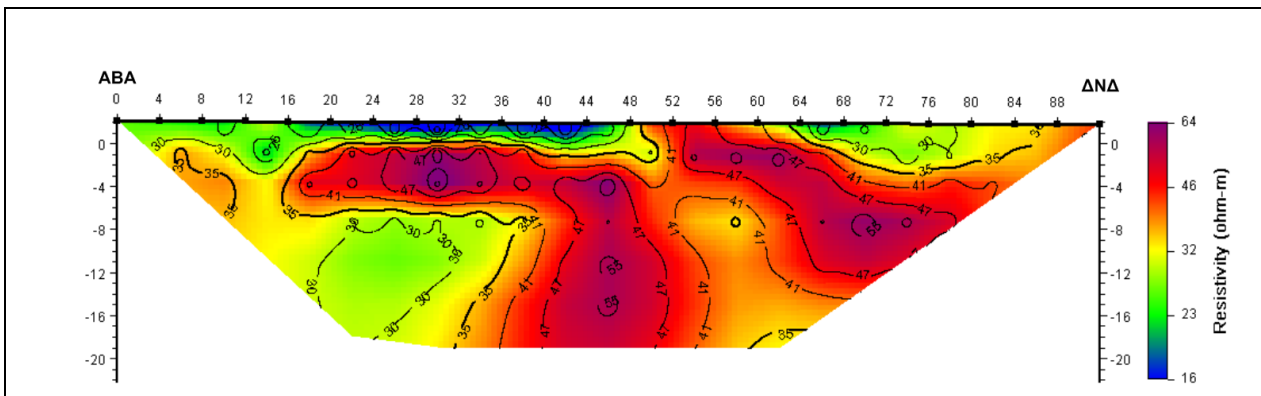
Στην εικόνα 33 στα ανώτερα στρώματα παρατηρούνται υψηλές αντιστάσεις που αντιστοιχούν σε αμμοχάλικο με οριζόντια στρωμάτωση. Σε βαθύτερα στρώματα παρατηρούνται θόλοι υψηλών αντιστάσεων που μεταπίπτουν σε στρώματα με ενδιάμεσες έως σχετικά χαμηλές αντιστάσεις, που αντιπροσωπεύουν αργιλόχους άμμους και αμμούχους αργίλους και πιθανότατα αντιστοιχούν σε ολοκαινικές ποτάμιες παλαιοκοίτες. Η τομογραφία αυτή πραγματοποιήθηκε κοντά στη θάλασσα από τις τιμές της ηλεκτρικής αντίστασης που μετρήθηκαν δεν παρατηρείται η παρουσία αλμυρού νερού.



Εικόνα 34. Απεικόνιση της στρωματογραφικής/λιθολογικής ερμηνείας της τομογραφίας ert-3 στην περιοχή μελέτης.

