

## ΠΑΛΑΙΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ ΑΛΥΚΑΝΑ ΖΑΚΥΝΘΟΥ (ΔΥΤΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ) ΚΑΤΑ ΤΟ ΑΝΩΤΕΡΟ ΟΛΟΚΑΙΝΟ

Βουβαλίδης Κωνσταντίνος<sup>1</sup>, Συρίδης Γεώργιος<sup>1</sup>, Σκοβολάς Σεραφεΐμ<sup>2</sup>,  
Βερικίου – Παπασπυριδάκου Ευθυμία<sup>3</sup>, Σταματόπουλος Λεωνίδα<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ., vouval@geo.auth.gr

<sup>2</sup> Γεωλόγος, Μελετητής, Αθήνα

<sup>3</sup> Τομέας Γεωγραφίας & Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

<sup>4</sup> Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών

### Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της γεωμορφολογικής, στρωματογραφικής, παλαιοντολογικής έρευνας που πραγματοποιήθηκε στο ανατολικό τμήμα της παράκτιας ζώνης του Αλυκανά στη νήσο Ζάκυνθο. Σκοπός της έρευνας αυτής είναι η παλαιογεωγραφική εξέλιξη της παράκτιας ζώνης κατά το ανώτερο Ολόκαινο. Μελετήθηκαν οι συνθήκες του παλαιοπεριβάλλοντος στην παράκτια ζώνη, οι γεωμορφολογικές διεργασίες που έλαβαν χώρα στο χαμηλό τμήμα της υδρολογικής λεκάνης και της παράκτιας ζώνης, η μορφολογία της ακτογραμμής και τέλος με την ραδιοχρονολόγηση κελυφών απολιθωμένων μαλακίων προσδιορίστηκε η ηλικία των παράκτιων αποθετικών σχηματισμών. Οι παράκτιες αμμοθίνες που αποτελούν τις κυρίαρχες γεωμορφές δημιουργήθηκαν από την μεταφορά και απόθεση της άμμου από τον άνεμο προς το εσωτερικό της ξηράς. Η έναρξη αυτής της αποθετικής διεργασίας ήταν συνεχής για τα τελευταία 4.630 με 4.200 χρόνια. Η μετατόπιση της ακτογραμμής στην περιοχή μελέτης δείχνει να επηρεάσθηκε μόνο από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και τις διαβρωτικές διεργασίες που προκαλεί η διαμόρφωση ενός νέου προφίλ ισορροπίας της ακτής. Η παρουσία ακτόλιθου σε βάθος 0,8m και σε απόσταση 20m περίπου από τη σημερινή ακτογραμμή υποδηλώνει την παλαιά της θέση πριν από 1.950-1.630 χρόνια από σήμερα.

## PALAEOGEOGRAPHICAL RESEARCH IN THE COASTAL ZONE OF ALIKANAS, ZANTE ISL. (W. GREECE) DURING UPPER HOLOCENE

Vouvalidis Konstantinos<sup>1</sup>, Syrides Georgios<sup>1</sup>, Skovolias Serafim<sup>2</sup>,  
Verikiou-Papaspiridakou Efthimia<sup>3</sup>, Stamatopoulos Leonidas<sup>4</sup>

<sup>1</sup> School of Geology, Aristotle Univ. of Thessaloniki, vouval@geo.auth.gr

<sup>2</sup> Geologist, Athens

<sup>3</sup> Department of Geography & Climatology, Faculty of Geology & Geoenvironment, National & Kapodistrian University of Athens

<sup>4</sup> School of Geology, University of Patras

### Abstract

In this paper, the results of geomorphological, stratigraphical, and palaeontological research in the eastern part of Alikanas coastal area in the island of Zakynthos are presented. The aim of this research concerns the palaeogeographical evolution of the coastal zone during the upper Holocene. For this reason, the palaeoenvironmental conditions in the coastal area, the fluvial processes in the lower part of the drainage basin of the hinterland and the shore zone morphology and migration has been studied. Also, radiocarbon dating of mollusc shells was used in order to estimate the age of the coastal sedimentary formations. The coastal dunes are the dominant landforms in the coastal zone, while the associated Aeolian processes proved to be continuous for the past 4,630 – 4,200 years. The coastal retreat in the area was affected only by the sea level rise, while the erosional processes followed the formation of a new beach profile undergoing different morphodynamic conditions. The presence of a submerged (-0.80m) beach-rock at a 20 m

distance seawards is the main evidence that a former coastline was in that position before 1,950-1,630 years.

**Λέξεις κλειδιά:** Ακτογραμμή, Ολόκαινο, Στρωματογραφία, Ιόνιο πέλαγος  
**Key words:** Coastline, Holocene, Stratigraphy, Ionian Sea

## 1. Εισαγωγή

Η παράκτια ζώνη Αλυκανά βρίσκεται στο βόρειο άκρο του χαμηλού πεδινού τμήματος της Νήσου Ζακύνθου (Σχήμα 1.1) και μορφολογικά χωρίζεται σε δύο επιμέρους τμήματα. Το πρώτο στα δυτικά στο οποίο βρίσκονται σήμερα οι αλυκές του Αλυκανά και το δεύτερο στα ανατολικά της παράκτιας ζώνης το οποίο χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη παράκτιων θινών σε πλάτος μεγαλύτερο των 250 m από την σημερινή ακτογραμμή. Το ανατολικό τμήμα της παράκτιας ζώνης αποτελεί την περιοχή μελέτης της παρούσας εργασίας (Σχήμα 1.2).

Η ευρύτερη παράκτια ζώνη Αλυκών – Αλυκανά παρουσιάζει ένα εξαιρετικά χαμηλό ανάγλυφο. Το χαμηλότερο της τμήμα εμφανίζεται στην δυτική πλευρά της παράκτιας ζώνης, εκεί όπου σήμερα βρίσκονται οι Αλυκές. Φαίνεται πως η αρχική διαμόρφωση των αλυκών έγινε σε μια παλαιότερη παράκτια λιμνοθάλασσα (αλμυρού νερού) με υψόμετρα χαμηλότερα από τη σημερινή στάθμη της θάλασσας (Avramidis et al., 2010).

Το ανατολικό τμήμα της παράκτιας ζώνης στο οποίο βρίσκεται και η περιοχή μελέτης μας (Σχήμα 1) είναι και αυτό χαμηλό, με υψόμετρα που κυμαίνονται από 1 έως 3 μέτρα κατά θέσεις. Η σαφής διαφοροποίησή του με το δυτικό τμήμα οφείλεται στην συγκέντρωση αμμοθινών στην παράκτια ζώνη, οι οποίες διαμορφώνουν αυτό το πολύ χαμηλό λοφώδες ανάγλυφο ως τις μέρες μας. Οι αμμόδεις αυτοί λοφίσκοι είναι ορατοί σήμερα μόνο στις ιδιοκτησίες που δεν έχει αναπτυχθεί οικοδομική δραστηριότητα (ξενοδοχεία, χώροι στάθμευσης και πρασίνου). Σκοπός της έρευνας αυτής είναι η παλαιογεωγραφική εξέλιξη της περιοχής κατά το ανώτερο Ολόκαινο.



Σχήμα 1. (1) Η γεωγραφική θέση της περιοχής μελέτης στο ΒΑ τμήμα της νήσου Ζακύνθου. (2) Απόσπασμα τοπογραφικού χάρτη κλίμακας 1:50.000 της ΓΥΣ. Στο πλαίσιο οριοθετείται το υπό μελέτη ανατολικό τμήμα της παράκτιας ζώνης Αλυκανά Ζακύνθου. (3) Δορυφορική εικόνα από το Google Earth στην οποία αποτυπώνονται η οριογραμμές παραλίας, νέου και παλαιού αιγιαλού καθώς και οι θέσεις των γεωτρήσεων και των ερευνητικών φρεάτων.

## 2. Γεωλογικά – Λιθостρωματογραφικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής

Η νήσος Ζάκυνθος εντοπίζεται γεωτεκτονικά στο δυτικό όριο του ορογενούς των Ελληνίδων. Σε όλο το δυτικό τμήμα της νήσου, καθώς και στο ΝΑ εμφανίζονται αλπικοί σχηματισμοί Τριαδικής έως Κάτω Πλειοκαινικής ηλικίας, που στο κεντρικό και ΒΑ τμήμα καλύπτονται από Πλειο-Ολοκαινικά ιζήματα τα οποία έχουν αποθεθεί σε μεταγενέστερες λεκάνες ιζηματογένεσης. Τα ιζηματογενή πετρώματα που δομούν την ευρύτερη περιοχή μελέτης αποτέθηκαν σε λεκάνες ιζηματογένεσης που διαμορφώθηκαν τόσο από τις

ορογενετικές κινήσεις όσο και στα πλαίσια της ανάπτυξης και κίνησης των ρηγμάτων που περιορίζουν το δυτικό όριο της αύλακας της Ζακύνθου.

Οι προσχώσεις στην περιοχή έχουν προέλθει κυρίως από την διάβρωση και αποσάθρωση των Μειοκαινικών και Πλειοκαινικών μαργαϊκών σχηματισμών της περιοχής. Οι μάργες των σχηματισμών αυτών συνήθως συναντώνται ως υπόβαθρο της περιοχής αμέσως κάτω από τις σύγχρονες αυτές αποθέσεις, όπως έχει διαπιστωθεί από βαθιές γεωτρήσεις που έχουν γίνει για έρευνα πετρελαίου στην ευρύτερη περιοχή.

Η περιοχή μελέτης εντάσσεται στο ΒΑ και κεντρικό τμήμα της νήσου το οποίο δομείται από μεταλπικά ιζήματα πλειοκαινικής έως πλειστοκαινικής ηλικίας. Τα ιζήματα αυτά έχουν εξ ολοκλήρου καλύψει τους αλπικούς σχηματισμούς.

**Σχηματισμός Αργιλομαργών:** Εντάσσεται στον Πλειοκαινικό Σχηματισμό Κάστρου και αποτελεί τον παλαιότερο σχηματισμό της περιοχής μελέτης ο οποίος υπόκειται γενικά των ψαμμιτικών σχηματισμών. Έχει ορατό πάχος που υπερβαίνει τα 150m ενώ με βάση γεωφυσικές μελέτες που έχουν διεξαχθεί στην ευρύτερη περιοχή το συνολικό του πάχος υπερβαίνει τα 800m. Ο σχηματισμός είναι συνήθως καλυμμένος με αργιλομαργαϊκά εδάφη και πλευρικά κορήματα.

**Λεπτόκοκκοι Ψαμμίτες:** Ανήκουν στο ανώτερο τμήμα του σχηματισμού Κάστρου και υπέρκειται γενικά των αργιλομαργών. Σύμφωνα με στρωματογραφικά στοιχεία υδρογεωτρήσεων (Διαμαντοπούλου, 2000) το πάχος του σχηματισμού στην ευρύτερη περιοχή κυμαίνεται μεταξύ 20-80m και είναι δυνατό να καλύπτεται από αργιλομαργαϊκά – αργιλοαμμώδη υλικά ή αργιλομάργες. Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης εκτιμάται ότι το πάχος του κυμαίνεται μεταξύ 15-30m.

**Αδρόκοκκοι Ψαμμίτες:** Εντάσσονται στον Πλειστοκαινικό Σχηματισμό Γέρακα και αποτελούν τον ανώτερο ψαμμιτικό ορίζοντα και με τη μορφή θαλάσσιας αναβαθμίδας καλύπτει το ανώτερο τμήμα των λόφων παράλληλα με την παράκτια ζώνη. Όλο το τραπεζοειδές ύψωμα του Ακρωτηρίου, από την πόλη της Ζακύνθου έως την παραλία Αλυκανά, δομείται από αυτούς τους ψαμμίτες οι οποίοι επικάθονται ασύμφωνα επί του σχηματισμού των αργιλομαργών, έχοντας πάχος περίπου 50m. Με τον ίδιο τρόπο ο σχηματισμός των αδρόκοκκων ψαμμιτών διαμορφώνει τα τραπεζοειδή υψώματα της δυτικής ακτής, έχοντας πάχος έως περίπου 20m. Επίσης, καταλαμβάνει το ανώτερο τμήμα λόφων νοτίως της Μπόχαλης και αλλού.