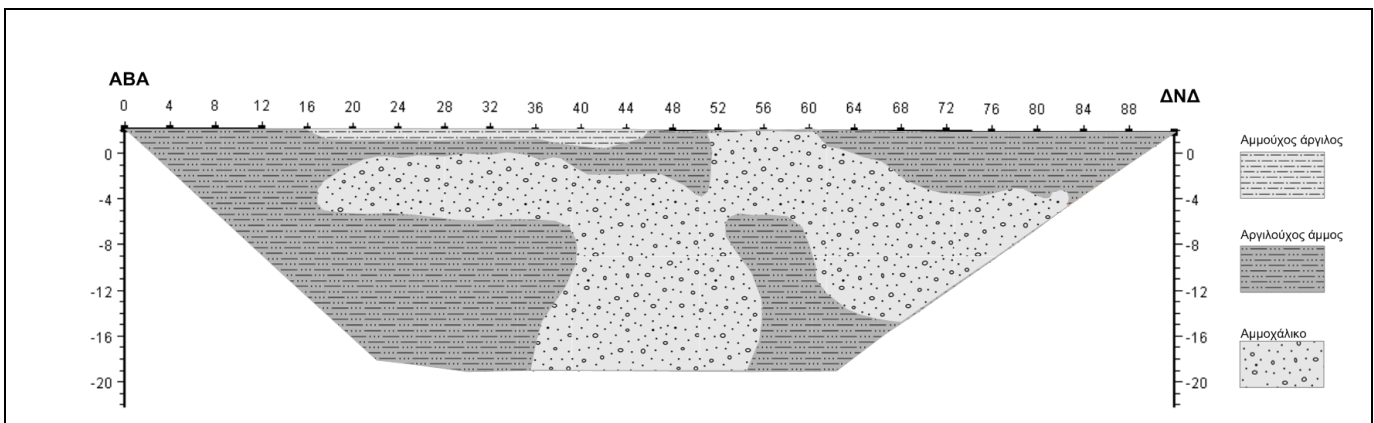
Ηλεκτρική τομογραφία ert-4

Στην τομή ert-4 έγινε χρήση 24 ηλεκτροδίων, με την μεταξύ τους απόσταση να ανέρχεται στα 4m και το μέγιστο βάθος να φτάνει τα 19m με προσανατολισμό ABA-ΔΝΔ. Τα αποτελέσματα της επεξεργασίας και ερμηνείας της τομής, η οποία λήφθηκε με διάταξη διπόλου-διπόλου, απεικονίζονται στην εικόνα 35, όπου οι αντιστάσεις παρουσιάζονται με κλίμακα συράνιου τόξου και αποτυπώνονται τα βάθη σε απόλυτα υψόμετρα.



Εικόνα 35. Απεικόνιση της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης των σχηματισμών του υπεδάφους της τομογραφίας ert-4 στην περιοχή μελέτης.

Στην εικόνα 35 απεικονίζεται επιφανειακά ένα στρώμα με σχετικά χαμηλές αντιστάσεις που αντιπροσωπεύει αμμούχους αργίλους και έχει πάχος περίπου 1m. Στα βαθύτερα στρώματα οι τιμές των αντιστάσεων αυξάνονται και αντιστοιχούν σε σχηματισμούς αργιλόχων άμμων. Επίσης, παρατηρούνται θόλοι υψηλών αντιστάσεων που αντιστοιχούν σε αμμοχάλικο και πιθανότατα αντιπροσωπεύουν ολοκαινικές ποτάμιες παλαιοκοίτες.



Εικόνα 36. Απεικόνιση της στρωματογραφικής/λιθολογικής ερμηνείας της τομογραφίας ert-4 στην περιοχή μελέτης.

7. Συμπεράσματα-Συζήτηση

Στην ευρύτερη περιοχή του προϊστορικού οικισμού Φούρνοι στην παραλία των Ραχών του δήμου Στυλίδας του νομού Φθιώτιδας διενεργήθηκε γεωμορφολογική-παλαιοπεριβαλλοντική μελέτη.

Κατά τη γεωμορφολογική έρευνα στην περιοχή εντοπίστηκαν ακτόλιθοι σε πολλά σημεία κατά μήκος της ακτογραμμής. Επίσης, εντοπίστηκαν οπές από *Lithophaga* σε ύψη 1,1 και 0.8 m πάνω από τη στάθμη της θάλασσας που αποδεικνύουν ότι η περιοχή μελέτης βρίσκεται σε καθεστώς ανοδικών κινήσεων.

Από την ανάλυση του μορφολογικού αναγλύφου προέκυψε ότι το ανάγλυφο της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται πεδινό στη μεγαλύτερη του έκταση με κλίσεις που κυμαίνονται μεταξύ 0° - 2° στο παράκτιο κυρίως τμήμα και αντιπροσωπεύουν περιοχές με επίπεδο έως ελαφρά κεκλιμένο ανάγλυφο. Οι χαμηλές τιμές κλίσεων και η απουσία υδρογραφικού δικτύου συντελούν στο συμπέρασμα ότι το υπόβαθρο της περιοχής μελέτης είναι καρστικό.

Με βάση τα δεδομένα της λιθολογίας και της παλαιοπανίδας, τα οποία προέκυψαν από τις δύο δειγματοληπτικές γετρήσεις FRN-1 και FRN-2 τα στρώματα χωρίστηκαν σε παλαιοπεριβαλλοντικές ενότητες. Για τη γεώτρηση FRN-1 τα στρώματα χωρίστηκαν στις παρακάτω παλαιοπεριβαλλοντικές ενότητες (από τα νεότερα προς τα παλαιότερα): χερσαίο περιβάλλον (0.00-1.22m), περιβάλλον αβαθούς κόλπου-ρηχής λαγκούνας (1.22-2.95m), θαλάσσιο-παράκτιο περιβάλλον (2.95-5.00m) και αντιστοίχως για τη γεώτρηση FRN-2 στις παρακάτω ενότητες: χερσαίο περιβάλλον (0.00-3.63m) και θαλάσσιο-παράκτιο περιβάλλον (3.63-4.65m). Συμπεραίνεται ότι τα ανθρωπογενή υλικά τοποθετούνται πάνω από τα παράκτια υλικά στην περιοχή μελέτης.