**Παράκτιες αποθέσεις:** Καλύπτουν τα τμήματα της παραλιακής ζώνης στα οποία οι ακτές δεν είναι βραχώδεις. Εκτός από την παραλία Αλυκανά, πρόκειται για πολύ στενές ζώνες πλάτους 5-30m. Αποτελούνται από χαλαρά λεπτομερή και αδρομερή υλικά όπως λεπτόκοκκες και αδρόκοκκες άμμους, κροκάλες διαφόρων μεγεθών, ιλύες κ.λ.π.

### 3. Μεθοδολογία

Η ανάλυση των μορφολογικών χαρακτηριστικών βοηθάει στην αναγνώριση διαφόρων γεωμορφών και στην κατανόηση των φυσικών διεργασιών που συμβάλουν στην εξέλιξη της περιοχής μελέτης. Έτσι για την μελέτη του χαμηλού τμήματος της υδρολογικής λεκάνης του Αλυκανά και της παράκτιας ζώνης κατασκευάστηκε ένα ψηφιακό μοντέλο υψομέτρων (DEM) το οποίο αναλύθηκε με τη χρησιμοποίηση λογισμικού Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS). Για την κατασκευή του DEM χρησιμοποιήθηκαν οι χάρτες της ΓΥΣ κλίμακας 1:50.000, τοπογραφικά διαγράμματα 1:500 για την παράκτια ζώνη και υψομετρικά ψηφιακά δεδομένα DEM-SRTM90. Στόχος ήταν η δημιουργία ενός ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου με ικανοποιητική ακρίβεια.

Η περιοχή μελέτης αποτελεί ένα μεγάλο τμήμα της χαμηλής παράκτιας ζώνης της υδρολογικής λεκάνης. Για την διερεύνηση των παλαιοπεριβαλλοντικών συνθηκών στο χώρο ήταν απαραίτητη η λεπτομερής διερεύνηση της στρωματογραφίας με εκτέλεση δειγματοληπτικών γεωτρήσεων και διάνοιξη ερευνητικών σκαμμάτων. Εκτελέστηκαν 3 δειγματοληπτικές γεωτρήσεις (Aly1, Aly2, Aly3) (Σχήμα 1.3) μικρού βάθους, με λήψη αδιατάρακτων δειγμάτων σε όλο το βάθος της γεώτρησης. Οι ερευνητικές γεωτρήσεις διανοίχτηκαν με κρουστικό χειροκίνητο γεωτρήσιμο της Atlas Corco. Τα βάθη διάτρησης από την επιφάνεια έφθασαν τα 2.90m στην **ALY-1**, 3.00m στην **ALY-2** και 2.00m στην **ALY-3**.

Επιπλέον, για την λεπτομερέστερη διερεύνηση της παράκτιας ζώνης διανοίχτηκαν εννέα (9) ερευνητικά φρέατα (EF1 έως EF9) (Σχήμα 1.3), σε θέσεις που επιλέχθηκαν για να

καλύψουν πλήρως την περιοχή ενδιαφέροντος. Τα φρέατα αυτά, βάθους έως 3.5m, διανοίχτηκαν τόσο στην παράκτια ζώνη κοντά στην σημερινή ακτογραμμή όσο και προς το εσωτερικό της λεκάνης.

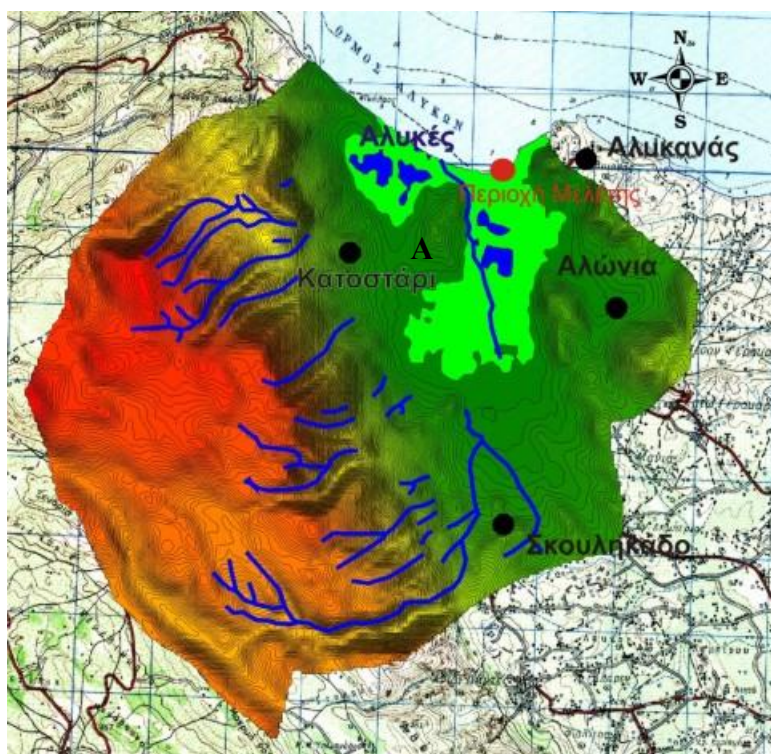
#### 4. Αποτελέσματα

##### 4.1. Ανάλυση μορφολογικού αναγλύφου

###### Το ανάγλυφο της βάσης της κοιλάδας και της χαμηλής παράκτιας ζώνης.

Το χαμηλό τμήμα της υδρολογικής λεκάνης του Αλυκανά παρουσιάζει τα παρακάτω μορφολογικά χαρακτηριστικά:

- Τα χαμηλά υψόμετρα έως την ισοϋψή καμπύλη των 4 μέτρων εκτείνονται στο εσωτερικό της λεκάνης σε μεγάλη απόσταση (έως 2,6 km) και διαμορφώνουν έναν σχεδόν επίπεδο πυθμένα με εξαιρετικά μικρές κλίσεις.



Σχήμα 2. Μορφολογικό ανάγλυφο της υδρολογικής λεκάνης Αλυκανά (ισοδιάσταση 4 m) από δεδομένα DEM-SRTM90.

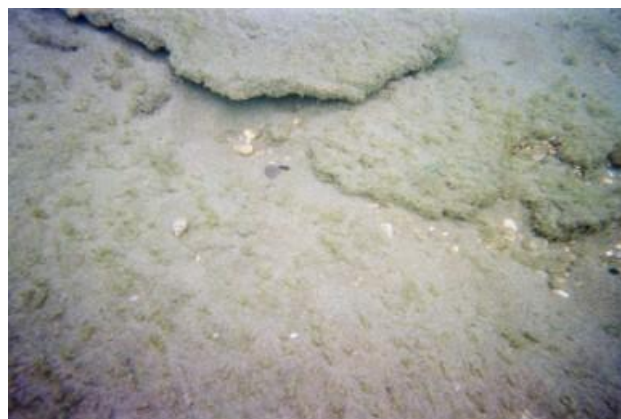
- Στο κέντρο περίπου της παράκτιας ζώνης Αλυκών – Αλυκανά υπάρχει μια λοφώδης προεξοχή του γεωλογικού υποβάθρου (Σχήμα 2, θέση Α) η οποία διαχωρίζει υδρολογικά (διακεκομμένη γραμμή) το ανατολικό από το δυτικό τμήμα της παράκτιας ζώνης. Ένα μέρος των χειμάρρων που απορρέουν από το ορεινό δυτικό τμήμα της λεκάνης βορείως του χωριού Κατοστάρι εκβάλλουν απευθείας στην παράκτια ζώνη των αλυκών. Οι υπόλοιποι απορρέουν από την κεντρική κοίτη αποστράγγισης του δικτύου η οποία διασχίζει το ανατολικό τμήμα της λεκάνης πριν από την εκβολή της στο μέσο περίπου της παράκτιας ζώνης.
- Ένα δεύτερο χαμηλό τμήμα της λεκάνης, εκτός αυτού των αλυκών, βρίσκεται στο εσωτερικό της λεκάνης και παρουσιάζεται και αυτό με μπλε χρώμα. Η χαμηλή αυτή περιοχή αυξάνει την παγιδευτική ικανότητα της λεκάνης και αποτελεί περιοχή συσσώρευσης των επιφανειακών νερών σε πλημμυρικές περιόδους.

###### Παράκτια και υποθαλάσσια μορφολογία

Στην παράκτια ζώνη η γεωμορφολογική χαρτογράφηση έδειξε ότι η ακτογραμμή βρίσκεται σε καθεστώς διάβρωσης με τη δημιουργία παράκτιου μετώπου κυματικής διάβρωσης (Σχήμα 3). Στο κορυφαίο τμήμα της αναβαθμίδα η στρωματογραφική ανάλυση έδειξε ότι έχουμε υλικά αιολικής μεταφοράς και όχι κυματικής δράσης (Σχήμα 3). Ουσιαστικά λοιπόν η αναβαθμίδα αυτή που βρίσκεται κατά μήκος της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης με μέσο ύψος 1-1.5 μέτρων αποτελεί και το όριο της ζώνης κυματισμού στην περιοχή.



Σχήμα 3. Τα υλικά της παράκτιας αναβαθμίδας στην περιοχή μελέτης. Στη βάση της διακρίνεται η χαρακτηριστική εσοχή (notch) από την διαβρωτική δράση των κυμάτων. Στο ανώτερο τμήμα της διακρίνεται η χαμηλή βλάστηση που συγκρατεί τις λεπτόκοκκες άμμους αιολικής προέλευσης.



Σχήμα 4. Ακτόλιθος σε βάθος 0,8 μέτρων.

Κατά τη γεωμορφολογική χαρτογράφηση του υποθαλάσσιου πυθμένα του όρμου Αλυκών επιβεβαιώθηκε η παρουσία ακτόλιθου (beachrock) (Σχήμα 4) σε βάθος 0,5-0,8 μέτρων και σε απόσταση 20-30 μέτρων από την ακτή.

Οι ακτόλιθοι σχηματίζονται κάτω από ένα παχύ στρώμα ιζημάτων και συνήθως υπέρκεινται μη συνεκτικοποιημένης άμμου, αν και μπορεί να βρίσκονται πάνω από οποιοδήποτε τύπο πετρώματος. Οι μέγιστοι ρυθμοί της υπο-επιφανειακής συνεκτικοποίησης του ακτόλιθου λαμβάνουν χώρα στην ζώνη της παραλίας που υφίσταται την περισσότερη ύγρανση και ξήρανση (wetting and drying), δηλαδή στην περιοχή της έκθεσης του υδροφόρου ορίζοντα μεταξύ του χαμηλότερου σημείου της άμπωτης και του υψηλότερου της πλημμυρίδας (Amieux et al., 1989, Ψωμιάδης 2005). Οι ακτόλιθοι παρατηρούνται κατά μήκος των ακτών και συνήθως λίγο πιο μπροστά από αυτές (προς τη θάλασσα).

Οι ακτόλιθοι εμφανίζονται συνήθως σε χαμηλές προσχωσιγενείς ακτές και σπανιότερα σε απόκρημνες. Επίσης σπάνια συναντώνται ακτόλιθοι πίσω από την ακτογραμμή και πάντοτε σε πολύ μικρή απόσταση από αυτή. Η αποκάλυψη των beach-rocks συνδέεται βέβαια άμεσα με την υποχώρηση της παραλίας.

Η έκθεση του ακτόλιθου στην επιφάνεια, είναι σημάδι μιας αλλαγής στις συνθήκες ισορροπίας της παραλίας και αποτελεί το αποτέλεσμα των διεργασιών διάβρωσης στην παράκτια ζώνη. Η θέση του προσδιορίζει τη θέση της παλιάς ακτογραμμής και το τότε όριο γλυκού και αλμυρού νερού στο εσωτερικών των παράκτιων ιζημάτων. Η χρονολόγηση των κελυφών οργανισμών που περιέχονται σε αυτό (γαστερόποδα, μαλάκια κλπ) προσδιορίζει την ηλικία του και κατ'επέκταση τον απόλυτο χρόνο θέσης της ακτογραμμής και των μεταβολών της στάθμης της θάλασσας στην περιοχή μελέτης.