Οι μετρήσεις της μαγνητικής επιδεκτικότητας που πραγματοποιήθηκαν κατά μήκος των πυρήνων των γεωτρήσεων FRN-1 και FRN-2 βρίσκονται σε συμφωνία με τα δεδομένα που προέκυψαν από τη στρωματογραφική ανάλυση. Οι τιμές της

μαγνητικής επιδεκτικότητας του πυρήνα της γεώτρησης FRN-1 είναι σχετικά υψηλές μέχρι το βάθος του ενός περίπου μέτρου όπου έχουν βρεθεί υπολείμματα κεραμικής. Το στρώμα αυτό με τις υψηλές τιμές μαγνητικής επιδεκτικότητας πιθανότατα να σχετίζεται με το στρώμα κατοίκησης. Στα επόμενα στρώματα οι τιμές μειώνονται αισθητά παρουσιάζοντας κάποιες αυξημένες τιμές σε στρώματα όπου έχουν βρεθεί ανθρωπογενή υλικά. Οι υψηλές αυτές τιμές της μαγνητικής επιδεκτικότητας στα κατώτερα παράκτια στρώματα πιθανότατα να σχετίζονται και με την παρουσία οφειόλιθων. Για τον πυρήνα της γεώτρησης FRN-2, οι τιμές της μαγνητικής επιδεκτικότητας είναι υψηλές μέχρι το βάθος των 2.7 περίπου μέτρων, όπου βρέθηκαν υπολείμματα κεραμικής και ξυλάνθρακα. Στα 2.74-2.76 m παρουσιάζεται μέγιστη τιμή της μαγνητικής επιδεκτικότητας σε ένα στρώμα ξυλάνθρακα που αντιστοιχεί σε ένα στρώμα καταστροφής.

Τα δεδομένα που προέκυψαν από τις ηλεκτρικές τομογραφίες ert-1, ert-2, ert-3, ert-4 συσχετίστηκαν με τα δεδομένα των πυρήνων από τις δειγματοληπτικές γεωτρήσεις FRN-1 και FRN-2 παρέχοντας τη δυνατότητα μιας σχετικά ολοκληρωμένης εικόνας των σχηματισμών του υπεδάφους. Έτσι, διαπιστώθηκε ότι στην περιοχή συναντώνται σχηματισμοί όπως αμμώχοι άργιλοι, αργιλούχοι άμμοι και αμμοχάλικα.. Από τις υψηλές τιμές της ηλεκτρικής αντίστασης διαπιστώθηκε η απουσία αλμυρού νερού στο υπέδαφος πλησίον της θάλασσας, το οποίο επιβεβαιώνεται από την ύπαρξη πηγαδιού γλυκού νερού που φτάνει σε βάθος περίπου τα 15m στην περιοχή μελέτης. Επιπλέον, στις ηλεκτρικές τομογραφίες ert-3 και ert-4 στα βαθύτερα στρώματα παρατηρούνται φακοί υψηλών αντιστάσεων που πιθανόν να αντιπροσωπεύουν ολοκαινικές ποτάμιες παλαιοκοίτες.

Βιβλιογραφία

Ελληνική Βιβλιογραφία

Αηδονά, Ε., 2002. Παλαιομαγνητικές και μαγνητικές ιδιότητες ιζημάτων και υποβάθρου σε πυρήνες γεωτρήσεων από τον Β. Ελλαδικό χώρο: Συμβολή στη διερεύνηση των συνθηκών διαγένεσης. Διδακτορική Διατριβή, Τμήματος Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Γαλανάκης, Δ., 1997. Νεοτεκτονική δομή και στρωματογραφία των νεογενών-τεταρτογενών ιζημάτων της λεκάνης του Αλμυρού- Παγασητικού, Πηλίου, Διαύλου Ωρεών- Τρικερίου και Μαλιακού. Διδακτορική Διατριβή, Τμήματος Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Γ.Υ.Σ. Τοπογραφικός χάρτης της Ελλάδας, 1:5000. Κεντρικό φύλλο Πελασγία.