Το καθεστώς διάβρωσης και οπισθοχώρησης της ακτής εκτός από τις μορφολογικές αποδείξεις επί του εδάφους, επιβεβαιώνεται και από τη μελέτη των αεροφωτογραφιών της περιοχής από το 1938 έως σήμερα (Σπαντιδέας, 2008).

#### 4.2. Υδρογραφία

Η υδρολογική λεκάνη του Αλυκανά έχει έκταση 48 km<sup>2</sup>, μήκος επιμήκη άξονα 7,7 km και πλάτος 7,3 km. Το πολύ χαμηλό πεδινό της τμήμα με υψόμετρο μικρότερο από 12 m έχει έκταση 7,5 km<sup>2</sup> και αποτελεί το 15,6% της συνολικής επιφάνειάς της. Η μορφή του υδρογραφικού δικτύου στο άναπτες ημιορεινό – ορεινό τμήμα της λεκάνης απορροής της περιοχής μελέτης είναι δενδρική (Σχήμα 2). Μια τέτοια μορφή είναι χαρακτηριστική υδρογραφικών δικτύων που αναπτύσσονται σε ομοιόμορφα γεωλογικά υποστρώματα.

Το συνολικό μήκος του υδρογραφικού δικτύου της είναι 38,4 km. Η τιμή της υδρογραφικής πυκνότητας είναι εξαιρετικά χαμηλή με τιμή 0,8 km<sup>-1</sup>. Η χαμηλή τιμή της υδρογραφικής

πυκνότητας και η μεγάλη επιμύκνωση των κλάδων του υδρογραφικού δικτύου δείχνουν ότι το υδρογραφικό δίκτυο αναπτύχθηκε πάνω στα σκληρά πετρώματα του υποβάθρου, που στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι ασβεστόλιθοι. Οι κλίσεις των κοιτών των χειμάρρων παρουσιάζουν σημαντική διαφοροποίηση από τα ανάντη προς τα κατόντη τμήματα. Στον ορεινό όγκο του Βραχίονα στα δυτικά οι διεργασίες διάβρωσης είναι συνεχείς, δημιουργώντας κοίτες με μεγάλες κλίσεις οι οποίες όμως δεν έχουν διαμορφώσει προφίλ ισορροπίας λόγω των ανθεκτικών στη διάβρωση ασβεστολιθικών πετρωμάτων και της μικρής τροφοδοσίας τους. Οι κοιλάδες έχουν χαρακτηριστικό σχήμα V όμως οι αλλουβιακές τους αποθέσεις στα πλευρά της λεκάνης είναι εξαιρετικά μικρές.

Οι κοίτες αυτές σταματούν στα περιθώρια του ορεινού όγκου και δεν συνεχίζουν στο χαμηλό τμήμα της κοιλάδας (Σχήμα 2). Η επιμήκης κοίτη του δικτύου που διαρρέει το χαμηλό τμήμα της λεκάνης δεν είναι τίποτα άλλο από ένα τεχνητό κανάλι που αποστραγγίζει τη χαμηλή ζώνη. Οι χειμάρροι του ορεινού όγκου δεν συνδέονται με το κανάλι αυτό και δεν διοχετεύουν τα φερτά υλικά τους προς την θάλασσα. Αντίθετα δημιουργούν ένα εσωτερικό πλημμυρικό πεδίο που αυξάνει την παγιδευτική ικανότητα της λεκάνης και δημιουργεί μικρούς αλλουβιακούς κώνους πλευρικά.

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι το μεγαλύτερο μέρος των φερτών υλών που μεταφέρονται από τους άναπτες κλάδους του υδρογραφικού δικτύου εγκλωβίζεται στο εσωτερικό της λεκάνης χωρίς να τροφοδοτεί με σημαντικές ποσότητες φερτών υλικών την παράκτια ζώνη. Έτσι στην παράκτια ζώνη οι ρυθμοί ιζηματογένεσης εξαιτίας της προσφοράς φερτών υλών από τους χειμάρρους είναι εξαιρετικά μικροί έως αμελητέοι.

Τα παραπάνω αποδεικνύονται και από το ότι οι αλικές που δραστηριοποιούνται στην περιοχή για πάρα πολλά χρόνια, δεν παρουσίασαν προβλήματα πρόσχωσης από τους χειμάρρους που εκβάλλουν απευθείας σε αυτές στο δυτικό τμήμα της υδρολογικής λεκάνης.

#### 4.3. Στρωματογραφία –Παλαιοντολογία

Τα διάφορα ιζήματα που συναντήθηκαν στις τρεις (3) πυρηνοληπτικές γεωτρήσεις (ALY – 1, 2, 3) και στα εννέα (9) ερευνητικά φρέατα (ΕΦ – 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) που εκτελέστηκαν στην παράκτια ζώνη (Σχήμα -), διαχωρίζονται σε δύο (2) διακριτές ομάδες ιζημάτων από τα ανώτερα προς τα κατώτερα:

**ΟΜΑΔΑ Α (ανώτερη): ΑΙΟΛΙΚΕΣ ΑΜΜΟΙ** Στρώματα χαλαρής λεπτόκοκκης καθαρής άμμου, που καλύπτουν όλη την περιοχή του υπό διερεύνηση χώρου. Το μέγεθος και η κατανομή των κόκκων τους φανερώνουν αιολικές διεργασίες μεταφοράς και απόθεσης. Το πάχος τους υπερβαίνει τα 3 m και το βάθος των ερευνητικών φρεάτων και γεωτρήσεων. Περιέχουν πλήθος απανθρακωμένων παλαιών ριζών και χερσαία γαστερόποδα. Η παρουσία στα βαθύτερα στρώματα εμποτισμών σιδηροξειδίων και πολυάριθμων ψαμμιτικών συγκριμάτων υποδηλώνει μεταποθετικές διαγεννητικές διεργασίες και ενδεικνύει μια παλιά ηλικία για αυτά τα στρώματα. Η παλαιά ηλικία αυτών των στρωμάτων προκύπτει επίσης και από το απόλυτο υψόμετρό τους, επειδή τα στρώματα των αιολικών άμμων συνεχίζουν και κάτω από τη σημερινή στάθμη της θάλασσας (άρα αποτέθηκαν σε εποχές με χαμηλότερη στάθμη θάλασσας). Η μικροσκοπική εξέταση έδειξε ότι περιέχουν επίσης μεγάλο αριθμό από μικρά αποστρωγγυλεμένα θραύσματα θαλάσσιων κοχυλίων και θαλάσσιων βενθονικών τρηματοφόρων. Τα υπολείμματα όμως αυτά έχουν μέγεθος αντίστοιχο των υπόλοιπων κόκκων του ιζήματος και αποτελούν ιζηματογενείς κόκκους που συμμετείχαν μαζί με τους άλλους κλαστικούς κόκκους στην διαδικασία της εκλεκτικής αιολικής μεταφοράς από την περιοχή προέλευσης (παράκτια ζώνη) προς την ενδοχώρα όπου και αποτέθηκαν. Στά βαθύτερα τμήματα των αιολικών άμμων (ALY-1 2,18–2,52m, ΕΦ-2 3,00–3,50m, ΕΦ-9 2,20–2,50m) παρατηρούνται παρεμβολές τεφρόμαυρων στρωμάτων πλούσιων σε φυτικά οργανικά υπολείμματα τα οποία ενδεικνύουν την τοπική παρουσία μικρών νερόλακων – ελών γλυκού νερού. Ένας από αυτούς (ALY-1 / ΕΦ-9 2,20–2,50m) είχε υδρόβια, γλυκού νερού, γαστερόποδα (*Planorbis*) και βλάστηση (χαρόφυτα).

Συμπερασματικά λοιπόν τα ιζήματα αυτά συνίστανται από άμμους που έχουν υποστεί αιολική μεταφορά περιέχουν χερσαία γαστερόποδα, πλήθος παλαιών ριζών και έχουν αποθεθεί σε χερσαίο περιβάλλον.

**ΟΜΑΔΑ Β (κατώτερη): ΑΡΓΙΛΟΙ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ** Σκληρές συνεκτικές τεφροπράσινες άργιλοι, υποκείμενες των αιολικών άμμων. Πρόκειται για παλαιότερο γεωλογικό στρώμα. Αντίστοιχα ιζήματα εμφανίζονται στον παρακείμενο λόφο στα ανατολικά, έχουν μεγάλη εξάπλωση στην περιοχή και είναι γνωστά με την τοπική ονομασία «γλίνα».

Στην παρούσα έρευνα οι άργιλοι του υποβάθρου εντοπίστηκαν μόνο στο ανατολικό τμήμα της υπό διερεύνηση περιοχής και συγκεκριμένα σε βάθος μεγαλύτερο των 3 m στη γεώτρηση ALY-2 και στο ΕΦ-6.

Ο Παλαιοντολογικός προσδιορισμός των περιεχομένων στα δείγματα μαλακίων επικεντρώθηκε σε ακέραια κελύφη και γωνιώδη θραύσματα κελυφών τα οποία ήταν μεγαλύτερα των 1,5 mm και δεν μπορούν να θεωρηθούν μεταφερμένοι ιζηματογενείς κόκκοι. Από τους προσδιορισμούς προέκυψε η ακόλουθη πανίδα πνευμονοφόρων γαστερόποδων τα οποία αποτελούν τυπικούς δείκτες χερσαίου περιβάλλοντος (Kerney & Cameron, 1979): *Vallonia* sp., *Vertigo pygmaea*, *Cecilioides acicula*, *Cochlicella Barbara*, *Lindholmiola corcyrensis*, *Eobania vermiculata*, *Helix cf lucorum*, Helicidae ind., ενώ το *Planorbis planorbis*, χαρακτηρίζει γλυκό νερό.

#### 4.4. Ραδιοχρονολογήσεις

Η μεταβολή του ορίου της ακτογραμμής σε σχέση με το χρόνο διερευνήθηκε με απόλυτες μεθόδους ραδιοχρονολόγησης που πραγματοποιήθηκαν στο διαπιστευμένο εργαστήριο CEDAD - *Università del Salento* της Ιταλίας. Ο προσδιορισμός του απόλυτου χρόνου στις φυσικές διεργασίες που διέπουν την παράκτια ζώνη μπορεί να μας οδηγήσει σε ασφαλή και επιστημονικά τεκμηριωμένα αποτελέσματα για την παλαιογεωγραφική εξέλιξη της περιοχής κατά το ανώτερο Ολόκαινο.

Τα δείγματα που στάλθηκαν για χρονολόγηση και περιγράφονται παρακάτω είναι τα εξής δύο:

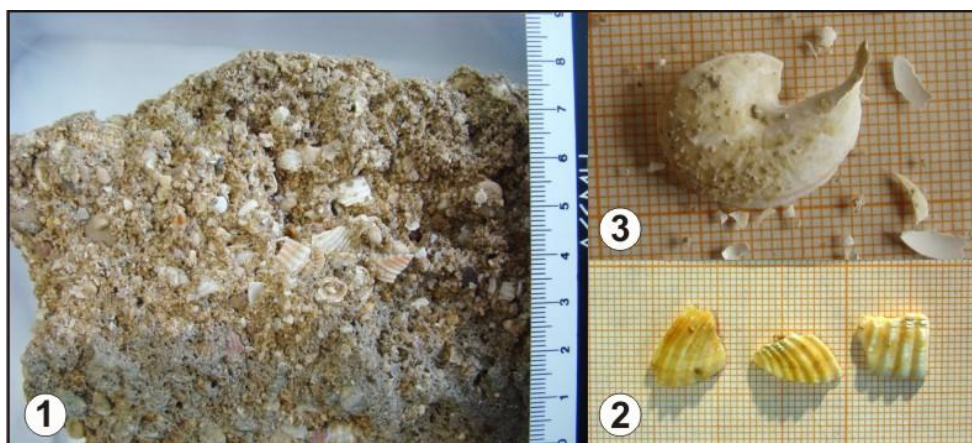
**ZAK-1 (beach rock submersed)** στο δείγμα αυτό εστάλησαν για ραδιοχρονολόγηση θραύσματα μαλακίων (Σχήμα 5.2) του ακτόλιθου (Σχήμα 5.1) που έχει σήμερα αποκαλυφθεί από τα παράκτια ιζήματα και βρίσκεται σε βάθος 0.80 μέτρων περίπου. Τα θραύσματα αυτά αποτελούν βιογενή υπολείμματα οργανισμών που ζούσαν στον αμμώδη πυθμένα της θάλασσας και τα κύματα ξέβρασαν στην τότε ακτή όπου και ενσωματώθηκαν στο ίζημα το οποίο έγινε ακτόλιθος.