Δεργιανλή, Α., 2013. Γεωμορφολογική έρευνα στον αρχαιολογικό χώρο “Αστέρια” Μακρακώμης Φθιώτιδας. Διατριβή Ειδίκευσης, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Δερμιτζάκης Μ., Μιχαήλ Χ., Μπασιάκος Γ., Τριπολιτσιώτου Φ., 1993. Συμβολή στη χρονολόγηση σύγχρονων ψηφιδοπαγών αιγιαλών (Beach rocks) διά της μεθόδου της θερμοφωταύγειας. Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας και Αλιείας, 257 – 259.

Θεοδωρακοπούλου, Α., 2009. Η επίδραση των περιβαλλοντικών συνθηκών στην παλαιογεωγραφική εξέλιξη αρχαιολογικών θέσεων και στη διατήρηση των κατάλοιπων αυτών. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Ι.Γ.Μ.Ε., 1957. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, 1:50.000. Φύλλο Μύλοι.

Καλπάκη, Μ., 2009. Μορφολογικές μεταβολές στο Δέλτα του ποταμού Έβρου κατά τον εικοστό αιώνα. Διπλωματική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Κακαβάς Ν., 1984. Υδρολογικό ισοζύγιο της λεκάνης απορροής του Σπερχειού ποταμού. Διδακτορική Διατριβή. Ι.Γ.Μ.Ε. Αθήνα.

Καρκάνας, Π., 2010. Εισαγωγή στη Γεωαρχαιολογία. Εκδόσεις Νεφέλη, Αθήνα.

Κούλας, Ν., 2004. Φυσικό περιβάλλον και στοιχεία διαχείρισης του χειμάρρου Οlynθίου της Χαλκιδικής. Διατριβή ειδίκευσης, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Μουντράκης, Δ., 1985. Γεωλογία της Ελλάδος, University studio press, Θεσσαλονίκη.

Παράσχου, Θ., 2005. Η γεωμορφολογική εξέλιξη της κοιλάδας Ίναχου ποταμού της Φθιώτιδας, παραπόταμου του Σπερχειού ποταμού. Διατριβή ειδίκευσης, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Παπακωνσταντίνου, Μ.-Φ., 1995. Ανασκαφικές Εργασίες: Ράχες, θέση Φούρνοι. Αρχαιολογικό Δελτίο 44 1989 (1995), Β' 1, Χρονικά, 169-170.

Πεχλιβανίδου, Σ., 2007. Η γεωμορφολογία της νήσου Σκύρου και η επίδραση της στις χρήσεις γης. Διατριβή ειδίκευσης, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Πεχλιβανίδου, Σ., 2012. Ιζηματολογικά και φυσικογεωγραφικά μοντέλα ανάπτυξης Ολοκαινικών Δελταϊκών ακολουθιών στην κοιλάδα του Σπερχειού ποταμού. Διδακτορική Διατριβή, Τμήματος Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Πριφτή, Μ., 2010. Διερεύνηση των παραγόντων εδαφογένεσης που επηρεάζουν τη μαγνητική επιδεκτικότητα (χ) εδαφών της τάξεως των alfisols και ηφαιστειακών εδαφών που αναπτύσσονται εκτός του ηφαιστειακού τόξου του Ν. Αιγαίου. Διατριβή Ειδίκευσης, Γεωπονικού Πανεπιστημίου Αθηνών.

Ρεϊζοπούλου, Α., 2009. Μορφολογικές μεταβολές στις εσωτερικές λεκάνες της πεδιάδας της Μακεδονίας και οι αλλαγές των επιφανειακών υδάτων σε αυτές κατά τον 20ο αιώνα. Διπλωματική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Σακκάς, Δ., 2005. Η Ύστερη Εποχή του Χαλκού στην κοιλάδα του Σπερχειού επί τη βάσει της κεραμικής. 3ο Συνέδριο Φθιωτικής ιστορίας, Λαμία.

Σιμυρδάνης, Κ., 2009. Πειραματική μελέτη ηλεκτρικής τομογραφίας με ηλεκτρόδια σε γεωτρήσεις. Διατριβή Ειδίκευσης, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Ψωμιάδης, Δ., 2011. Παλαιοπεριβαλλοντικές και ιζηματολογικές συνθήκες σχηματισμού των ακτόλιθων (ψηφιδοπαγών αιγιαλών) του Βορειο-Αιγαίου χώρου. Διδακτορική Διατριβή, Τμήματος Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.