Η χρονολόγηση του δείγματος ZAK-1 και κατ' επέκταση ο προσδιορισμός της ηλικίας του ακτόλιθου, αντικατοπτρίζει τη θέση του παλαιού αιγιαλού για την αντίστοιχη ηλικία. Τα αποτελέσματα της χρονολόγησης αυτής δείχνουν ότι η απόλυτη διορθωμένη ηλικία του δείγματος με βάση την καμπύλη Marine 04 (Hughen et al., 2004) είναι  $2306 \pm 45$  χρόνια από σήμερα.

**ZAK-2 (EF - 1, 2,50m)** στο δείγμα αυτό εστάλησαν για ραδιοχρονολόγηση θραύσματα του χερσαίου γαστερόποδου *Eobania vermiculata* (Σχήμα 5.3). Το δείγμα αυτό συλλέχτηκε από τα βαθύτερα τμήματα (~2,5 m) του ερευνητικού φρέατος 1. Το φρέαρ αυτό βρίσκεται στο χερσαίο τμήμα πολύ κοντά στη σημερινή ακτογραμμή (Σχήμα 1.3).

Η γεωμορφολογική, στρωματογραφική και παλαιοντολογική έρευνα έδειξε ότι οι φυσικές διεργασίες διαμόρφωσης του επιφανειακού αναγλύφου στη θέση αυτή είναι συνεχείς σε ένα χερσαίο περιβάλλον. Έτσι η χρονολόγηση του δείγματος ZAK-2 προσδιορίζει την ελάχιστη ηλικία από την οποία μέχρι σήμερα οι φυσικές διεργασίες στη θέση ΕΦ-1 είναι συνεχώς χερσαίες. Τα αποτελέσματα της χρονολόγησης αυτής δείχνουν ότι η απόλυτη διορθωμένη ηλικία του δείγματος με βάση το λογισμικό OxCal Ver. 3.5 (Bronk Ramsey, 2001) είναι  $3971 \pm 50$  χρόνια από σήμερα.

Τα παραπάνω αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία με τις καμπύλες μεταβολής της στάθμης της θάλασσας που έχουν προταθεί για την δυτική Ελλάδα (Vott 2007) και ειδικότερα με αυτές που προτάθηκαν για την Πάλαιρο (Vott et al., 2006) και την αρχαία Ήλιδα (Kraft et al., 2005). Στα δύο αυτά παράκτια πεδία υπάρχουν σαφείς ενδείξεις τεκτονικής ανύψωσης (Vott 2007) όπως και στο ανατολικό τμήμα της Ζακύνθου.



Σχήμα 5. (1) Το δείγμα του Beachrock (λεπτομέρεια), (2) Τρία (3) θραύσματα θυρίδων του θαλάσσιου διθύρου *Acanthocardia tuberculata* από το Beachrock που ραδιοχρονολογήθηκαν, (3) Θραύσματα του χερσαίου γαστερόποδου *Eobania vermiculata* που ραδιοχρονολογήθηκαν.

### 5. Παλαιογεωγραφική εξέλιξη

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι η υδρολογική λεκάνη Αλυκών – Αλυκανά παρουσιάζει μεγάλη ικανότητα παγίδευσης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα οι φερτές ύλες των διεργασιών διάβρωσης να αποτίθενται στο εσωτερικό της λεκάνης και η τροφοδοσία της ακτής με φερτά υλικά να είναι περιορισμένη. Η διαμόρφωση των παραπάνω συνθηκών στην υδρολογική λεκάνη έχει ως αποτέλεσμα στο παράκτιο τμήμα της, οι παράκτιες διεργασίες συμπεριλαμβανομένης και της κυματικής δράσης να διαδραματίζουν πλέον τον κυρίαρχο ρόλο στις διεργασίες διαμόρφωσης του επιφανειακού αναγλύφου. Η απόθεση φερτών υλών στην παράκτια ζώνη από τη δράση χειμάρρων είναι αμελητέα.

Κύριο σημείο αναφοράς στην περιοχή ενδιαφέροντος είναι οι σχηματισμοί των παράκτιων αμμοθινών οι οποίες δημιουργούνται από την μεταφορά και απόθεση της άμμου στην ακτή από θαλάσσια δράση αρχικά, και στη συνέχεια από την δράση του ανέμου ο οποίος μεταφέρει την άμμο προς το εσωτερικό της ξηράς και την αποθέτει εκεί όπου συναντά φυσικά εμπόδια (συνήθως βλάστηση, αναβαθμούς κλπ). Επάνω στις θίνες αναπτυσσόταν βλάστηση και ζούσαν χερσαία γαστερόποδα (σαλιγκάρια), τα υπολείμματα των οποίων και ενσωματώνονταν διαχρονικά μέσα στα στρώματα των άμμων. Κατά θέσεις σε ταπεινωμένα σημεία του αναγλύφου των θινών σχηματίζονταν μικρά έλη-νερόλακκοι με γλυκό νερό, τα οποία όμως σύντομα καλύπτονταν από νέα στρώματα άμμου. Η διεργασία αυτή είχε σαν αποτέλεσμα την απόθεση επάλληλων στρωμάτων άμμου σε μεγάλη έκταση και πάχος στην ευρύτερη περιοχή.

Τα στρωματογραφικά και παλαιοντολογικά στοιχεία που συλλέχθηκαν δείχνουν ότι το παράκτιο τμήμα του Αλυκανά αποτελείται, από δύο ομάδες στρωμάτων. Την ανώτερη Ομάδα Α που αποτελείται από αιολικές άμμους που αποτέθηκαν σε χερσαίο περιβάλλον και περιέχουν χερσαία γαστερόποδα. Την κατώτερη Ομάδα Β που αποτελείται από αργίλους του υποβάθρου. Πρόκειται για παλαιότερο γεωλογικό στρώμα υποκείμενο των αιολικών άμμων.

Δεν έχει ανεβρεθεί κανένα στοιχείο μέσα στα ιζήματα της ομάδας Α που να υποδηλώνει θαλάσσια επίκλυση έστω και για μικρό χρονικό διάστημα. Αντίθετα όλα τα στοιχεία για τα ιζήματα της ομάδας Α δείχνουν ένα χερσαίο περιβάλλον απόθεσης πάνω σε σχηματισμούς του γεωλογικού υποβάθρου. Η έναρξη αυτής της αποθετικής διεργασίας προσδιορίστηκε από τη χρονολόγηση κελυφών χερσαίων γαστεροπόδων προερχόμενα από τα ερευνητικά φρέατα κοντά στην σημερινή ακτογραμμή και σε βάθος κάτω από την σημερινή στάθμη της θάλασσας, η οποία ήταν συνεχής για τα τελευταία 4.630 έως 4.200 χρόνια.

Η μετατόπιση της ακτογραμμής στην περιοχή μελέτης δείχνει να επηρεάστηκε μόνο από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και τις διαβρωτικές διεργασίες που προκαλεί η διαμόρφωση ενός νέου προφίλ ισορροπίας της ακτής. Η προγενέστερη θέση της βρισκόταν προς το εσωτερικό του κόλπου όπως αυτή υποδηλώνεται από την παρουσία ακτόλιθου σε βάθος 0,80 μέτρων και σε απόσταση 20 μέτρων περίπου από τη σημερινή ακτογραμμή.

Η ακτογραμμή βρισκόταν στη θέση αυτή πριν από 1.950 έως 1.630 χρόνια από σήμερα. Διαχρονικά μετατοπιζόταν προς το εσωτερικό της χέρσου διαμορφώνοντας συνθήκες



διάβρωσης των παράκτιων αποθέσεων και τη σταδιακή έως τις μέρες μας δημιουργία μιας παράκτιας αναβαθμίδα. Η σημερινή θέση της ακτογραμμής αποτελεί την μέγιστη προέλαση της θάλασσας εις βάρος της χέρσου. Οι ρυθμοί διάβρωσης της ακτογραμμής δεν ήταν σταθεροί. Κατά τον τελευταίο αιώνα εξαιτίας της κατασκευής έργων στην παράκτια ζώνη (κατασκευή προβόλων δυτικά της περιοχής μελέτης) εμποδίστηκε η κατά μήκος της ακτής μεταφορά άμμου από τα ΒΔ με αποτέλεσμα την επιτάχυνση των ρυθμών οπισθοχώρησης.

### Βιβλιογραφία

- Amieux P., Bernier P., Dalongeville R., Medwecki V., 1989: *Cathodoluminescence of carbonate-cemented Holocene beachrock from the Togo coastline (West Africa): an approach to early diagenesis*. *Sedimentary Geology* 65, 261-272.
- Avramidis, P., Panagiotaras, D., Papoulis, D., Kontopoulos, N., 2010: Sedimentological and Geochemical characterization of Holocene sediments, from Alikes Lagoon, Zakynthos Island, Western Greece. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, vol. XLIII, No 2, 558-567.
- Bronk Ramsey, C., 2001: Development of the Radiocarbon calibration program OxCal, *Radiocarbon*, 43, 355-363: Proceedings of 17th International 14C Conference.
- Hughen, K., Baillie, M., Bard, E., Beck, J., Bertrand, C., Blackwell, P., Buck, C., Burr, G., Cutler, K., Damon, P., Edwards, R., Fairbanks, R., Friedrich, M., Guilderson, T., Kromer, B., McCormac, G., Manning, S., Ramsey, C., Reimer, P., Reimer, R., Remmele, S., Southon, J., Stuiver, M., Talamo, S., Taylor, F., van der Plicht, J., Weyhenmeyer, C., 2004: Marine04 Marine Radiocarbon Age Calibration, 0–26 Cal Kyr Bp., *Radiocarbon*, 46, 1059–1086.
- Kerney, M.P., Cameron, R.A.D., 1979: *Land Snails of Britain & NW Europe*. Collins Field Guide, Harper Collins Publishers.
- Kraft, J.C., Rapp, G. (Rip), Gifford, J.A., Aschenbrenner, S.E., 2005: Coastal change and archaeological settings in Elis. *The American School of Classical Studies at Athens, Hesperia*, 74/1, pp. 1–39.
- Vött, A., 2007: Relative sea level changes and regional tectonic evolution of seven coastal areas in NW Greece since the mid-Holocene. *Quaternary Science Reviews*, 26, 894–919.
- Vött, A., Brückner, H., Schriever, A., Luther, J., Handl, M., van der Borg, K., 2006: Holocene Paleogeographies of the Palairos Coastal Plain (Akarnania, Northwest Greece) and their Geoarchaeological Implications. *Geoarchaeology: An International Journal*, Vol. 21, No. 7, 649–664.
- Διαμαντοπούλου, Π. 2000: Υδρογεωλογικές συνθήκες νήσου Ζακύνθου. Προστασία των υδροφόρων από μόλυνση και ρύπανση. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Σπαντιδέας, Ι., 2008: Τεχνική Έκθεση φωτοερμηνείας από Α/Φ της Γ.Υ.Σ. και του Ο.Κ.Χ.Ε.
- Ψωμιάδης, Δ., 2005: Ψηφιδοπαγείς αιγιαλοί (Beach Rocks) της Νήσου Θάσου και χαρτογράφησή τους με γεωφυσικές ηλεκτρικές μεθόδους. Διατριβή Ειδίκευσης. Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτελείο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, pp. 136.