Ψωμιάδης, Ε., 2010. Έρευνα γεωμορφολογικών και περιβαλλοντικών μεταβολών στην υδρολογική λεκάνη του Σπερχειού ποταμού με χρήση νέων τεχνολογιών. Διδακτορική Διατριβή, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Aidona, E., Sarris, A., Kondopoulou, D. and Sanakis, Y., 2001. Application of Magnetic and Spectrometry Methods in the Detection of Human Activity in Soils: A Case Study in the Archaeological Site of Kitros (N. Greece), *Archaeological Prospection*, 8, 187-198.

Athanasίου, E., Tsourlos, P., Papazachos, C., Tsokas, G., 2007, Combined weighted inversion of electrical resistivity data arising from different array types: *Journal of applied geophysics*, 62 (2), 124-140.

Bezerra F.H.R., Lima-Filho F.P., Amaral R.F., Caldas L.H.O., Costa-Neto L.X., 1998. Holocene coastal tectonics. In: Stewart I.S., Vita-Finzi C. (eds.), *Coastal Tectonics*. Special Publication, vol. 146. Geological Society, London, 279-293.

Bricker O.P., 1971. Introduction: beachrock and intertidal cement. In: Bricker, O.P. (ed.), *Carbonate Cements*. Johns Hopkins Press, Baltimore, 1-13.

Constable, C., Parker, L. & Constable, G., 1987. Occam's Inversion: a practical algorithm for generating smooth models from EM sounding data, *Geophysics*, 52, 289-300.

Demek, J., 1972 (Ed.). *Manual of detailed geomorphological mapping*. Academia, Prague, 344.

Dearing, J.A., 1994. Environmental Magnetic Susceptibility- Using Bartington MS2 System.

Dikau, R., 1989. The application of a digital relief model to landform analysis in geomorphology. In Raper, J. (Ed.): *Three Dimensional Application in Geographic Information Systems*, 51-77.

Fine, P., Singer, M.J., La Ven, R., Verosub, K., 1992. The use of magnetic susceptibility measurements in assessing soil uniformity in chronosequence studies. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 56. 1195-1199.

Fontes, M.P.F., de Oliveira, T.S., da Costa, L.M., Campos, A.A.G., 2000. Magnetic separation and evaluation of magnetization of Brazilian soils from different parent materials. *Geoderma* 96, 81-99.

Ghilardi, M., Colletti, M., Pavlopoulos, K., Fachard, S., Psomiadis, D., Rochette, P., Demory, F., Knodell, A., Triantaphyllou, M., Delanghe-Sabatier, D., Bicket, A., Fleury, J., 2013. Geoarchaeology of Ancient Aulis (Boeotia, Central Greece): human occupation and Holocene landscape changes. *Journal of Archaeological Science* 40, 2071-2083

Hope-Simpson, R. & Dickinson, K., 1979. A Gazetteer of Aegean Civilization in the Bronze Age. Vol. I: The Mainland and Islands (Studies in Mediterranean Archaeology LII), Goteborg: Paul Astroms Forlag.

Hourmouziadis, G., 1973. Archaeologikon Deltion 29, Chronika, 518. (in Greek).

Kellettat D., 2006. Beachrock as sea-level indicator? Remarks from a geomorphological point of view. Journal of Coastal Research 22 (6), 1555–1564.

Kim J-H, 2010. Dc2Dpro - 2D Inversion of ERT data. User's Manual, KIGAM, Korea.

Lu, S.G. 2000. Lithological factors affecting magnetic susceptibility of subtropical soils, Zhejing, China. Catena 40, 359-373.

Maher, B.A., 1986. Characterization of soils by mineral magnetic measurements. Phys. Earth Planet. Inter. 42, 76-92.

Maher, B.A., Alekseev A. and Alekseeva T., 2003. Magnetic mineralogy of soils across the Russian Steppe: climatic dependence of pedogenic magnetite formation. Palaeogeogr., Palaeoclimatol., palaeocol. 201. 321-341.

Milliman J.D., 1974. Marine Carbonates. Springer-Verlag, Berlin. 375.

Mullins, C.E., 1977, Magnetic susceptibility of the soil and its significance in soil science-a review, J.Soil. Sci., Vol. 28, 223-246.

Papakonstantinou, M-F & Penttinen, A., 2013. The Makrakomi archaeological Landscape Project (MALP), A preliminary report on investigations carried out in 2010-2012, Introduction to the programme and its aims. Opuscula no. 6.

Pavlopoulos, K., Triantaphyllou, M., Karkanias, P., Kouli, K., Syrides, G., Vouvalidis, K., Palyvos, N., Tsourou, T., 2010. Paleoenvironment evolution and prehistoric human environment, in the embayment of Palamari (Skyros Island, Greece) during Middle-Late Holocene. Quaternary International 216, 41-53.

Pechlivanidou, S., Vouvalidis, K., Løvlie, R., Nesje, A., Albanakis, K., Pennos, Ch. and Syrides, G., 2014. A multi-proxy reconstruction of the Holocene sedimentary environments in fluvio-deltaic deposits from the Sperchios plain, central Greece, Vol. 24(12), 1825–1839.

Ramsay P.J., Cooper J.A.G., 2002. Late Quaternary sea level changes in South Africa. Quaternary Research 57, 82–90.

Renfrew, C. 1976. Archaeology and the earth sciences, in Geoarchaeology: Earth science and the past, Davidson D and Shackley M (eds), Boulder, 1-5.

Russell R.J., 1963. Beach rock. Journal of Tropical Geography 17, 24–27.

Sadiki A., Faleh A., Navas A., Bouhlassa S., 2009. Using magnetic susceptibility to assess soil degradation in the Eastern Rif, Morocco, *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 34 (15), 2057-2069.

Schiffer, M.B., 1987. *Site formation Processes of the Archaeological Record*. Albuquerque: Arkansas Archaeological Survey.

Singer, M.J. Fine P., 1989. Pedogenic factors affecting magnetic susceptibility of Northern California soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 53. 1119-1127.

Syrides, G., 2008. Marine mollusk fauna and Holocene stratigraphy of the marsh of Agia Paraskevi, (Lamia, Fthiotida) Greece. *Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας*; Τόμ. 42, Αρ. 1, 1-14.

Tatumi S.H., Kowata E.A., Gozzi G., Kassab L.R.P., Suguio K., Barreto A.M.F., Bezerra F.H.R., 2003. Optical dating results of beachrock, eolic dunes and sediments applied to sea-level changes study. *Journal of Luminescence* 102–103, 562–565.

Thompson R. & Olfield F., 1986. *Environmental magnetism*, Allen & Unwin, London.

Tsourlos, P.I., Szymanski, J.E., Tsokas, G.N., 1998. A smoothness constrained algorithm For the fast 2-D inversion of DC resistivity and induced polarization data. *J. Balkan Geophys. Soc.* 1, 3–13.

Tsourlos, P. & Ogilvy R., 1999. An algorithm for the 3-D Inversion of Tomographic Resistivity and Induced Polarisation data: Preliminary Results. *Journal of the Balkan Geophysical Society*, 2, 30-45.

Tsourlos, P., Ogilvy R., Meldrum P. & Williams G., 2003. Time-lapse Monitoring in Single Boreholes Using Electrical Resistivity Tomography. *Journal of Environmental and Engineering Geophysics*. 8, 1-14.

Vianna M.L., Cabral A.P., Gherardi D.F.M., 1993. TM-Landsat imagery applied to study of the impact of global climate change on a tropical coastal environment during the last deglaciation. *International Journal of Remote Sensing* 14, 2971–2983.

Vieira M.M., Ros L.F.d., 2006. Cementation patterns and genetic implications of Holocene beachrocks from northeastern Brazil. *Sedimentary Geology* 192 (3–4), 207–230.

Vouvalidis, K., Syrides, G., Pavlopoulos, K., Papakonstantinou, M., Tsourlos, P., 2010a. Holocene palaeoenvironmental changes in Agia Paraskevi prehistoric settlement, Lamia, Central Greece. *Quaternary International* 216, 64-74.

Vouvalidis, K., Syrides, G., Pavlopoulos, K., Pechlivanidou, S., Tsourlos, P., Papakonstantinou, M.-F. 2010b. Palaeogeographical reconstruction of the battle terrain in ancient Thermopylae, Greece. *Geodynamica Acta*, 23/5-6, 241-253.

Yaltirak C., Sakinc M., Aksu A.E., Hiscott R.N., Galleb B., Ulgen U.B., 2002. Late Pleistocene uplift history along the southwestern Marmara Sea determined from raised coastal deposits and global sea-level variations. *Marine Geology* 190 (1–2), 283–305.

Zamani A. & Maroukian H., 1979. A morphological study of an old delta of the Spercheios River. VI Colloquium on the geology of the Aegean Region, *Proceedings*, 417-423, Athens.

Πηγές από το διαδίκτυο

<http://www.geodata.gov.gr>

<http://www.bartington.com/>

<http://www.eeescience.utoledo.edu>

